

**С.Ю.БУЛИГІН**  
**С.В. ВІТВИЦЬКИЙ**  
**В.А. ВЕЛИЧКО**

# **ОХОРОНА ҐРУНТІВ**

*НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК*

**КИЇВ -2018**

УДК 631.111.3(072)  
ББК 40.3  
Б 90

Затверджено до друку Вченою радою Національного університету біоресурсів і природокористування України, протокол №12 від 21 червня 2018 року

**Рецензенти:**

**ТАРАРІКО Ю.О.** – доктор сільськогосподарських наук, професор,  
член-кореспондент НААН України, завідувач відділу  
агроресурсів та інформаційних технологій

(«Інститут водних проблем і меліорації НААН України»)

**ТКАЧЕНКО М.А.** – доктор сільськогосподарських наук, завідувач відділу агрогрунтознавства  
(ННЦ «Інститут землеробства НААН України»)

**Булигін С.Ю., Вітвіцький С.В., Величко В.А.**

Б 90 Охорона ґрунтів . Навчальний посібник . К.: Видавництво, 2018.- 442 с.  
ISBN \_\_\_\_\_

Навчальний курс «Охорона ґрунтів» не може повністю закрити всі проблеми щодо підготовки відповідних фахівців у вищих навчальних закладах України. Ми впевнено прогнозуємо, що найближчим часом в системі вищої освіти має з'явитися спеціальність, а може й напрям з охорони довкілля, базовим рівнем якої є охорона ґрунтів. Необхідно додати, що зробити це було б доцільно ще років 50 від сьогодні, коли чітко визначилися процеси деградації ґрунтів і земель, опустинення ландшафтів України.

У 2005 році вийшов у світ підручник (Булигін С.Ю. Формування екологічно сталих агроландшафтів .- К.: Урожай .- 2005 .- 300 с.), який на той час був новітнім. Але на сьогодні утворився цілий пласт нових знань, які повинні бути висвітлені у цьому посібнику, як доповнення і зміни. В результаті упорядковано якісно покращений посібник, призначений надати сучасні уявлення про деградаційні процеси ґрунтів і земель, інженерне формування екологічно сталих агроландшафтів.

В навчальному посібнику на основі синтезу концепції сучасного стану і розвитку ландшафтів та довкілля в цілому викладено основні теоретичні і методичні положення науки про формування екологічно сталих агроландшафтів, як базової основи для перетворення аграрної діяльності суспільства у екологічну безпечну і екологічно доцільну діяльність.

Видання адресоване студентам агрономічних і землевпорядних спеціальностей, представляє певну цінність для фахівців Міністерства аграрної політики, землевпорядних організацій і служби земельної інспекції

УДК 631.111.3(072)  
ББК 40.3

ISBN \_\_\_\_\_

© Булигін С.Ю.,  
Вітвіцький С.В.,  
Величко В.А., 2018  
© НУБіП України, 2018

## ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНА КОНЦЕПЦІЯ ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНО СТАЛИХ І ВИСОКОПРОДУКТИВНИХ АГРОЛАНДШАФТІВ В УМОВАХ НЕБЕЗПЕКИ ЕРОЗІЇ І ПОСУХ.....	8
ГЛАВА 1. ЯКІСТЬ ЗЕМЕЛЬ ТА КОНЦЕПЦІЯ СТВОРЕННЯ СЛУЖБИ ОХОРОНИ ЗЕМЕЛЬ В УКРАЇНІ.....	14
1.1. Вибір показників для оцінки зміни якості земель в процесі їх використання .....	15
1.2. Сучасні підходи до оцінки земель в Україні.....	18
1.3. Перспективи введення ефективної системи оцінки та прогнозу якості земель.....	26
1.4. Сучасні підходи до еколого-економічної та екологічної оцінки земель.....	32
ГЛАВА 2. НЕГАТИВНІ ЗМІНИ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ В ПРОЦЕСІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ.....	46
2.1. Розвиток процесів деградації земель та ґрунтів в Україні. ....	47
2.1.1. Деградація земель .....	47
2.1.2. Деградація ґрунтів. ....	54
2.2. Оцінка ступеня деградації ґрунтів. Матричний принцип класифікації деградаційних процесів.....	62
2.3. Приклад комплексної оцінки процесів деградації ґрунтового покриву (спосіб визначення ступеня еродованості ґрунту за вмістом в ньому рухомого марганцю).....	72
ГЛАВА 3. СТІЙКІСТЬ ҐРУНТУ ЯК ОСНОВА ОЦІНКИ ЙОГО ЯКОСТІ.....	80
3.1. Стійкість як фундаментальна властивість ґрунтової системи .....	80
3.2. Оцінка стану ґрунту з позицій ступеня його стійкості.....	93
ГЛАВА 4. ЗАГАЛЬНЕ ПОНЯТТЯ ЕРОЗІЇ ҐРУНТІВ .....	101
4.1. Класифікація ерозійних процесів .....	101
4.2. Розвиток ерозії ґрунтів в СНД.....	103
4.3. Коротка довідка про історію досліджень процесів ерозії і заходів захисту від них .....	106

ГЛАВА 5. ФІЗИЧНІ ОСНОВИ ЕРОЗІЇ ҐРУНТІВ .....	117
5.1. Закономірності руху рідини.....	117
5.1.1. Основні гідравлічні характеристики потоку .....	117
5.1.2. Режими течії.....	118
5.1.3. Закономірності руху рідини .....	120
5.1.4. Коефіцієнт шорсткості поверхні.....	123
5.1.5. Розподіл швидкостей водних потоків за вертикаллю.....	124
5.2. Формування стоку поверхневих вод .....	126
5.2.1. Поняття – вододільна лінія, водозбірна площа, басейн.....	126
5.2.2. Елементи балансу води для басейну.....	126
5.2.3. Показники стоку .....	127
5.2.4. Мінливість стоку.....	128
5.2.5. Розрахунок швидкості руху води вздовж схилу .....	129
5.3. Критичні швидкості водного потоку, які відповідають різним рівням змиву .....	131
5.3.1. Фізичний сенс критичних швидкостей.....	131
5.3.2. Метод розрахунку критичних швидкостей потоків для ґрунтів.....	132
ГЛАВА 6. ФАКТОРИ ВОДНОЇ ЕРОЗІЇ ҐРУНТІВ.....	134
6.1. Кліматичні фактори.....	134
6.2. Топографічні фактори .....	138
6.3. Ґрунтові і літологічні фактори.....	143
6.3.1. Вплив властивостей ґрунтів на формування дощового стоку....	148
6.3.2. Особливості формування стоку при сніготаненні .....	149
6.4. Біогенні фактори.....	149
6.5. Антропогенні фактори .....	151
ГЛАВА 7. ФАКТОРИ ВІТРОВОЇ ЕРОЗІЇ ҐРУНТІВ.....	153
7.1. Кліматичні фактори.....	153
7.1.1. Загальні відомості про атмосферу .....	153
7.1.2. Циркуляція атмосфери .....	153

7.1.3. Режим вітрів .....	154
7.1.4. Режим атмосферних опадів і температури .....	155
7.2. Топографічні фактори .....	156
7.3. Ґрунтові і літологічні фактори.....	156
7.4. Рослинність .....	157
<b>ГЛАВА 8. ВЛАСТИВОСТІ, КЛАСИФІКАЦІЯ, КАРТОГРАФУВАННЯ І МЕЛІОРАЦІЯ ЕРОДОВАНИХ ҐРУНТІВ .....</b>	<b>159</b>
8.1. Зміна властивостей ґрунтів під впливом ерозії і деякі напрями їх поліпшення .....	159
8.2. Класифікація еродованих ґрунтів .....	161
8.3. Класифікація лінійних форм ерозії.....	163
8.4. Особливості картографування еродованих ґрунтів.....	164
<b>ГЛАВА 9. ПРИРОДА І ЗАКОНОМІРНОСТІ ЕРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ..</b>	<b>166</b>
9.1. Ерозія ґрунтів як "тінь" світового землеробства .....	166
9.2. Поняття ґрунтоохоронного агроландшафту .....	172
9.3. Механізм ерозійних процесів .....	190
<b>ГЛАВА 10. РОЗВИТОК ЕРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ (ЗА ВИНЯТКОМ ГІРСЬКИХ ЛАНДШАФТІВ).....</b>	<b>204</b>
10.1. Принципи опрацювання загальних схем (концептуальних моделей) ґрунтоохоронних агроландшафтів .....	217
10.2. Потенційна небезпека водної ерозії ґрунтового покриву України.....	219
10.3. Концептуальні моделі АЛ для водної ерозії .....	227
10.4. Районування рівнинної території України за інтенсивністю вітрової ерозії .....	231
<b>ГЛАВА 11. ГОЛОВНІ АСПЕКТИ ПЕРЕДПРОЕКТНОГО ОБСТЕЖЕННЯ ТЕРИТОРІЇ, ЩО АГРОЛАНДШАФТНО ВПОРЯДКОВУЄТЬСЯ .....</b>	<b>243</b>
11.1. Завдання передпроектного обстеження .....	243
11.2. Початкова інформація, яка необхідна для проведення передпроектного обстеження .....	243
11.3. Рекогносцировка: задачі, програма і методи проведення .....	245

11.4. Ґрунтово-ерозійне обстеження території .....	246
11.5. Види і методи аналізів у зразках ґрунту, що відбираються .....	248
11.6. Методи визначення ступеня еродованості ґрунтів .....	250
11.6.1. Загальні положення.....	250
11.6.2. Логіко-статистичний метод визначення ступеня еродованості ґрунтів.....	252
11.7. Деякі аспекти використання методів дистанційного зондування для передпроектного обстеження території.....	257
<b>ГЛАВА 12. ПРИНЦИПИ ТА АЛГОРИТМ ІНЖЕНЕРНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ПРОТИЕРОЗІЙНО ВПОРЯДКОВАНИХ АГРОЛАНДШАФТІВ .....</b>	<b>268</b>
12.1. Імовірнісна оцінка злив для цілей конструювання протиерозійного захисту ґрунтів України.....	272
12.2. Алгоритм спрощеного напівекспертного методу проектування на підставі формули О.М. Костякова .....	284
12.3. Особливості використання гідромеханічної моделі ерозії з метою проектування протиерозійного захисту агроландшафтів .....	288
<b>ГЛАВА 13. ДЕЯКІ ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО БЛОКУ ЕКОЛОГІЧНО ЗБАЛАНСОВАНИХ АГРОЛАНДШАФТІВ .....</b>	<b>292</b>
13.1. Кількісний критерій імовірнісної оцінки протиерозійної ефективності окремих операцій і технологій обробітку ґрунту .....	292
13.2. Екологічне нормування технологічного навантаження на ґрунт .....	299
13.3. Межа безпосереднього впливу технологічного блоку агроландшафту на ґрунт .....	303
<b>ГЛАВА 14. АЛГОРИТМ ЕСКІЗНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ҐРУНТОЗАХИСНО-МЕЛІОРАТИВНОЇ ПРОСТОРОВОЇ СТРУКТУРИ АГРОЛАНДШАФТУ .....</b>	<b>308</b>
<b>ГЛАВА 15. СУЧАСНІ МЕТОДИ ПЕРЕДПРОЕКТНОГО ОБСТЕЖЕННЯ ТЕРИТОРІЇ .....</b>	<b>359</b>
15.1. Системний аналіз просторової структури природних та сільськогосподарських ландшафтів .....	362

15.2. Формалізація рельєфу, як фактора ґрунтоутворення .....	378
15.3. Використання сучасних технологій для оцінки еродованості ґрунтового покриву через формалізацію рельєфу, як фактору ґрунтоутворення.....	388
15.4. Використання матеріалів дистанційного зондування для дослідження стану та картографування ґрунтового покриву .....	397
15.5. Алгоритм проведення крупномасштабного ґрунтового обстеження за застосуванням сучасних технологій.....	408
ЗАКЛЮЧЕННЯ.....	414
СЛОВНИК АГРОЛАНДШАФТНИХ ТЕРМІНІВ .....	417
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	439

## **ЗАГАЛЬНА КОНЦЕПЦІЯ ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНО СТАЛИХ І ВИСОКОПРОДУКТИВНИХ АГРОЛАНДШАФТІВ В УМОВАХ НЕБЕЗПЕКИ ЕРОЗІЇ І ПОСУХ**

Деградація земель - майже неминучий супутник людства протягом багатьох століть його розвитку. Розбіжності в цьому процесі, звичайно, є і залежать вони, головним чином, від рівня розвитку суспільства, розуміння закономірностей функціонування ґрунтів, економічного становища. В найбільш розвинених країнах Світу висока культура землекористування передбачає не лише інтенсивне використання ґрунтів, а й обов'язкове вживання заходів, що попереджають їх деградацію, в той час як використання природної родючості ґрунту без намагання її відновлювати – ознака низького рівня розвитку як культури землеробства, так і суспільства в цілому.

На сьогоднішній день в світі близько 4,3 млрд. га непродуктивних земель, з яких приблизно 2,0 млрд. га - результат антропогенного впливу, а 2,5 млрд. га —природно непродуктивні землі (кліматичні пустелі, виходи скельних порід тощо). Отже, 2 млрд. га продуктивних земель загублені за 10 тис. років сільськогосподарської історії людства із середньорічним темпом 0,2 млн. га; з цієї загальної площі 700 млн. га втрачені за останні 300 років із середньорічним темпом 2,3 млн. га; з них 300 млн. га - протягом останніх 50 років. Таким чином, сучасні практично незворотні втрати продуктивних земель у 30 разів вище середньоісторичних і в 2,5 рази вище, ніж за останні 300 років.

Значна частина причин глибокої деградації ґрунтового покриву в Україні породжена галузевим підходом до використання земельних ресурсів, відсутністю усвідомлення їх глобальної, середовищеформуючої і соціальної ролі, недосконалістю державної політики щодо охорони земель. Отже, на сьогоднішній день особливої уваги в аграрному секторі України

набуває питання охорони та раціонального використання ґрунтів, адекватної оцінки якості ґрунтів і контролю за їх зміною.

Стан земельних ресурсів України викликає все більше занепокоєння у зв'язку з прискореним зниженням родючості ґрунтів: зменшується вміст і погіршується якість гумусу, підсилюються процеси ерозії, вторинного засолення й осолонцювання, розростаються ареали техногенно забруднених і порушених земель. Ці та інші деструктивні процеси руйнують не тільки ґрунтовий покрив, а й усю ландшафтну сферу України. Йде прискорене перетворення нашої квітучої землі в бедленди. Причина полягає у відсутності екологічного імперативу в діяльності людини як у повсякденному житті, так і у виробництві. А якщо і робились якісь спроби щодо охорони довкілля, то це були (і є) несистемні дії так званої «боротьби» окремо з кожним із деградаційних процесів без необхідного врахування усіх складових процесів і явищ, що відбуваються в ландшафтах. Видатний мислитель сучасності Д.С.Лихачов (1984) писав, що взаємовідносини людини й природи - це відносини двох культур, кожна з яких «соціальна» і має свої «правила поведінки». У зв'язку з цим, суспільство при використанні ландшафтів, безумовно, зобов'язане глибоко знати й поважати ті «моральні» засади, які визначають їх стабільність і здатність до самореалізації.

Світовий форум із питань стану і розвитку довкілля (Ріо-де-Жанейро, 1992) узагальнив дані щодо розвитку деградаційних процесів ґрунтового покриву Землі:

Повне руйнування ґрунтів -	1%
Катастрофічний стан ґрунту	15%
Кризовий стан ґрунту -	46%
Початок проявлення процесу деградації ґрунтів -	38%

Тобто, весь ґрунтовий покрив Землі людством використовується неефективно. При цьому, найбільшу "вагу" серед процесів деградації

мають процеси водної і вітрової ерозій: 36 і 28% відповідно. Це означає, що екологічно сталий агроландшафт насамперед повинен бути протиерозійно впорядкований.

У природних ландшафтах (навіть у пустелях) ніколи не буває повної одноманітності, що пов'язано з різними елементами рельєфу, строкатістю ґрунтового покриву й рослинності, яка, у свою чергу, істотно впливає на мікроклімат, що визначає спрямованість ґрунтоутворювального процесу. Тобто, природний ландшафт - це яскравий приклад самодостатньої і саморегулюючої відкритої термодинамічної системи з прямими і зворотними зв'язками між елементами, сталість, спрямованість і швидкість розвитку якої детермінуються надходженням сонячної енергії й умовами зволоження. При сільськогосподарському освоєнні грубо ігноруються ця системність і закономірності розвитку ландшафтів. В Україні розорані величезні поля ("до обрію") і висівається на них один вид і навіть один сорт. Щодо цього питання В.А.Ковда (1981) писав, що врожай на полях в десятків-сотню гектарів при інших рівноцінних умовах у більшості випадків вищий, ніж на полях у сотні й тисячі гектарів. Причина полягає у порушенні принципу гетерогенності екосистеми, що веде до дестабілізації ландшафтів, падіння продуктивності сільськогосподарського виробництва.

Тому одним із найістотніших дестабілізуючих факторів є рілля. При знищенні природної рослинності йде процес руйнування ґрунту внаслідок різкого збільшення прямого поглинання сонячної радіації, що призводить до "горіння" гумусу, погіршення його агрегуючої здатності. Відкритий ґрунт у сонячний день влітку на поверхні може нагрітися до 80<sup>0</sup>С і навіть вище. А це означає не тільки підвищені втрати вологи на випаровування, а й загрозливе підвищення температури повітря, що не дає змоги досягти "точки роси" і відповідного формування дощів. Механізм цього процесу в повній мірі проявляється в Африці у зоні так званої Сахелі, що примикає до пустелі Сахари. Тобто проблема наднормативної розораності

ландшафтів має не тільки суто місцевий характер, а й обумовлює погіршення макрокліматичних характеристик. Є підстави припустити, що підвищення проявів посух і посушливості клімату в Україні й ряді інших країн обумовлюється саме цією причиною.

Тому серед системи заходів щодо припинення руйнування ландшафтної сфери, глобального опустинення питання оптимізації співвідношення земельних ресурсів повинно бути вирішене перш за все.

В літературі не має єдиної думки щодо цього питання. За даними багатьох авторів у найбільш розвинених країнах площа ріллі не перевищує 20-35% від загальної території. Тільки в слаборозвинених країнах колишнього соціалістичного табору цей показник дорівнює 45-56%, а у сільськогосподарських угіддях частка ріллі дорівнює 60-82%. Опрацьовано досить багато матеріалів, присвячених визначенню оптимального співвідношення земельних угідь, у тому числі частки ріллі й лісу. Але вони за багатьма показниками вступають у протиріччя одне з іншим. Однак, вже сьогодні є підстави для формування у першому наближенні загального правила, що чим кращі умови вирощування сільськогосподарських культур, тим більші площі можна займати під ріллю. За розрахунками інститутів Української академії аграрних наук в Україні необхідно зменшити площу ріллі (станом на 1.01.1999 р.) на 10 млн.га, щоб довести розораність території до 40%, збільшити площу лісів, полезахисних лісових смуг, природних кормових угідь, рекреаційних площ тощо.

Співвідношення екологічно небезпечних угідь (рілля, сади, виноградники тощо) до екологічно сталих (ліси, природні кормові угіддя) не може перевищувати одиниці. Наведені дані розглядаються лише у якості орієнтирів. Фактичне скорочення ріллі на конкретній території і визначення долі подальшого використання цих земель виконується лише на підставі опрацьованого проекту, де кількісно обґрунтовано не тільки питання оптимізації співвідношення земельних угідь, а і не менш важливе

питання розміру й геометрії робочих ділянок (полів), що в кінцевому результаті визначає успіх у справі охорони ґрунтів від ерозії. Тобто йдеться про систему заходів постійної дії: полезахисні лісосмуги, дороги, гідротехнічні споруди, інфраструктура безпечного скидання поверхневого стоку і таке інше. Це каркас (фундамент) ґрунтоохоронного й екологічно збалансованого агроландшафту.

Протягом усієї історії людина не стільки прилаштовувалася до ландшафту, скільки своєю працею намагалася приладнати ландшафт до своїх потреб. Тобто, за Л.Н.Гумільовим, до нашого часу ставлення людини до природи було хижацьким. Тому "наскоки" людини на довкілля назвати "прогресом" не можна. Для створення й підтримки ґрунтоохоронного екологічно збалансованого агроландшафту (АЛ) необхідна його здатність до "наднапруження", додаткової витрати енергії. Як правило, після зробленого зусилля починається інерційний процес, воно ніби "гасне" із часом, що може привести до повного руйнування АЛ. Тому не може бути ніяких сумнівів, що говорити про його стабільність можна лише у випадках, коли постійно у зростаючих об'ємах витрачається додаткова енергія. Авторегуляція АЛ можлива лише на окремих, досить невеликих відрізках часу. Таким чином, теза про високу його продуктивність теж повинна базуватися на постійному моніторингу за розвитком, надходженням додаткової енергії, інтенсифікацією біологічного кругообігу речовин і енергії, тобто за спрямованим впливом на АЛ.

Усе це переконливо свідчить, що АЛ не є тільки протиерозійною системою, яка створюється для пригнічення ерозійних процесів, а являє собою глобальний стратегічний системний напрям, який спроможний поєднати в собі знання й управління всіма складовими елементами ландшафтної сфери життєзабезпечення людства.

АЛ - це інженерна споруда (конструкція), яка повинна проектуватися і будуватися переважно інженерними методами на розрахунковій

кількісній основі, що потребує наявності відповідних математичних усіляко верифікованих моделей тих процесів, які визначають стабільність і продуктивність земель. "Нульовим" циклом конструкції АЛ є система протиерозійного захисту. В умовах прояву ерозійних процесів не може бути мови про припинення інших деградаційних процесів ґрунтів, забезпечення стабільності довкілля. Саме проблемі протиерозійного впорядкування сучасних агроландшафтів, як передмови формування екологічно сталих агроландшафтів, присвячений цей посібник, який є першою спробою не тільки в Україні, а і в країнах колишнього СРСР, ввести в землезнавчі науки у вищій школі курс дійсно інженерного земельного проектування. Він буде корисним для студентів агрономічних і землевпорядних спеціальностей, а також можливе його викладання для студентів, які вивчають конструктивну географію.

## ГЛАВА 1.ЯКІСТЬ ЗЕМЕЛЬ ТА КОНЦЕПЦІЯ СТВОРЕННЯ СЛУЖБИ ОХОРОНИ ЗЕМЕЛЬ В УКРАЇНІ

Поняття якості земель на сьогоднішній день в Україні законодавчо не встановлено. У Державних стандартах України закріплені такі поняття як “якість ґрунтів” та “якість земельної ділянки”. Відповідно до ДСТУ ISO 11074-1-2004, якість ґрунтів розглядається як сукупність усіх наявних позитивних і негативних властивостей, пов’язаних із використанням ґрунтів і їхніми функціям. Якість земельної ділянки, згідно ДСТУ 4362:2004 розглядається як узагальнена характеристика земельної ділянки, охопленої її межами, з визначеними категоріями якості ґрунтів.

У такому розумінні, фактичним мірилом якості земельної ділянки, що знаходиться в сільськогосподарському використанні, виступатиме її продуктивність, адже основною функцією таких ґрунтів є їх здатність формувати врожай. На наш погляд, термін «якість земель» в сьогоднішньому розумінні базується на понятті «родючість ґрунту» та фактично узагальнює терміни "стале землеробство" і "якість ґрунтів". Таким чином якість земель (LQ) можна описати наступною формулою :

$$LQ = \frac{FY}{PY} * 100\%$$

де: FY – фактичний врожай, PY – потенційний врожай, який лімітується гідротермічними ресурсами.

Відповідно, зміна якості земель при їх використанні відбивається у зміні родючості ґрунтів та продуктивності земельних угідь.

Однак, для встановлення факту порушення земельного законодавства та міри відповідальності за погіршення якості земель, а також для адекватного економічного стимулювання ґрунтоохоронних заходів, використання розрахованого в балах сумарного показника родючості ґрунтів, або врожайності сільськогосподарських культур за декілька років

буде некоректним та неефективним.

Крім того, поняття “якість земель” за своєю сутністю набагато ширше, ніж просто рівень актуальної родючості, та воно має розглядатися як здатність земельних ресурсів забезпечувати потреби людства, в тому числі у якісному життєвому середовищі. Тобто якість земель прямо залежить від виконання ґрунтами своїх екологічних функцій та тісно пов’язане із стійкістю ґрунту до зовнішнього впливу.

### **1.1. Вибір показників для оцінки зміни якості земель в процесі їх використання**

Для встановлення механізму відшкодування екологічних та економічних збитків, що спричинені недбалим використанням земельних ресурсів найважливішим кроком є встановлення оптимального набору показників для встановлення та кількісної оцінки зміни якості земель.

В літературі зустрічається значна кількість методичних підходів до якісної оцінки земель. Виділено багато як індивідуальних, так і комплексних показників, проте немає єдиної системи. Отже, загалом проблема полягає в тому, щоб визначити перелік показників для адекватної оцінки якості ґрунтів. Розробку системи таких показників треба здійснювати з урахуванням можливості використання інформації діючих нині служб контролю за станом ґрунтового покриву, родючості й санітарного стану ґрунтів, а також необхідності поширення обсягу досліджень на основі сучасної технічної бази і перспективних методів.

Незаперечним є те, що оцінка якості земель повинна бути комплексною, адже фактори родючості ґрунтів незамінні і рівнозначні. Це, в свою чергу, вимагає визначення значної кількості показників, що пов’язано з відповідними затратами часу і коштів. Тому показники вибирають за принципом "розумного мінімуму і реального максимуму", а саме: беруть

максимально можливу кількість показників, що входять до реально діючого контролю певних організацій, в той же час ця кількість є мінімальною (звуженою) для комплексної екологічної оцінки території.

Основні показники родючості ґрунтів, які сьогодні використовують для якісної оцінки, належать до розряду індивідуальних: 1) рН водної і сольової витяжки, форми потенційної кислотності, окисно-відновний потенціал; 2) загальний вміст гумусу і його якісний склад; 3) ємність вбирання і склад обмінних катіонів; 4) активність іонів у системі ґрунт - ґрунтовий розчин; 5) ступінь нагромадження в ґрунтах важких металів як стосовно загального їх вмісту, так і форм сполук; 6) щільність складення в рівноважному стані; 7) структурно-агрегатний склад ґрунту та водостійкість агрегатів; 8) водопроникність та польова вологість ґрунту; 9) вміст рухомих форм макро- та мікроелементів тощо. Дотримуючись такого набору, можна адекватно оцінювати сучасний стан ґрунтів, діагностувати всі види їх деградації і прогнозувати зміни на ближчу або навіть на віддалену перспективу. Проте, такий значний масив показників, отриманий різними організаціями, нерідко, без дотримання єдиних стандартизованих (сертифікованих) методик, а тим більше не в акредитованих лабораторіях, не можна забезпечити цілісну картину якості земель в різних регіонах зокрема і країні в цілому.

У цьому плані більш коректними є комплексні показники за допомогою яких численні різноманітні ознаки, що зумовлюють основні параметри ґрунтових режимів, виражають через узагальнюючу оцінку родючості з врахуванням її ефективності та еволюції. При цьому кожний окремий показник вираховують у процентах від свого максимального значення у вибірці спостережень, а зведений показник складають як середнє арифметичне нормованих показників і знову виражають у процентах від максимального значення у вибірці. Одним з істотних недоліків цього способу є те, що нормування тісно пов'язано з конкретною вибіркою, а

тому цілком різні вибірки можуть призвести до тих самих нормованих показників.

Позбавлений такого недоліку метод розрахунку зведеного показника якості ґрунтів (ЗПЯГ), за яким, спочатку, виходячи з принципу функції бажаності, здійснюють відповідне функціональне перетворення окремих показників агрохімічних та фізико-хімічних властивостей, а потім складають середнє геометричне вже перетворених показників - окремих параметрів оптимізації. Цей метод апробовано Т.О. Грінченко (1989) на прикладі розрахунку ЗПЯГ для дерново-підзолистих і сірих лісових ґрунтів Полісся України, які різняться за ступенем опідзолення, оглеєння, гранулометричним складом і окультуренням.

Однак, треба відзначити, що як серед показників, які включені до агрохімічного паспорта поля, земельної ділянки, так і при розрахунку ЗПЯГ переважають параметри, що характеризують фізико-хімічні властивості ґрунтів, їх поживний режим та забруднення, а от фізичні показники майже не враховуються. Проте, саме ґрунтово-фізичні фактори характеризують здатність ґрунтів забезпечувати потреби рослин в воді, повітрі, теплі, об'ємі кореневмісного шару і в цілому створювати умови для їх ефективного росту, розвитку, продуктивності, а також успішно реалізовувати в урожаї потенційний запас поживних речовин із ресурсів ґрунту та із внесених добрив. Саме ці фактори створюють умови для існування стійкого агроландшафту, без якого не може розвиватись землеробська культура, оскільки остання стає реальністю лише завдяки здатності ґрунту засвоювати без утворення поверхневого стоку і ерозії вологу атмосферних опадів. Крім того, агрофізичні показники, такі як структура та щільність ґрунту значною мірою характеризують стан ґрунтової системи загалом.

## 1.2. Сучасні підходи до оцінки земель в Україні

Оцінка земель здійснюється в результаті проведення бонітування ґрунтів, економічної оцінки земель, грошової оцінки земель та земельних ділянок. Оцінка земель дає нам підстави для прийняття обґрунтованих рішень щодо:

- виявлення і широкого використання всіх резервів і потенційних можливостей земельних ресурсів, планування раціонального використання та охорони земель;
- підвищення відповідальності землевласників та землекористувачів, спеціально уповноваженого органу з управління земельними ресурсами за дотримання вимог до теоретичного використання земель, недопущення їх деградації;
- досягнення найбільшої економії витрат на виробництво одиниці сільськогосподарської продукції в різних природно-сільськогосподарських районах, завдяки удосконаленню структури посівних площ та застосуванню прогресивних технологій вирощування сільськогосподарських культур;
- забезпечення ефективності використання землі і обґрунтованого поєднання галузей в сільськогосподарському виробництві, освоєння науково-обґрунтованих сівозмін;
- здійснення раціональної і усебічної хімізації сільського господарства, з метою повного забезпечення потреб у мінеральних і органічних добривах;
- забезпечення державної дотації сільськогосподарським товаровиробникам у випадках господарювання на землях гіршої якості;
- створення цивілізованого обігу земельних ділянок та здійснення інших трансакцій із земельними ділянками.

Оцінка земельного фонду країни - це оцінка землі як природного ресурсу і

засобу виробництва в сільському і лісовому господарстві та просторового базису в суспільному виробництві за показниками, що характеризують продуктивність земель, ефективність їх використання та дохідність з одиниці площі.

Виокремлюють такі види оцінки земель:

- грошова оцінка;
- економічна оцінка;
- порівняльна оцінка якості ґрунтів за їх основними природними властивостями - бонітування ґрунтів

**Грошова оцінка землі** - це, власне, процес прикладного економічного аналізу, основним змістом якого є:

- пошук оптимального варіанта землекористування;
- дослідження попиту і пропозицій на рух земельних ділянок для різних цілей;
- прогноз ймовірної ціни землі при її ринковому обігу.

Вартісні показники грошової оцінки землі використовуються для визначення ставок земельного податку, приватизації земельних ділянок, встановлення стартових цін на конкурсах і аукціонах при продажу земельних ділянок, компенсаційних виплат при примусовому відчуженні землі, при її відображенні в бланках сільськогосподарських підприємств, що перебуває у їх власності, укладанні договорів оренди землі, іпотечних операціях, успадкуванні та даруванні земельних ділянок.

Розрізняють три види суцільної нормативної грошової оцінки земель:

- грошова оцінка земель сільськогосподарського призначення;
- грошова оцінка земель населених пунктів;
- грошова оцінка земель несільськогосподарського призначення (крім земель населених пунктів)

Динаміка надходжень коштів від плати за землю показує, що значне їх надходження до місцевих бюджетів забезпечує саме проведення грошової оцінки земель населених пунктів, а також проведення робіт з

інвентаризації земель населених пунктів та земель несільськогосподарського призначення за їх межами.

В той же час існуюча методика грошової оцінки земель має ряд суттєвих недоліків, що призводять до заниження реальної вартості земельної ділянки, оскільки вона не враховує специфіку кожної земельної ділянки - її розташування, якість ґрунтів тощо, та значною мірою залежить від ефективності господарювання.

**Економічну оцінку** проведено на основі даних звітів про господарську діяльність колгоспів і радгоспів за 1980-1986 рр. Основними оціночними одиницями визначені агровиробничі групи ґрунтів. Економічна оцінка була виконана в двох аспектах:

- загальна оцінка ріллі, багаторічних насаджень, сінокосів, пасовищ та с.-г. угідь у цілому;
- часткова оцінка ріллі по ефективності вирощування основних с.-г. культур (зернових і зернобобових культур без кукурудзи і рису, кукурудзи на зерно, цукрових буряків, льону, соняшника, картоплі, кормових культур в цілому).

Як загальна так і часткова оцінка були представлені такими показниками:

1. Валова продукція по видам угідь, вирахована по виходу продукції рослинництва з 1 га в кадастрових цінах, - при загальній оцінці або врожайності с.-г. культур при частковій оцінці.

2. Окупність витрат (вартість валової продукції в кадастрових цінах або кількість її в натуральному вираженні в розрахунках на 100 руб. витрат).

3. Диференціальний дохід (частина чистого доходу, виражена вартістю додаткового продукту на відносно кращих і середніх землях. )

Проте матеріали економічної оцінки земель, проведеної в 1988 році, на сьогодні майже повністю втратили чинність у зв'язку з незпівставністю рентного доходу з орних земель як (критерію грошової оцінки), який отримували за період 1981-88рр., з сучасними. Досить взяти до уваги розмір середньої врожайності зернових по Україні, покладену в основу

вирахування диференціального рентного доходу (дорівнювала в 1988р. 31,5 ц/га). Кардинальних змін зазнали і виробничі витрати, які також залучаються для розрахунків диференціального доходу і вирішальним чином впливають на його розмір. Особливо це стосується структури витрат, в яких вартість паливо-мастильних матеріалів зросла на декілька порядків.

Одним з головних недоліків при встановленні величини диференціального доходу (різниця між валовим продуктом і затратами) є застосування розрахункових (до того ж недостовірних) показників виробничих витрат стосовно конкретних агровиробничих груп ґрунтів. При цьому вважають статистично достовірними дані про витрати, зафіксовані на рівні природно-сільськогосподарського (кадастрового) району, які базуються на фактичних матеріалах господарської діяльності всіх сільськогосподарських підприємств, що входять до складу цього району, одержаних за 7 років.

Під час проведення економічної оцінки земель і компонуванні кадастрових районів брали до уваги лише спеціалізацію господарств, без розподілу їх за рівнем інтенсивності, що також впливає на величину розрахованого диференціального доходу - це також дається взнаки.

Нерідко спостерігається істотна розбіжність показників економічної оцінки однойменних ґрунтів, що лежать по різні боки від умовної межі (межі кадастрових районів). Це спричинено фактичною різницею середньо районованих значень оцінки ґрунтів, прийнятих в усіх господарствах району, що може призвести до непорозумінь серед суміжних землекористувачів, особливо при зміні меж господарств.

У проекті закону України „Про оцінку земель” чітко визначено, що економічна оцінка – це оцінка землі як природного ресурсу і засобу виробництва в сільському і лісовому господарстві і як просторового базису в суспільному виробництві за показниками, що характеризують

продуктивність земель, ефективність їх використання та доходності з одиниці площі.

Економічна оцінка земель проводиться з метою визначення кадастрової еквівалентної цінності землі як природного ресурсу і засобу виробництва в сільському господарстві. Інтегральними показниками економічної оцінки повинні бути продуктивність земель, яка характеризується валовою продукцією з одиниці площі та ефективність використання земель, яка характеризується рівнем витрат на виробництво, доходністю з одиниці площі.

Тому, враховуючи вимоги нових земельних відносин, потрібно вдосконалити методи економічної оцінки (як базової грошової) з акцентом на:

- підходи до розрахунків диференціального доходу щодо оціночних одиниць, з відповідним визначенням місця у цих розрахунках виробничих затрат на різних таксономічних рівнях оціночних територій;
- чинність показників оцінки меліоративних земель та земель під багаторічними насадженнями стосовно особливих умов, що впливають на оцінку (відповідно - характер та інтенсивність меліоративного впливу і видовий та віковий склад насаджень);
- застосування у смугах переходу від одного кадастрового району до другого системи коефіцієнтів для усунення різких коливань оціночних показників;
- дослідження можливості використання для економічної оцінки земель більш лаконічного інформаційного поля, тобто а на базі підприємств, репрезентативних у природному і господарському аспектах без залучення даних по всіх господарствах кадастрового району.

**Порівняльна оцінка** якості ґрунтів за їх основними природними властивостями - бонітування ґрунтів, відповідно до ст.199 Земельного кодексу України визначається так:

- бонітування ґрунтів - це порівняльна оцінка якості ґрунтів за їх основними природними властивостями, які мають сталий характер та суттєво впливають на урожайність сільськогосподарських культур, вирощуваних у конкретних природно-кліматичних умовах.

- бонітування ґрунтів проводиться за 100-бальною шкалою. Вищим балом оцінюються ґрунти з кращими властивостями, які мають найбільшу природну продуктивність.

Як логічне завершення ґрунтових обстежень та підсумок у вивченні ґрунтів, дані бонітування використовуються в землеробстві, землевпорядкуванні, при оцінці земель.

Розрізняють загальне та зокремлене бонітування ґрунтів. І перше, і друге проводяться за єдиною системою, що базується на подібних принципах, але з обов'язковим урахуванням місцевих, регіональних особливостей ґрунтів і природних умов ведення сільськогосподарського виробництва. Безперечною умовою при цьому є використання уже наявних, розроблених раніше, вихідних матеріалів без проведення додаткових трудомістких робіт.

Показники бонітування ґрунтів відображають порівняльну оцінку їх якості, визначену за об'єктивними ознаками і властивостями, що тісно корелюють з урожайністю сільськогосподарських культур.

Критеріями для розрахунків шкал бонітетів ґрунтів є:

- для зокремленого бонітування ґрунтів - визначення кількісних показників, стійких у часі, що суттєво впливають на урожайність конкретних сільськогосподарських культур і найбільш повно відображають суть ґрунтової родючості по відношенні до них. До таких культур відносяться: озима пшениця, озиме жито, ячмінь, овес, кукурудза на зерно, соняшник, цукровий буряк, соя.

- для загального бонітування ґрунтів – визначення показників, які найбільш повно, достовірно і об'єктивно відображають властивості ґрунтів як природно історичного тіла задовольняти середні потреби сільськогосподарських рослин в поживних речовинах і волозі у конкретних умовах повітряного, теплового і водного режимів, тобто їх родючість (безвідносно до будь-якої культури).

Об'єктом бонітування є одиниці ґрунтового покриву, які виділені на ґрунтових картах і об'єднані в агро виробничі групи ґрунтів відповідно до номенклатурного списку агро виробничих груп ґрунтів України (1978 р.).

Роботи з бонітування ґрунтів складаються з кількох етапів і проводяться в такому порядку:

- уточнення природно-сільськогосподарського районування земельного фонду;
- складання списку агро виробничих груп ґрунтів;
- агро екологічне обґрунтування розміщення культур (збір і систематизація даних щодо агро біологічних вимог сільськогосподарських культур агро кліматичним і ґрунтовим умовам середовища і виділення зон вирощування культур відповідно до їх агро біологічних вимог);
- збір і обробка даних про властивості ґрунтів;
- вибір еталонних ґрунтів в розрізі природно-сільськогосподарських районів і зон вирощування культури;
- розробка шкал бонітування ґрунтів природно-сільськогосподарських районів і зони вирощування культури;
- підготовка документації про результати бонітувальних робіт.

Природно-сільськогосподарське районування України, розроблене в 1977-78 рр., побудоване на пріоритетах адміністративних областей, удосконалене в 1981-85 рр., як в методичному аспекті, так і у відношенні уточнення меж. Виділено 197 природно-сільськогосподарських районів, що відрізняються за агро кліматичними, геоморфологічними і ґрунтовими показниками.

Зміни в адміністративному поділі, меж землеволодінь і землекористувань, а також екологічної ситуації, особливо в районах зрошуваного землеробства, вимагають подальшого удосконалення і

уточнення природно-сільськогосподарського районування.

Межі природно-сільськогосподарських районів проводяться по границях територій сільських рад за станом на момент виконання робіт. У випадках укрупнення-розукрупнення землекористувань на границі районів, уточнення границь проводиться з урахуванням характеру ґрунтового покриву новостворених господарств.

За критерії бонітування ґрунтів беруться властивості ґрунтів, виражені у кількісних показниках, стійких у часі, які істотно впливають на урожай сільськогосподарських культур і найбільш повно відображають сутність впливу ґрунтів на урожайність. Менш стійкі ознаки, а також модифікаційні критерії враховуються за допомогою поправкових коефіцієнтів до бонітетів ґрунтів, розрахованих за стійкими показниками.

Збір даних про властивості ґрунтів проводиться окремо за видами угідь, природно-сільськогосподарських зон, за агровиробничими групами ґрунтів. Збір і обробка даних проводиться за наступними властивостями ґрунтів: вміст гумусу в орному шарі і по генетичних горизонтах, %; потужність гумусових горизонтів, см; вміст фізичної глини, %; індекс фізичного стану; засолення (ступінь); кам'янистість (ступінь); кислотність (градації по величині рН сольового); оглеєність (глибина і ступінь); змитість (ступінь); вміст рухомих поживних речовин (фосфору і калію). Але в даний час враховуючи всі пріоритети нового земельного ладу методика бонітування ґрунтів потребує вдосконалення.

На підставі критичного розгляду відомих в Україні методик бонітування ґрунтів (Докучаєва В.В., Соболева С.С., Кузьмичова В.П., Сірого А.І., Новаковського Л.Я. зі співавторами) група вчених на чолі з академіком В.В. Медведєвим розробила нову концепцію бонітування ґрунтів в якій вони зазначили, що:

- об'єктом оцінки має бути - єдина система "ґрунт – клімат - поле";
- бонітувальними ознаками є властивості системи, поділ на основні і

модифікаційні ознаки не передбачається, а використання поправкових коефіцієнтів мінімізується;

- розрахунковою основою є педотрансферні моделі, а кінцевим результатом загальні і часткові бонітети родючості, виходячи зі 100-бальних шкал, єдиних для України, а також класифікація території за придатністю до вирощування культур.

Концепція передбачає створення банків інформації, програмного забезпечення для автоматизації підрахунків, проведення бонітування і його перевірки у виробничих умовах.

### **1.3. Перспективи введення ефективної системи оцінки та прогнозу якості земель**

З кожним роком у всьому світі, разом із загостренням демографічної ситуації все гостріше постає питання охорони навколишнього середовища. В нашій країні, екологічний стан якої можна оцінити як незадовільний, це питання є особливо актуальним. Стан земельних ресурсів України викликає все більше занепокоєння у зв'язку з прискореним зниженням родючості ґрунтів: зменшується вміст гумусу і погіршується якість ґрунту, підсилюються процеси ерозії, вторинного засолення й осолонцювання, відбувається розширення зон техногенного забруднення.

Як свідчить сучасний стан ґрунтів нашої держави, існуюча нині система охорони земель не забезпечує необхідного, хоча б мінімального рівня природозбереження, який би дозволив здійснювати безперервне, раціональне і невиснажливе використання земельних ресурсів. Існує нагальна потреба в посиленні системи правових, організаційних, економічних та інших заходів, спрямованих на раціональне використання земель сільськогосподарського призначення, захист їх від шкідливого антропогенного впливу, відтворення і підвищення родючості ґрунтів, забезпечення особливого режиму використання земель

природоохоронного, оздоровчого, рекреаційного та історико-культурного призначення. Тому останнім часом все гострішою стає потреба в забезпеченні охорони і раціонального використання земель, оздоровленні екологічної обстановки, що вимагає підвищення рівня відповідальності за порушення природоохоронного законодавства.

Уже сьогодні в Україні існує певне юридичне і нормативне забезпечення системи охорони земель. Наприклад, ст. 14 Конституції України визнає землю основним національним багатством країни і закріплює імперативний принцип особливої охорони цього найважливішого компонента біосфери, а ст. 66 визначає, що кожен зобов'язаний не заподіювати шкоду природі, відшкодовувати завдані ним збитки. Стаття 96 Земельного кодексу України зобов'язує всіх землекористувачів дотримуватись вимог законодавства про охорону довкілля, підвищувати родючість ґрунтів та зберігати інші корисні властивості землі. За використання земельної ділянки способами, які суперечать екологічним вимогам, згідно статті 141 Земельного кодексу України, передбачається припинення права користування земельною ділянкою, а за не усунення допущених порушень законодавства (в тому числі забруднення земель радіоактивними і хімічними речовинами, відходами, стічними водами, шкідливими організмами, пошкодження і знищення родючого шару ґрунту, порушення встановленого режиму використання земель, що особливо охороняються, а також використання земель способами, які завдають шкоди здоров'ю населення) – примусове припинення прав на земельну ділянку. За допущені порушення в ґрунтоохоронній сфері передбачена адміністративна відповідальність: згідно зі статтею 254 Кримінального Кодексу України, за безгосподарське використання земель, якщо це спричинило тривале зниження або втрату їх родючості, виведення земель з сільськогосподарського обороту, змивання гумусового шару, порушення структури ґрунту, передбачено накладання

штрафу до 250 неоподаткованих мінімумів доходів громадян або обмеженням волі на строк до 2 років чи позбавлення волі на той самий строк, з позбавленням права займати певні посади або займатися певною діяльністю на строк до трьох років чи без такого. За псування або забруднення сільськогосподарських та інших земель, згідно ст.52 Кодексу України про адміністративні правопорушення, передбачено накладання штрафу на громадян від 6 до 12 неоподаткованих мінімумів, а на посадових осіб - від 8 до 15.

Водночас наше законодавство не передбачає ніяких заходів, спрямованих на стимулювання природозахисних, ресурсозберігаючих дій збоку користувачів. Досить часто користувачам зручніше сплатити штраф за заподіяну шкоду, ніж витратити кошти на її запобігання. Крім того, немає чіткої системи, яка б визначала види земельних порушень і адекватну до них відповідальність порушників. Досить часто немає змоги оцінити шкоду, завдану користувачем навколишньому середовищу з врахуванням того, що природа є цілісною системою і ця шкода є комплексним показником.

Аналізуючи розвиток Європейської політики в напрямку охорони ґрунтів, можна відзначити, що її об'єктом є, в основному, раціональне використання ґрунтів, ведення єдиної ґрунтозахисної політики, забезпечення законодавчої підтримки охорони ґрунтів, сприяння підвищенню родючості ґрунтів, виправлення негативних наслідків екологічних катастроф. На міжнародному з'їзді „Ґрунтозахисна політика в межах Європейського союзу”, в якому приймали участь не тільки представники Євросоюзу, а й країни-кандидати в Євросоюз та представники інших Європейських країн, було визначено, що ґрунти є обмеженим ресурсом, і з кожним роком зростає кількість рідкісних, не відновлювальних біологічних, хімічних і фізичних властивостей ґрунтів. Тому цей ресурс повинен захищатися і оберігатися. Крім того, учасники

з'їзду визнали, що ґрунти є об'єктом зворотних та незворотних пошкоджень, які повинні бути зменшені і, де можливо, потрібно уникати їх у відповідності до лімітів ризиків і небезпек для ґрунтів. В цьому контексті, природні процеси, що ведуть до деградації ґрунтів і ґрунтових збитків, повинні бути взяті на облік. Адже використання чи експлуатація природних ресурсів, таких як ґрунти, може мати несприятливі наслідки, навіть, якщо це одразу і не очевидно.

У Меморандумі, який було видано на цьому з'їзді, визначено низку функцій ґрунтів:

- **регулювання екосистеми** — ґрунти відіграють важливу роль в затримуванні, фільтрації і перетворенні речовини, як джерело існування для різноманітних організмів і як генетичний резерват для існування біологічного різноманіття;

- **соціально-економічні функції** — забезпечення їжею живих організмів, розвиток ландшафтів і просторового планування, для житлобудування і розвитку інфраструктури виробництва відновлюваних ресурсів, видобування та використання мінеральних ресурсів;

- **функції архівації** — ґрунти є своєрідним архівом, який містить запис історії людства і природи.

Крім того, в зв'язку з наявністю великої кількості природних і антропогенних тисків і ризиків ґрунтів, було виділено наступні види впливів на ґрунт:

- *фізичні* — вітрова та водна ерозія, ущільнення, водонепроникливість чи злитизація, радіоактивний вплив;
- *хімічні* — забруднення хімічними речовинами;
- *біологічні* — забруднення патогенними організмами та продуктами їх життєдіяльності, чи іншими небезпечними біологічними субстанціями, включаючи генетично змінені організми.

Учасники з'їзду погодились, що ґрунтозахисна політика має бути більш потужною та адаптованою в контексті стійкого розвитку, щоб наявне

законодавство могло забезпечити захист ґрунтів і сприяти довготривалому використанню земель і раціональному управлінню ними. Вони дійшли згоди поєднувати міжнародні, загальноєвропейські і національні дії, направлені на захист ґрунтів, виправлення пошкоджень і зменшення тиску на них.

Ухвалення Адміністративного, Земельного, Лісового і Водного кодексів України, а також низки природоохоронних законів свідчить про налагодження системи ефективного державного контролю за землекористуванням в Україні. Алгоритм стосунків земельних інспекторів із землекористувачами має, як мінімум, три етапи: оцінка стану земельної ділянки з видачею сертифікату землекористувачу, моніторинг цієї ділянки і процесу землекористування в розрізі основних імовірних деградаційних процесів; визначення розміру екологічних збитків, що заподіяні землі її користувачем, з метою їх економічної компенсації за його рахунок і / або надання відповідних пільг у випадку поліпшення стану землі. Проте, в системі Держземагенства (Держкомзему) України і інших державних органів не розроблено комплексу необхідних нормативних документів. Для вдосконалення діючого земельного законодавства потрібне економічне стимулювання екологічних заходів в галузі охорони земель, має бути розроблена система оцінки та прогнозу їхньої якості.

Для досягнення цієї мети, передусім, необхідно:

- розробити методологію та методичні підходи до оцінки якості земель та розміру збитків, завданих землекористувачами. Для цього слід провести кризовий моніторинг, тобто вивчити основні деградаційні процеси і оцінити їхній розвиток на прикладі певних землеробських регіонів; провести розрахунок збитків від ерозії ґрунтів, техногенного забруднення, знищення агролісомеліоративних насаджень, від'ємного балансу гумусу та основних поживних речовин і на основі отриманих даних розробити систему штрафів і заохочень в галузі охорони земель;

- визначити та спрогнозувати основні деградаційні процеси, які можуть руйнувати землю. Для цього необхідно розробити логічну схему сертифікації якості земель, визначити процедуру оцінки їхнього стану на „нуль-момент”, опрацювати методики визначення домінуючих деградаційних процесів, що руйнують землі сільськогосподарського призначення, кількісний і / чи якісний прогноз зміни якості земель у часі і просторі.
- розробити систему державного контролю і кризового моніторингу на землях сільськогосподарського призначення. Для цього потрібно сформувати логічну схему системи державного контролю за діяльністю землекористувачів та охорони земель сільськогосподарського призначення в контексті завдань і діяльності Служби земельної інспекції Державного комітету із земельних ресурсів України. Потрібно сформувати проект нормативного документу „Положення про економічне стимулювання екологічних заходів у сфері землекористування” з його доповненням необхідними методиками оцінки якості земель, прогнозу розвитку деградаційних процесів, форм і регламентів роботи земельних інспекторів тощо. Після цього розроблений нормативний документ повинен пройти процедуру узгодження в зацікавлених міністерствах і відомствах (Міністерство екології та природних ресурсів, Міністерство аграрної політики, Державний комітет із земельних ресурсів України) та затвердження в Міністерстві юстиції України.

Виконання зазначених вище завдань дасть змогу створити нормативний документ, який повинен сприяти зменшенню ерозійних втрат ґрунтів до допустимої межі, розробити методики та методичні підходи до оцінки якості земель і контролю землекористування. Основним замовником даного документу може бути система Держкомзему, а саме його новостворена служба - земельна інспекція. Крім того, він може бути використаний в системі Міністерства аграрної політики та Міністерства екології і природних ресурсів.

Враховуючи, що екологічне законодавство в галузі землекористування набирає системного характеру і сьогодні вже є правові засади адміністративного та економічного контролю за раціональністю

землекористування і відповідне стимулювання землекористувачів щодо впровадження заходів по охороні і збереженню продуктивності земель, основні деградаційні процеси мають знаходитись під ефективним державним контролем. Віковий досвід свідчить, що приватна форма власності на землю не надає ніяких гарантій її збереження. Навпаки, в період капіталізації земельних відносин здирницьке відношення до природних ресурсів різко зростає. Тому в Україні назріла потреба у впровадженні заходів, які б сприяли збереженню і відтворенню земельних ресурсів.

Можливим способом вирішення цієї проблеми є впровадження ефективного примусу в ґрунтоохоронне законодавство за рахунок введення системи оцінки та прогнозу якості земель. Для ефективного впровадження цієї системи має проводитися відкрита ґрунтозахисна політика у взаємодії з іншими галузями щодо захисту середовища і ресурсної політики, потрібне підвищення рівня свідомості населення і користувачів, основане на громадському розумінні необхідності дотримання ґрунтозахисних вимог в усіх видах діяльності, пошвавлення обміну інформацією між різними державами, проведення суспільних досліджень, моніторингу. Дії, направлені на захист ґрунту, сприятимуть не тільки збереженню, захисту, відновленню і покращенню якості середовища, але й умов існування суспільства та громадського здоров'я в цілому.

#### **1.4. Сучасні підходи до еколого-економічної та екологічної оцінки земель**

Нині напрацьовано значний досвід з проведення оцінки земель як в Україні, так і за її межами.

Під час проведення оцінки землі в США використовують переважно три методи: порівнювальний, заміщених витрат та метод доходу.

Найчастіше використовують метод порівнювальних оцінок. Суть цього методу полягає в тому, що у разі продажу будь якої земельної ділянки її оцінку проводять по вартості ділянок з такими ж якісними характеристиками, що було продано в даній місцевості. Чітко фіксуються всі моменти, в яких є різниця між ділянкою, що продається та іншими ділянками з якими порівнюють. Усі ці відмінності дають право зменшувати або ж навпаки збільшувати вартість ділянки.

Досить цікавим, але на нашу думку непродуктивним є метод оцінки за доходом, що приносить власність, тобто земля та будівлі розглядаються як звичайні товари, що можуть надавати при використанні прибуток. Земля оцінюється за прибутком, який вона приносить. Застосовують також метод, де за основу оцінки беруть уявний прибуток, що приносить земля, якщо нею послуговуватися як на момент продажу без зміни профілю використання і також враховується показник прибутковості за найкращого із запропонованих в майбутньому методів використання. Основою для оцінки в такому разі буде прибуток, одержаний за незмінного напрямку використання, а податки знімаються. Є також деякі інші методи оцінки, але їх застосовують значно рідше, ніж метод порівняльної оцінки.

### ***Методи оцінки земель сільськогосподарських угідь***

*Метод оцінки окремо взятої земельної ділянки за тарифом  
за 1 бал бонітету по категоріях зональних ґрунтів  
(за прибутковістю на одиницю ґрунтово-екологічного індексу)*

Метод використовується для спостереження за охороною ґрунтового покриву (за допомогою розрахунку ґрунтово-екологічного індексу за період від одного до іншого туру обстеження); для оцінки в грошовому виразі позитивної чи негативної зміни родючості в результаті виробничої діяльності людини в ситуаціях, коли потрібно визначити ринкову вартість земельних ділянок з метою купівлі-продажу, здачі в оренду, застави; для розрахунку розміру компенсації при відводі сільськогосподарських земель на несільськогосподарські нестатки. В основі методу лежать дві основні

складові:

- ґрунтово-екологічний індекс (ГЕі) - бал бонітету, що відображає рівень родючості ґрунтів з обліком конкретних кліматичних умов і рельєфу;

- тарифна категорія типу ґрунту оцінюваної ділянки.

Розрахунок ГЕі базується на результатах ґрунтово-агрохімічних обстежень і даних кліматичних умов регіону. Величина ГЕі являє собою добуток ґрунтового, агрохімічного і кліматичного індексів, розрахунок яких здійснюють за допомогою коефіцієнтів, що відображають вплив на рівень родючості ґрунтів тих чи інших показників. Прибутковість з одиниці площі, поділена на розмір ГЕі, дає тариф (вартість) 1 бала, виражений у кадастрових цінах.

Добуток ґрунтово-екологічного індексу (ГЕі) на тариф і поправковий коефіцієнт до тарифної категорії на фактори, що лімітують, дає ціну ґрунту 1 гектара даної ділянки. Для того, щоб перейти від ціни ґрунту до вартості ділянки, необхідно врахувати технологічні властивості ділянки, її місцезонашування, культурно-технічний стан кормових угідь, ціль відводу, інфляцію й індекс попиту та пропозиції.

Технологічні властивості ділянки визначають через технологічний коефіцієнт, що враховує ухил, конфігурацію ділянки, довжину гону та інших показників, що визначають збільшення нормативу часу на польові механізовані роботи. Метод розроблений Ґрунтовим інститутом імені В.В. Докучаєва (Шишов Л.Л. та інш., 1991)

*Метод оцінки вартості земельної ділянки за ставкою земельного податку  
з урахуванням природної родючості ґрунтів*

Метод застосовується для оцінки сільськогосподарських угідь з метою підвищення ефективного використання земельних ресурсів країни в нових умовах господарювання й охорони ґрунтового покриву. При оцінці земель

сільськогосподарських угідь по ставці земельного податку з урахуванням природної родючості ґрунтів спочатку необхідно визначити споживчу (нормативну) вартість оцінюваної земельної ділянки, що залежить від рівня родючості, технологічних особливостей ділянки і його місцезнаходження. За визначенням споживчої (нормативної) ціни земельної ділянки з урахуванням природної родючості ґрунтів застосовуються такі показники:

- ставка земельного податку за 1 бал середньо обласного балу бонітету ґрунтів;
- площа оцінюваної ділянки.

Споживча (нормативна) ціна оцінюваної ділянки коректується через підвищувальні (понижуючі) коефіцієнти, що враховують місце розташування ділянки, вид використання ділянки, зону перебування ділянки, індекс інфляції. Ринкова (базова) вартість оцінюваної ділянки залежить від мети відводу землі і визначається на основі споживчої (нормативної) ціни шляхом коректування на індекс попиту та пропозиції. Метод рекомендується використовувати при передачі землі у власність, установленні колективно-часткової власності, даруванні, оподатковуванні, визначенні розміру орендної плати, при відводі земель для різних нестатків.

*Метод масової оцінки вартості земель великих масивів  
сільськогосподарського призначення за прибутковістю на одиницю  
ґрунтової родючості*

Метод застосовується при оцінці вартості земельних ділянок великих масивів. Ціна ґрунту залежить від потенційної родючості на фоні конкретних кліматичних умов і природних особливостей навколишнього ландшафту (тобто ґрунтового-екологічного індексу). Другою складовою вартості ґрунту є тарифна категорія, що обумовлюється величиною середньорічного доходу в рослинництві на одиницю ґрунтового-екологічного індексу. За масової оцінки вартості земельних угідь умовно

приймають, що основна частина їх розташована в сільській місцевості і використовується тільки на сільськогосподарські цілі. Для розрахунку ґрунтово-екологічного індексу визначеного масиву ґрунту використовуються середньостатистичні дані ґрунтово-агрохімічного обстеження й узагальнені кліматичні показники даного регіону. Споживча вартість земельного масиву окремого типу ґрунту розраховується способом перемножування:

- тарифної ціни за 1 бал бонітету ґрунту;
- площі оцінюваного масиву;
- поправки до ціни землі на технологічні властивості;
- ґрунтово-екологічного індексу;
- інфляційного індексу до визначеного року;
  - поправочного коефіцієнта до тарифної категорії на окультуреність ділянки;
- коефіцієнту на місцезрештування ділянки;
- коефіцієнту до ціни ділянки в залежності від виду угідь;
  - коефіцієнту до ціни землі кормових угідь у залежності від культуртехнічного стану.

Розрахунки за цим методом можна використовувати для оцінки в грошовому виразі позитивної чи негативної зміни родючості в результаті виробничої діяльності людини; у ситуаціях, коли потрібно визначити ринкову вартість земельних ділянок з метою купівлі-продажу, здачі в оренду, застави, для одержання компенсації при відводі сільськогосподарських земель на несільськогосподарські потреби.

*Методичні рекомендації з оцінки сільськогосподарських угідь з використанням показника зернового еквівалента.*

Оцінка сільськогосподарських угідь з використанням показника зернового еквіваленту ґрунтується на методі капіталізації доходу.

До оцінки вартості земельних ділянок належать такі етапи:

- розрахунок показників нормальної врожайності зернових культур ділянки;
- визначення показника зернового еквівалента з урахуванням чистого доходу, одержуваного від всіх вирощуваних сільськогосподарських культур у даній зоні;
- розрахунок чистого доходу з 1 га від оброблення зернових культур з урахуванням показника зернового еквівалента;
- визначення чистого доходу з 1 га від вирощування зернових культур з урахуванням впливу місця розташування земельної ділянки;
- установлення терміну капіталізації чистого доходу і розрахунок вартості земельної ділянки.

### *Дохідний підхід до оцінки сільськогосподарських угідь*

#### *Метод прямої капіталізації при оцінці сільськогосподарських угідь*

Метод призначений для оцінки вартості земельної ділянки через перетворення грошового доходу у вартість за допомогою коефіцієнта капіталізації, тобто частки поточного доходу в повній вартості ділянки. Застосування цього методу ґрунтується на тому, що вартість ділянки може бути визначена як його здатність приносити дохід у майбутньому за рахунок реалізації прогнозованих обсягів вирощуваних сільськогосподарських культур. Вартість земельної ділянки визначається як частка відділення величини чистого доходу на норму (коефіцієнт) капіталізації. Чистий дохід визначається через виключення з розрахункового дійсного валового доходу усіх витрат без обслуговування боргу по іпотечному кредиті й амортизаційних відрахуваннях. Коефіцієнт капіталізації визначається просто за даними ринку про чистий дохід і вартість низки порівнюваних земельних ділянок.

### *Метод оцінки вартості землі з обліком її екологічного стану.*

За купівлі - продажу, дарування, передачі у власність, у спадщину й ін. потрібна оцінка її вартості з урахуванням екологічного фактора. Метод призначений для оцінки земель, забруднених промисловими і радіоактивними відходами. В основу методу покладене відношення диференціальної ренти до норми позичкового відсотка (кредитній ставці). Використання методу передбачає наявність земельних паспортів на кожен ділянку поля з такою інформацією: чим і коли забруднений ця ділянка, які роботи виконані по зниженню забруднення і т.д.

Алгоритм розрахунку містить у собі такі параметри, як:

- диференціальна рента забрудненої землі;
- коефіцієнт капіталізації;
- коефіцієнт екологічної небезпеки землі;
- районні й обласні бали для даної ріллі;
- коефіцієнт віддаленості від обласного центру. Метод оцінки розроблений у ВНИИСТУСХ (Шептухов і ін., 1997).

### *Економічна оцінка вартості території (землі)*

Метод рекомендується використовувати при створенні загального земельного кадастру, що передбачає економічну оцінку. Метод заснований на тому, що територія (земля) має дві складові вартості:

- базисна/нульова вартість території (землі) - абсолютна вартість території, що не залежить від способу її використання;
- вартість технологічних удосконалень, зроблених з даною територією для вилучення визначеного роду доходів від використання території і її ресурсу визначається тим реальним доходом, що може приносити дана територія.

### *Метод оцінки впливу на навколишнє середовище за допомогою вартості відтворення*

Метод призначений для порівняння витрат на відновлення природних ресурсів, яким може бути нанесений збиток при реалізації будь-якого проекту, і витрат на заходи для запобігання збитку. Основне положення цього методу полягає в тому, що витрати, пов'язані з відновленням (відтворенням) природних ресурсів, можуть бути вимірні і розглядатися як оцінка вигод, очікуваних при запобіганні збитку. Приймається, що не існує непрямих вигод, зв'язаних з цими витратами і що величина збитку є вимірною. Цей вид аналізу припускає таке: величина збитку є вимірною; витрати відтворення піддаються розрахунку і не перевищують вартості зруйнованих виробничих ресурсів (тому відтворення є економічно ефективним), не існує непрямих вигод, зв'язаних з цими витратами. Природні ресурси розглядаються тут як потенційні виробничі ресурси, що можуть дати вигоду людині. З огляду на їх виробничу цінність, визначається вартість їх відтворення, потім вона порівнюється з вартістю заходів щодо запобігання збитку. Якщо вартість відтворення вища, то приймається рішення про запобігання збитку. Метод рекомендується застосовувати тоді, коли реалізація проекту вплине на невеликі об'єкти, вартість відтворення яких легко підрахувати, наприклад, дорога, міст, гребля. Якщо об'єктами впливу є ґрунт, вода, ліс і т.д., то слід враховувати більшу кількість аспектів. При цьому варто пам'ятати, що не усі вигоди від природних ресурсів піддаються розрахунку на даному етапі розвитку науки. Метод може використовуватися також для аналізу зовнішніх фізичних і економічних змін у навколишньому середовищі в результаті реалізації проекту.

*Метод оцінки впливу на навколишнє середовище  
за допомогою зміни в продуктивності.*

Метод з урахуванням змін у продуктивності як основи вимірів є продовженням методу аналізу вигод і витрат. Цей метод призначений для порівняння вигод від реалізації будь-якого проекту і утрат від зміни в

продуктивності внаслідок цієї реалізації. Під змінами в продуктивності розуміють, наприклад, зменшення обсягу сільськогосподарської продукції, доходів від рибальства і туризму і т.д. Зміни в продуктивності оцінюються з використанням ринкових цін у відношенні витрат і обсягу продукції, що випускається, або за наявності перекручувань, відповідним чином скоректованих ринкових цін.

За використання цього методу слід:

- враховувати зміни в продуктивності не тільки «всередині» рамок проекту, але і «поза» цими рамками; зовнішні зміни включають в себе усі зовнішні фактори економічного чи екологічного характеру;
- оцінювати вплив на продуктивність як у разі здійснення проекту, так і без нього; це допоможе з'ясувати пов'язані з проектом ступінь збитку або спосіб запобігання збитку;
- порівняння альтернатив «із проектом» і «без проекту» робити не тільки для поточної ситуації, але й з урахуванням змін, що відбудуться в майбутньому, зокрема й у цінах.

Сьогодні в Україні зареєстрована Мін'юстом та може вважатися чинною лише “Методика визначення розмірів шкоди, зумовленої забрудненням і засміченням земельних ресурсів через порушення природоохоронного законодавства”, затверджена Наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України № 171 від 27.10.1997 року. Фактично поза увагою залишилися такі ключові моменти, як методика обстеження земельних ділянок, з метою видачі сертифіката якості земель, оцінка збитків від таких широко розповсюджених антропогенних процесів деградації ґрунтів, як водна ерозія, дегуміфікація, вторинне засолення, знеструктурування та переущільнення ґрунтів.

Ученими України розроблено ряд методичних підходів до еколого-економічної оцінки земельних ресурсів та збитків, що завдаються

внаслідок недбалого землекористування, пропонуються також методи економічного стимулювання впровадження ґрунтозахисних заходів.

Так, О.І. Шапоренком запропоновано проводити еколого-економічну оцінку ґрунтозахисних заходів на стадії затвердження, що дозволить одночасно проводити екологічну експертизу стану ґрунту. Основним критерієм за яким проводять оцінку є інтегральна величина економічного збитку, яку обчислюють за формулою:

$$Y = \int Y_i$$

де:  $Y_i$ - економічний збиток  $i$ -го виду продукції, тисяч грн.

Економічний збиток передбачає оцінку в грошовій формі можливих та фактичних втрат врожаю через зниження ґрунтової родючості, забруднення ґрунтів з врахуванням таких чинників як ціна реалізації, врожайність культур, площа посіву, коефіцієнт поширення конкретного наслідку та коефіцієнт недобору врожаю окремої культури внаслідок нанесеної шкоди:

$$Y_i = C_j * [(D_{ij} * A_j) * (K_{ij} * S_j)]$$

де:  $C_j$ -ціна реалізації  $j$ -го виду продукції, тис. грн./т., ц;

$A_j$ - врожайність  $j$ -ї культури, т/га;

$S_j$ -площа посіву  $j$ -ї культури, га;

$D_{ij}$ - коефіцієнт недобору врожаю  $j$ -ї культури від  $i$ -го наслідку;

$K_{ij}$ - коефіцієнт поширення  $i$ -го наслідку.

Коефіцієнти  $K_{ij}$  та  $D_{ij}$  це величини, що визначаються на основі даних науково-дослідних установ. Однак поняття економічного збитку передбачає, на думку авторів, не лише грошовий вираз фактично недоотриманих прибутків, а й ще й витрати на відновлення екологічного стану до моменту нанесення шкоди, що виражається у фактичному еколого-економічному збитку який доцільно вираховувати за формулою:

$$Y_{ky} = \Pi_i + Y_{ky} + Z_k + Y_z$$

де:  $Y_{ky}$ -загальний фактичний еколого-економічний збиток;

$\Pi_i$ - еколого-економічний збиток від втрат ґрунтової родючості;

$Y_{ky}$ - еколого-економічний збиток від руйнування природних кормових угідь;

$Y_z$ - збиток від викидів у воду та повітря;

$Z_k$ -збиток від забруднення, що наноситься тваринницькими комплексами.

Значення  $\Pi_i$  та  $Y_{ky}$  визначається добутком розміру питомого еколого-економічного збитку та розмір площ де визначається зниження рівня родючості, тобто :

$$\Pi_i = Y_{ky} = \Pi_{in} * S_i$$

де:  $\Pi_{in}$ -розмір питомого еколого-економічного збитку;

$S_i$ -площа і-го виду сільськогосподарських угідь зі зниженою родючістю.

Розмір питомого еколого-економічного збитку визначається як:

$$\Pi_{in} = Z + \Pi$$

де:  $\Pi$  - вартість практично недоодержаної сільськогосподарської продукції з 1 гектара площ, в результаті зниження родючості;

$Z$ -сума витрат на відновлення втраченої родючості, що визначається за формулою:

$$Z = \int Z_j \quad \text{де: } Z_j\text{-витрати на відновлення } j\text{-го виду показника}$$

ґрунту. До цих складових також належать витрати на купівлю добрив ( $C_u$ ), витрати на доставку куплених добрив ( $C_t$ ), витрати на навантаження куплених добрив ( $C_n$ ), вартість розвантаження добрив після доставки ( $C_p$ ), вартість внесення добрив ( $C_v$ ), тобто при врахуванні витрат на все вище перераховане то витрати на відновлення родючості ґрунту мають прийняти

вигляд математичного виразу:

$$З_j = C_y + C_t + C_n + C_p + C_v$$

Вартість недоодержаної продукції (П) вираховують за формулою :

$$П = Y_i + Ц_i$$

Де:  $Y_i$  - величина втрат  $i$ -ї сільськогосподарської культури, ц/га;

$Ц_i$  - закупівельна ціна даного виду сільськогосподарської продукції за ринковими чи закупівельними цінами, або ж за порівняльними цінами.

З урахуванням усіх наведених вище фактичний еколого-економічний ефект ( $E_i$ ) вираховується за формулою :

$$E_i = P - Z_i - Y_k - Ш + Д$$

Де:  $P$  - фактичний результат господарювання за визначений період;

$Z_i$  - фактичні витрати на досягнення результату;

$Y_k$  - еколого-економічний збиток;

$Ш$  - нарахування та штрафи за порушення екологічних норм;

$Д$  - дотації на проведення екологічних заходів, що включає в себе також зменшення податків.

Ця методика потребує від тих, хто проводить оцінку земель знань з агрохімії та потребує досить вагомих витрат часу на проведення експертизи, а також є залежною від наявності при обстеженні діючих на сьогодні значень коефіцієнтів  $D_{ij}$  та  $K_{ij}$ . Також може виникати невідповідність порівняно через використання у розрахунках в одному разі ринкових цін, у другому порівнювальних, а в третьому - ринкових. Проте загалом це є досить добрим методом у ґрунтовному обстеженні.

Методика, запропонована А.Г. Тихоновим, Л.В. Паламарчуком (2003), передбачає вирахування заподіяної шкоди, на підставі середнього балу бонітету, який вираховується за формулою :

$$В = Ц/Б * П * Р$$

Де:  $В$  - сума вартості збитків;

- Ц - грошова вартість 1 га землі;
- Б- середньозважений бал бонітету;
- Р – зниження бальної оцінки.

Для точнішого обчислення потрібно вираховувати бал для кожного діагностичного показника, врахувати дані паспорта еколого-агрохімічного, як відсоток фактичного значення на момент обстеження до значень занесених в паспорт ділянки :

$$Б_{дп} = ОФ / ОП * 100$$

Де:  $Б_{дп}$  - середньоарифметичний бал бонітету відміни земельної ділянки;

ОФ – фактичне значення;

ОП – попереднє значення;

Після обчислення всіх бонітувальних балів за всіма діагностичними ознаками визначають середньоарифметичний бал бонітету :

$$Б_{с} = \Sigma Б_{дп} / П$$

Де:  $Б_{с}$  - середньоарифметичний бал бонітету;

$\Sigma Б_{дп}$  – сума бонітувальних балів діагностичних показників;

П – кількість визначених бонітувальних балів по ділянці.

Проводимо коригування обчисленого результату на поправкові коефіцієнти та визначаємо середньозважений бал бонітету ділянки :

$$Б_{б} = (Б_{б1} + Б_{б2} + Б_{б3} + Б_{бn}) * П_{n} / П_{1} + П_{2} + П_{n}$$

Де:  $Б_{б}$  - середньозважений бал бонітету;

$Б_{б1}$ ,  $Б_{б2}$ ,  $Б_{б3}$  – різновиди ґрунтів, що становлять земельну ділянку;

$П_{1}$ ,  $П_{2}$ ,  $П_{n}$  – площі ґрунтів, що становлять ділянку.

Отже, всі наявні в Україні методики оцінки земель спираються на бонітет ґрунту, який, в свою чергою прямо пов'язаний з урожайністю, що, як зазначено на початку розділу, не відображає повною мірою поняття якості земель. Тобто на сьогодні в Україні немає методики встановлення вартості ґрунту, яка могла б використовуватись для оцінки збитків, завданих внаслідок його втрат, наприклад за ерозії, або механічного переміщення, як це відбувається, скажімо, під час будівництва. Крім того,

зафіксовані випадки навмисного зняття та переміщення верхнього гумусового горизонту ґрунтів (викрадення ґрунту) .

### ***Землі історико-культурного призначення.***

Ці землі оцінюються на основі методу співставлення, тобто перенесення на них кадастрової вартості земель садівничих об'єднань як категорії земель з найбільш розвинутим ринком земель поза поселеннями. Ця методика наразі існує у вигляді проекту і перебуває на розгляді в Держземкадастрі. Результати кадастрової оцінки земель територій, що перебувають під особливою охороною планується використовувати з метою оподаткування, у розрахунку збитку, завданого землям цієї категорії, аналізі економічних рішень, пов'язаних з переведенням земель з однієї категорії в іншу, а також для порівняння з економічними витратами, що виникають за відмови від господарського використання землі.

### **Контрольні запитання**

1. Поняття якості земель
2. Вибір показників для оцінки зміни якості земель
3. Сучасні підходи до оцінки земель в Україні
4. Перспективи введення ефективної системи оцінки та прогнозу якості земель
5. Сучасні підходи до еколого-економічної та екологічної оцінки земель

## **ГЛАВА 2. НЕГАТИВНІ ЗМІНИ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ У ПРОЦЕСІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ**

Залежно від отриманих результатів, вплив людини на природні ландшафти в цілому, та ґрунти, як один з їх компонентів, можна поділити на:

- конструктивний – тобто поліпшення властивостей ландшафтів та ґрунтів, розширене відтворення родючості;
- стабілізуючий – підтримання функціонування ландшафтів на незмінному рівні, просте відтворення родючості;
- деструктивний – руйнування природних ландшафтів, неповне відтворення родючості ґрунтів. деградація земель та ґрунтів.

Нажаль, прикладів конструктивного впливу людини на навколишнє середовище небагато, але наявний позитивний досвід конструктивних змін природних систем є підставою для оптимістичного погляду на розвиток раціонального землекористування. Таким яскравим прикладом оптимізації ландшафту є діяльність засновника кафедри фізичної географії та антропогеографії Харківського університету професора Андрія Миколайовича Краснова (1862-1914) на Колхидських землях. За 15 років, майже власними силами він перетворив Чорноморське узбережжя Грузії з фактично непридатної для життя болотистої місцевості - джерела постійної небезпеки захворювання малярією, у квітучу країну, якою Колхидська низовина відома нам сьогодні. Однак дотепер людині, у кращому випадку, вдається лише утримувати певну частину ландшафтів у відносно стабільному, незмінному стані. Значна частина земель як в Україні, так і у світі загалом продовжує руйнуватися внаслідок масштабного поширення деградаційних процесів.

Деградація ґрунтів несе великий економічний збиток, порушує екологічну рівновагу і ландшафтні зв'язки, погіршує соціальні і екологічні умови життєдіяльності людини. Ґрунти які деградують є екологічно небезпечним природним об'єктом, тому що вони гальмують виконання природно-господарчих функцій і починають ініціювати процеси загального опустелення земної поверхні і погіршення природно-кліматичних умов. Розвиток процесів деградації призводить до знищення ґрунту, створює істотні ускладнення для функціонування інших елементів екологічних систем і природи в цілому. Отже, деградація ґрунту призводить до деградації ландшафту в цілому, що характеризується терміном “деградація земель”.

## **2.1. Розвиток процесів деградації земель та ґрунтів в Україні.**

### **2.1.1. Деградація земель**

Термін “деградація” походить з латинського «degradacio», що означає погіршення. Під деградацією в широкому сенсі розуміють поступове погіршення, зниження або втрату корисних властивостей певного об'єкту, виродження, занепад. Поняття “деградація земель” та “деградація ґрунтів” термінологічно істотно розрізняються і це знайшло відображення в Українському законодавстві. Якщо деградація ґрунтів - це погіршення корисних властивостей та родючості ґрунту внаслідок впливу природних чи антропогенних факторів, то деградація земель - це природне або антропогенне спрощення ландшафту, погіршення стану, складу, корисних властивостей і функцій земель та інших органічно пов'язаних із землею природних компонентів. Отже поняття «деградація земель» більш широке, узагальнююче та комплексне, ніж «деградація ґрунту» і характеризує зміну ландшафтної системи в цілому, а не лише її ґрунтової складової.

Одним з провідних факторів формування ландшафту є кліматичні умови території, а саме – співвідношення тепла та вологи, які надходять у ландшафт. І вже похідним від них часто виступають системи землекористування, ґрунти та рослинні асоціації, які в свою чергу, є ядром біоценозу. Отже, клімат, його глобальний та регіональний характер, мікрокліматичні умови території зумовлюють якісний склад та просторову структуру ландшафтних угруповань, від яких в свою чергу залежать умови землекористування та ступінь піддатливості ґрунтів до деградації.

Одним з найпоширеніших у світі та Україні виявів деградації земель є опустелювання – тобто спрощення ландшафтів та зниження їх продуктивності. У широкому розумінні опустелювання – це явище поступового зниження біологічної продуктивності ландшафтів, внаслідок чого вони перетворюються в пустельні, або близькі до них за характером речовинно-енергетичного обміну низькопродуктивні ландшафти. Розвиток опустелювання може спричинятися, як негативними змінами гідротермічного режиму території, які, у свою чергу, можуть дещо змінюватись не лише під впливом глобальних процесів, а у наслідок зміни місцевих умов та необдуманого антропогенної діяльності.

Як правило, опустелювання поширене на аридних територіях, але посушливість клімату є не лише не єдиною, а й зовсім не обов'язковою причиною його розвитку. За оцінками експертів, частка природних, у тому числі кліматичних факторів у розвитку опустелювання складає лише близько 13%, у той час як решта 87% - це внесок антропогенних факторів (рис. 2.1.1).

Як бачимо, частина провідних факторів розвитку опустелювання може мати як природне так і антропогенне походження. Скажімо, розрідження рослинного покриву або зниження рівня ґрунтових вод. Загальною рисою, що поєднує процеси опустелювання, що відбуваються в різних ландшафтно-кліматичних зонах є не посушливість клімату, а

неможливість самовідновлення рослинного покриву, та, відповідно, розвиток низькопродуктивних ландшафтів.

### ПРИЧИНИ ОПУСТЕЛЮВАННЯ

<u>ПРИРОДНІ (13%)</u>	<u>АНТРОПОГЕННІ (87%)</u>
Нестійке та недостатнє атмосферне зволоження	Знищення рослинного покриву
Знищення або розрідження рослинного покриву	Деградація ґрунтів внаслідок недбалого землекористування
Зміна альbedo земної поверхні	Руйнування природних механізмів збереження та трансформації вологи в ландшафті
Зниження рівня ґрунтових вод	Зниження рівня ґрунтових вод

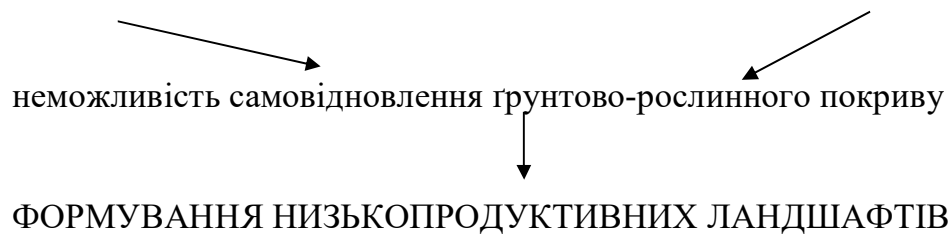


Рис. 2.1.1. – Причини та логічна схема процесу опустелювання

В Україні зона недостатнього зволоження (коефіцієнт зволоження  $K < 1$ ) на сьогоднішній день займає близько 35% території. Ця частина території найбільш вразлива для розвитку опустелювання за „аридним” сценарієм, у якому зростання посушливості території є основним фактором розвитку опустелювання (рис.2.1.2).

Однак прийнятим у КБО критеріям, щодо зарахування регіону до посушливого (коефіцієнт зволоження  $K < 0,65$ ), де зазначений шлях розвитку опустелювання є провідним, в Україні відповідає лише вузька причорноморсько-приазовська смуга на півдні України, а також Північний Крим (Барановський, 2006). До того ж, є дані, що глобальні кліматичні

зміни, які відбуваються, призведуть до вирівнювання кліматичного поля України, та покращення умов зволоження у посушливих регіонах (Васильченко, Рапцун, Трофімова. 1997).

Для більшої частини території України провідним фактором зниження продуктивності ландшафтів, а отже й опустелювання, є зниження родючості ґрунтів внаслідок повсюдної деградації ґрунтового покриву.

Розорювання земель – це докорінне перетворення ландшафту, що виявляється не лише в заміні природної рослинності штучно створеним агробіоценозом із спрощеною видовою структурою. Зміна ґрунтових режимів в процесі сільськогосподарського освоєння території призводить і до зміни мікрокліматичних умов. Дослідження, проведені Н.А. Караваєвою (2005) для підзолистих ґрунтів мішанолісової зони показали, що ґрунтовий клімат орних ґрунтів внаслідок їх землеробського освоєння стає



**Рис. 2.1.2.–Кліматичні фактори опустелювання та деякі причини їх виникнення**

більш нестійким, контрастним за зволоженням, теплозабезпеченість ґрунту різко зміщається в напрямку більш південних ландшафтних зон.

Ще наприкінці XIX ст.. В.В.Докучаєв зазначив ознаки поступового зростання посушливості умов в Степовій зоні України (Докучаєв В.В. Наши степи прежде и теперь. – М.: Сельхозгиздат, 1936.-109 с.), яка на його думку, має переважно антропогенну природу. Основні ознаки наростаючої посушливості Степу за В.В. Докучаєвим такі:

- збільшення дренажності поверхні долинами, ярами, балками і сучасними щорічними негативними проявами господарської діяльності людини: балками стоку, орними борознами при обробці уздовж схилу чи під кутом до горизонталей рельєфу;
  - ліквідація водозатримуючих западин і блюдців, які або дренажні, або зрівельовані оранкою;
  - втрата (внаслідок змиву) верхніх водотривких, водозатримуючих, ерозійно стійких шарів, тобто погіршення водних властивостей ґрунтів внаслідок їх еродованості;
  - знищення лісів – “найважливіших, найбільш надійних і вірних регуляторів атмосферних вод”;
  - втрата природної степової рослинності, яка виконує вологоутримуючу і ґрунтозахисну роль;
  - знищення в процесі сільськогосподарського використання властивої чорнозему і найбільш сприятливої для утримування ґрунтової вологи зернистої структури, в наслідок чого ґрунти легко руйнуються вітром і поверхневим стоком;
  - повсюдне “виорювання”, а отже, і повільне виснаження ґрунтів.
- Як бачимо, сучасні дослідження повністю підтверджують висунуті Докучаєвим теоретичні положення.

Важливість вирішення питання з охорони земель полягає не лише в тому, що ґрунт є основою добробуту країни, а й центральною ланкою формування екологічних умов життя людства у глобальному масштабі.

Ґрунт, атмосфера, живі організми, а також поверхневі та ґрунтові води – це нерозривно взаємопов'язані ланки колообігу енергії, вологи і хімічних речовин. Між ґрунтом та атмосферою відбувається постійний енерго- і газообмін, в якому ґрунтовий покрив виконує функцію потужного трансформатора речовинного складу повітря завдяки своїй надзвичайно високій геохімічній активності, яка, в свою чергу, значною мірою зумовлена діяльністю ґрунтової біоти.

Ґрунтове повітря, в значно більших кількостях, ніж атмосферне, містить різноманітні сполуки азоту ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ),  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$  летких органічних речовин. Так, за даними Н.П. Ремезова (1952), якщо вміст молекулярного азоту в ґрунтовому повітрі близький до атмосферного (78-80%), то вміст  $\text{CO}_2$  може складати від 0,1 до 15%, що в 3-500 разів вище, ніж в атмосфері. Кількість цих речовин в ґрунтовому повітрі залежить від активності ґрунтових мікроорганізмів, вмісту органічної речовини, лужно-кислотних та окисно-відновних умов.

Залежно від напрямку трансформаційних перетворень ґрунт може слугувати як донором, так і акцептором найважливіших парникових газів –  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CH}_4$  та оксидів азоту, що спричиняють руйнування озонового шару та глобальні кліматичні зміни. Нормальний природний процес еволюції ґрунтового покриву супроводжується консервацією в ґрунтах атмосферного вуглецю у вигляді гумусових речовин або торфу (в гідроморфних умовах) та відповідним зростанням запасів органічного вуглецю ґрунту. Мікробіологічна мінералізація органічної речовини ґрунту й застосування органічних і мінеральних добрив також супроводжується емісією  $\text{CO}_2$  та  $\text{N}_2\text{O}$  в атмосферу, що може розглядатись як один з факторів, що впливає на підвищення концентрації цих газів в

атмосферному повітрі. Мінімізація цього процесу може бути досягнута через запровадження практики землекористування і агротехнологій, які б сприяли підвищенню рівня зв'язування CO<sub>2</sub>, як за рахунок зростання продуктивності агрофітоценозів, так і накопичення гумусу у ґрунті.

Скорочення площі земель, що піддаються обробітці, запобігання ерозійним процесам також сприяють скороченню емісії парникових газів у атмосферу. Максимальна заміна технічного азоту на біологічний (інтенсифікація азотфіксації), підвищення коефіцієнту використання мінеральних добрив також сприяє зменшенню емісії N<sub>2</sub>O в атмосферу. Зв'язування CO<sub>2</sub> і азоту біомасою рослин у процесі фотосинтезу, бездефіцитний баланс органічної речовини в агроекосистемах, навпаки забезпечують накопичення їх у ґрунтах. Отже, існують механізми і заходи, які сприяють пом'якшенню негативного впливу господарської діяльності як на стан ґрунтів, так на глобальні і локальні зміни клімату.

В процесах консервації або емісії вуглекислоти зміна вмісту гумусу в 20-сантиметровому шарі ґрунту на 0,1% еквівалентна 3,81 т/га CO<sub>2</sub>. Розорювання земель закономірно призводить до дегуміфікації, надалі цей процес уповільнюється, але без застосування спеціальних агротехнічних прийомів та комплексного захисту ґрунтів від ерозії процес втрати гумусу буде продовжуватись. Аналіз динаміки вмісту гумусу в ґрунтах України, зроблений на підставі даних агрохімічних обстежень (Охорона родючості ґрунтів / Мат. міжнар. наук.-практ. конф. "40 років: від агрохімічної служби до служби охорони родючості ґрунтів". – Мінагрополітики України. – Вип.1. – К.: Аграрна наука, 2004. – 231 с.) показує фактично повсюдне поширення процесів дегуміфікації в Україні. Темпи втрат гумусу прямо залежать від загального його вмісту в ґрунтах – природно більш гумусовані ґрунти втрачають, в абсолютних значеннях більшу кількість гумусу, ніж ґрунти бідніші на гумус. За останні 40 років орні землі в Україні втратили від 0,1 до 0,4% вмісту гумусу.

Отже, гумус є не лише найважливішою складовою ґрунту, а й може слугувати, з одного боку, критерієм якості землекористування, а з другого – мірилом вартості ґрунтовідновних заходів.

Нажаль, безгосподарське, нищівне ставлення до ґрунтів не історія, а сувора дійсність. Темпи щорічних втрат родючих земель у світі в цілому зростають прямо пропорційно росту населення, що в свою чергу, зумовлює зростання інтенсивності використання земель. Якщо середньо історичний темп втрат ґрунтів становить приблизно 0,2 млн. га в рік, то за останні 300 років він сягає вже 2,3 млн. га/рік (втрачено 700 млн. га); з них 300 млн. га загублені протягом останніх 50 років із середньорічним темпом 6,0 млн. га. Зростання технологічної потужності виробництва призводить до зростання навантаження на ґрунти та прискорює їх руйнування. Сьогодні родючі ґрунти втрачаються людиною в результаті цілої низки процесів різної природи, які призводять до однаково економічно несприятливих для людини наслідків і за цією ознакою поєднуються під назвою “деградація ґрунтів”.

### **2.1.2. Дегградація ґрунтів.**

Дегградація ґрунтів визначається як погіршення корисних властивостей та родючості ґрунту внаслідок впливу природних чи антропогенних факторів.

Інколи під дегградацією розуміють також зниження родючості ґрунтів внаслідок довготривалих природних процесів – наприклад опідзолення чорноземів внаслідок глобальних змін клімату та наступу лісів (Реймерс Н.Ф. Природопользование. Словарь-справочник. — М.: «Мысль», 1990. — 639 с.) На нашу думку такі, суто природні явища, є виявом еволюції або розвитку ґрунтового покриву та їх не варто відносити до дегградаційних. Зазвичай дегградація ґрунтів має природно-антропогенну природу. Людська діяльність виступає як спусковий гачок, який, порушуючи рівновагу в

грунтовій системі, або в ландшафті загалом спричиняє лавиноподібні природні процеси, що призводять до переходу системи на новий, як правило, менш сприятливий для людини рівноважний рівень. Фактично деградація – це реакція ґрунтової системи на виведення її з рівноваги.

Залежно від сили порушення та характеру системних зв'язків, яких стосуються зовнішні зміни, система може або адаптуватися до зовнішніх впливів, підтримуючі певний рівень рівноваги, або самоорганізовуватись, переходячи на новий рівноважний рівень, який зазвичай характеризується меншою сумарною внутрішньою енергією, ніж попередній. Як правило процеси самоорганізації мають незворотній характер, тоді як на рівні авторегуляційного підтримання рівноваги, зміни в системі є зворотними, оскільки реакція системи може бути спрямована як в один, так і в другий бік. Прикладом таких зворотних процесів є, приміром, гумусоутворення в ґрунті: зменшується кількість органічних решток та зростає аерація – відзначається дегуміфікація ґрунтів, зростає кількість свіжоутвореної органічної речовини – дегуміфікація припиняється та запаси гумусу в ґрунті навіть можуть поповнюються.

Водночас незворотними є глибокі зміни в ґрунтово-поглинальному комплексі ґрунтів при їх засоленні, трансформація високодисперсної мінеральної частини ґрунтів, ерозія ґрунтового покриву, тощо. Оскільки деградація – це негативна зміна ґрунтової родючості ці два поняття тісно взаємопов'язані. Фактично деградаційні процеси – це процеси зміни одного чи декількох взаємопов'язаних факторів природної родючості.

Отже, негативна зміна будь-якого фактору родючості відбувається внаслідок одного або кількох взаємопов'язаних деградаційних процесів (табл. 2.1), зазвичай виявляється раніше, ніж можна помітити зміни гранулометричного складу, за більш лабільними ґрунтовими показниками.

Ми знаємо, що ґрунт – це єдина система тісно пов'язаних між собою компонентів, тобто жоден з деградаційних процесів не відбувається в

ґрунті незалежно, кожен з них тою, чи іншою мірою стосується ґрунтового тіла загалом, спричиняючи його негативні зміни, а отже й розвиток інших деградаційних процесів. Наприклад – втрата ґрунтом гумусу (дегуміфікація) призводить до погіршення фізичних властивостей ґрунтів (фізичної деградації), а отже й повітряного та водного режимів, що спричиняє підсилення ерозії. Але ж ступінь комплексності впливу окремих деградаційних процесів на ґрунт, та частина ґрунтового тіла, що найбільше змінюється під їх впливом, та відповідно здатність ґрунту протидіяти розвитку деградації значно різняться залежно від природи деградаційного процесу.

Таблиця 2.1

## Зміна природних факторів родючості при основних видах деградації ґрунтів

Фактор родючості	Деградаційний процес	Сутність процесу	Прояв деградації
Гумус	Дегуміфікація	Зменшення вмісту і запасів гумусу в ґрунті, внаслідок переважання процесів мінералізації гумусових речовин над гумусоутворенням та втрат гумусу, що спричинені водною та вітровою ерозією тощо	Освітлення верхнього гумусово-аккумулятивного горизонту; розпилення структурних окремоностей; ущільнення ґрунту, утворення ґрунтової кірки.
	Ерозія ґрунту	Руйнування поверхневих шарів ґрунту потоками води (водна ерозія), або вітром (дефляція) переміщення та перевідкладення ґрунтових часток	Зменшення або повна втрата гумусовоаккумулятивного горизонту; скорочення профілю; освітлення, побуріння верхнього генетичного горизонту, формування на поверхні ґрунту наносів дрібнозему.
Хімічний склад	Забруднення (хімічне, радіонуклідне, біологічне)	Нагромадження в ґрунтах внаслідок зовнішнього надходження або утворення на місці небезпечних кількостей хімічних речовин, токсичних для людини, ґрунтової біоти, або таких, що змінюють стан ґрунту – важких металів, пестицидів, радіонуклідів, нафтопродуктів, нітратів, фторидів, біологічно активних фітотоксичних речовин, що спричиняють ґрунтовому тощо	Зниження біопродуктивності, або нагромадження токсичних елементів у рослинах, зміна рухомості ґрунтових колоїдів та відповідна зміна структурного стану ґрунту

## Продовження таблиці 2.1

Фактор родючості	Деградаційний процес	Сутність процесу	Прояв деградації
	Засолення	Нагромадження розчинних солей у ґрунтах, збільшення їх концентрації в ґрунтовому розчині внаслідок підняття мінералізованих ґрунтових вод у межах ґрунтового профілю, зрошування мінералізованими ґрунтовими водами, розлиття мінералізованих розчинів.	Вицвіти солей на поверхні ґрунту або поверхні структурних окремоостей; утворення ґрунтової кірки та брилистої структури.
Хімічний склад	Вторинне осолонцювання ґрунтів	Насичення вбирного комплексу ґрунтів обмінним натрієм та/або магнієм. Содоутворення, підвищення рН ґрунту, пептизація колоїдів ґрунту.	Різка зміна фізичних властивостей ґрунту – знеструктурення, поява брилистості, підвищення щільності, та твердості ґрунту, липкості та здатності до набрякання. Прояви фітотоксичності соди та високих рН.
	Декальцинація	Зниження вмісту Са у в ґрунтовому вбирному комплексі та підвищення вмісту обмінних катіонів $H^+$ та $Al^{3+}$ ; зниження рН ґрунту внаслідок випадання кислих атмосферних опадів; довгострокового незбалансованого внесення фізіологічно кислих мінеральних добрив.	Втрата гумусу, освітлення верхнього горизонту ґрунту; поява борошністої крем'янки на структурних окремостях; розчинення та винесення карбонатів в нижні горизонти ґрунтового профілю

Продовження таблиці 2.1

	Озалізнення	Формування у ґрунті щільного рудякового (насиченого сполуками $Fe^{3+}$ ) горизонту внаслідок окислення $Fe^{2+}$ до $Fe^{3+}$ на кисневому геохімічному бар'єрі, що формується при осушення гідроморфних ґрунтів в нижній частині їх профілю	Утворення в ґрунтах щільного, водонепроникного рудякового горизонту іржаво-бурого кольору, погіршення водно-фізичних властивостей ґрунтів, вторинне заболочування
Структура, щільність	Фізична деградація	Втрата агрономічно-цінної структури; розпилення ґрунту; утворення плужної підшви внаслідок використання важкої сільськогосподарської техніки, та інтенсивного технологічного навантаження на ґрунт. Руйнування структури як результат деградаційних процесів, що вище згадувалися.	Зниження водопроникності; ущільнення ґрунту; погіршення водно-повітряного режиму; зменшення протиерозійної стійкості.
Водно-повітряний і температурний режими	1)Фізична деградація;	Зниження водопроникності та повітропроникності ґрунту внаслідок переущільнення, злитизації, та втрати агрономічно цінної структури	Запливання ґрунту після дощу, утворення кірки, зростання частки поверхневого стоку, антропогенна посуха, або ж замокання рослин
	2)Підтоплення, вторинний гідроморфізм;	Збільшення вологонасиченості ґрунтів; оглеєння генетичних горизонтів; оторфовування рослинних решток; розвиток відновних процесів.	Високий рівень підґрунтових вод; застій води на поверхні ґрунту; злитизація; поява ознак оглеєння генетичних горизонтів; утворення оторфованого горизонту на поверхні ґрунту.

Продовження таблиці 2.1

Будова профілю	Ерозія	Руйнування поверхневих шарів ґрунту потоками води (водна ерозія), або вітром (дефляція) переміщення та перевідкладення ґрунтових часток	1) Скорочення профілю (еродовані та ґрунти; 2) Утворення на поверхні ґрунту наносів (намиті та навіяні ґрунти)
	Спрацювання торфового шару	Скорочення профілю торфових ґрунтів внаслідок мінералізацію торфу та ущільнення торфового шару в осушених торфово-болотних ґрунтах та торфовищах.	Скорочення профілю, ущільнення ґрунту, зростання частки мінеральної частини аж до перетворення органогенних ґрунтів на мінеральні.
Мікро-біологічна активність	Біологічне забруднення, Хімічне забруднення	1)Зниження мікробіологічної активності ґрунтів та зниження кількості корисної ґрунтової мікрофлори на тлі зростання чисельності фітопатогенних мікроорганізмів внаслідок незбалансованого використання високих доз мінеральних добрив. недостатнього надходження органічних решток у ґрунт 2) Зростання чисельності патогенних мікроорганізмів, шкідників та	
Рослинність	Біологічне забруднення,	1)забур'яненості полів 2) розрідження рослинного покриву внаслідок погіршення ґрунтових умов та/або зволоження	1) зниження врожайності; 2) послаблення ґрунтозахисної дії рослин та здатності рослин затримувати та перерозподіляти вологу, що викликає підсилення деградації ґрунтів.

Характер наслідків деградації ґрунтів в природно-екологічному аспекті виявляється за такими основними напрямками:

а) зменшується потужність шару, в якому йде активне сучасне ґрунтоутворення, падає акумуляція органічної речовини в ґрунті, погіршується структура ґрунту, склад її поглинального комплексу, кислотно-лужні властивості;

б) порушуються, змінюються в негативному напрямку вологообмін, газообмін і теплообмін у системі приземний шар повітря - наземна біосфера - ґрунт - підґрунтя;

в) уповільнюється формування рослинної маси і надходження кисню до атмосфери, слабшає зв'язування атмосферного вуглецю, підсилюється перехід вуглецю з ґрунту до атмосфери, що обумовлює цілу низку негативних екологічних наслідків;

г) погіршуються умови життєзабезпечення чисельних мешканців ґрунту (мікроорганізми, мезофауна тощо), а в кінцевому рахунку - і всієї сукупності живих організмів, у тому числі і людини.

Господарські функції ґрунту змінюються також у негативний бік:

а) зменшується продуктивність ґрунту як об'єкта сільськогосподарського використання від 5-10%, за слабших ступенів деградації до 25-30% і більше за істотніших її виявів;

б) ще більше підвищуються витрати на виробництво одиниці сільськогосподарської продукції;

в) погіршуються властивості ґрунту в плані його придатності до лісорозведення, зменшується приріст деревини та її якість;

г) деякі види деградації, наприклад, заболочення (підтоплення) і засолення ґрунтів, погіршують властивості ґрунту як об'єкта будівельних робіт.

## 2.2. Оцінка ступеня деградації ґрунтів. Матричний принцип класифікації деградаційних процесів

Під ступенем деградації ґрунтів розуміється певна характеристика їх стану, яка кількісно відображає погіршення складу і властивостей. Кінцевий ступінь деградації – це знищення ґрунтового покриву, тобто результатом зміни комплексу його властивостей і природних режимів є повна втрата функцій ґрунту, як елементу екологічної системи і об'єкту господарського (передусім сільськогосподарського) використання, а інколи - погіршення якості земель як просторового базису розміщення виробничих сил і соціальних об'єктів.

Оцінку ступеня деградації ґрунтів проводять трьома способами:

- порівнюючи деградований ґрунт з еталоном.

Еталон це значення певного показника, або параметр, характерний для цілих ґрунтів, сформованих у типових для даної місцевості умовах.

- порівнюючи параметри ґрунтів, що досліджуються з аналогічними фоновими параметрами.

Фон (фоновий вміст, фонове значення) це середнє значення певного показника, характерне для недеградованих ґрунтів даної території.

Такий підхід використовується, зазвичай, при оцінці забруднення ґрунтів, або інших змін їх хімічного складу.

- за абсолютними показниками якості ґрунту (незважаючи на природні властивості ґрунтів), при цьому використовують спеціально розроблені та стандартизовані нормативи якості ґрунтів.

Норматив – значення показника, що відповідає “нормальному”, або безпечному стану ґрунту, за якого забезпечується стабільний рівень ґрунтової родючості та отримання якісної сільськогосподарської продукції (якість якої відповідає нормам).

Використовується тоді, коли неможливо послугуватися фоновими або еталонними показниками – наприклад, під час забруднення радіонуклідами або речовинами, яких у нормальних природних умовах у ґрунті немає – пестицидами, нафтопродуктами, тощо. Нормативи також використовують і для визначення оптимальної кількості поживних речовин у ґрунті, безпечного рівня ґрунтових вод тощо, тобто для оцінки процесів, які, у природних умовах можуть мати несприятливий для людини наслідок.

Кожен із цих підходів застосовується залежно від виду деградації, наявності нормативів або можливості використання еталонних значень.

Об'єднання абсолютно різних за своєю фізичною та фізико-хімічною природою процесів, що мають неоднакові причини виникнення та закономірності розвитку під однією назвою «деградаційні процеси» зумовлює необхідність їх чіткої класифікації. Метою будь-якої класифікації є насамперед узагальнення та систематизація існуючих уявлень про явище, що класифікується через розділення всього масиву об'єктів або явищ на групи, внутрішньооднорідні за певною ознакою. Стосовно деградації ґрунтів, незважаючи на певні кроки в цьому напрямку, єдиної класифікації деградаційних процесів на сьогодні немає. Можна відзначити, що загальною рисою сучасних підходів до класифікації деградаційних процесів є їх групування за характером переважаючого негативного процесу, або групою ґрунтових параметрів, що змінюються внаслідок деградації.

Так, Р.С.Трускавецький зі співавторами (Система агроекологічного моніторингу торфових земель (методичні рекомендації). - Харків, 1995. - 34 с.) деградаційні процеси поділяє на групи:

- механічна - вітрова й водна ерозія, ущільнення ґрунту;
- біохімічна – дегуміфікація, спрацювання осушених торфовищ;

- хімічна – озалізнення, окарбоначення, осолонцювання, підкислення і декальцинація;

- радіологічна – радіонуклідне забруднення.

В.В. Медведєв (Медведєв В.В. Мониторинг почв Украины. Концепция, предварительные результаты, задачи. Харьков: ПФ «Антиква», 2002. – 428 с.) виділяє такі типи деградації ґрунтів:

- фізична - ерозія, переущільнення, втрата структури, зміна режиму вологості - аридизація чи гідроморфізація;

- хімічна - дегуміфікація та забруднення ґрунтів

- фізико-хімічна - процеси погіршення властивостей ґрунтів внаслідок проходження різноманітних обмінних реакцій: декальцинація, підкислення, підлуження, осолонцювання.

- біологічна - комплекс процесів, які призводять до істотної зміни мікробіологічного пулу чи до перевтоми ґрунту.

Виснаження ґрунту на поживні елементи інколи називають також агрохімічною деградацією.

Гранулометричний склад, як фактор родючості є найбільш консервативним параметром ґрунту, його зміни можуть відбуватися або в разі свідомого перетворення ґрунту людиною (піскування важких ґрунтів, внесення глинистих матеріалів на піщаних ґрунтах тощо), або ж за катастрофічної деградації ґрунтового покриву, яка зазвичай виявляється раніше, ніж можна помітити зміни гранулометричного складу, за більш лабільними ґрунтовими показниками.

Цілинний ґрунт еволюціонує за принципом стійкої нерівноваги. Тобто, використовуючи зовнішні джерела енергії, розвивається як негентропійна система, постійно вдосконалюючи та ускладнюючи свою структуру та підвищуючи запаси внутрішньої енергії. Антропогенне втручання є лише поштовхом, який запускає цілком природній механізм самоорганізації ґрунту, що переводить його у стан, який є стійкішому

нових змінених умовах. Як правило, цей стан характеризується нижчим рівнем сумарної внутрішньої енергії ґрунтової системи, що на нашу думку, виявляється у втраті найбільш енергомістких речовин – в першу чергу гумусу, а на більш глибоких стадіях деградації - і лабільних глинистих мінералів, а також у зниженні складності системи, її внутрішнього різноманіття, що виражається у диспергації та злитизації ґрунтової маси, втраті біорізноманіття, спрощенні будови гумусових сполук, підвищенні кількості неупорядкованих змішано-шаруватих мінералів тощо.

Отже, хоча всі деградаційні процеси призводять до зниження родючості ґрунтів та (або) послаблення їх здатності виконувати важливі екологічні функції, ступінь зміни ґрунту при різних видах деградації може принципово розрізнятися. Так, одні з деградаційних процесів лише частково змінюють ґрунт, і ці зміни не переводять його в іншу класифікаційну групу, другі – можуть істотно змінити ґрунт на рівні виду, роду та навіть підтипу, а треті - здатні повністю знищити ґрунт як природне утворення. Крім того, на різних стадіях свого розвитку деградаційні процеси мають різний ступінь зворотності, під якою ми розуміємо можливість самовідновлення ґрунтів за відносно короткий проміжок часу після припинення зовнішнього впливу на ґрунт.

Крім того, деградаційні процеси найчастіше, розвиваються в комплексі, коли на одній тій самій ділянці діагностується одночасно декілька видів деградації, з яких один є первинним (причиною), а інші – вторинними (наслідком). Зрозуміло, що боротьба із наслідками, якщо не подолати причину, буде марнотратством. Так, наприклад, марно намагатися відновити гумус на землях, що активно еродуються, та намагатися покращити водно-повітряний режим без відновлення запасів гумусу.

За ступенем перетворення ґрунтової системи у її деградації (від чого, власне, й залежить ступінь зворотності процесу), можна виділити:

- процеси, що мають коливальний характер. Тобто має місце несприятливе підсилення, або зміщення рівноваги процесів, яким притаманна природна циклічність (зміни вмісту гумусу, поживних речовин, видового складу мікрофлори, ущільнення-розущільнення ґрунту, тощо). Такі процеси, якщо вони не є вторинними, як правило є повністю зворотними, оскільки при створенні оптимальних умов для функціонування ґрунтової системи вона швидко самовідновлюється;

- процеси, що супроводжуються докорінною перебудовою внутрішньої структури ґрунту (змінюється інваріант ґрунту) – зміни у складі вбирного комплексу ґрунтів, високі ступені забруднення та інші зміни хімічного складу ґрунтів, що виходять за межі системної динаміки, зміни високодисперсної мінеральної частини ґрунту. Такі процеси мають переважно односпрямований характер, та є важко зворотними, або, якщо процес зайшов за межу стійкості ґрунту - незворотними.

- процеси, що викликають (або ним супроводжуються) повне руйнування ґрунту (ерозія, механічне переміщення ґрунтового шару). Це, відповідно, абсолютно незворотна деградація ґрунту.

Оскільки побутує одночасно декілька підходів до групування деградаційних процесів, ми вважаємо перспективним використати матричний підхід до класифікації деградаційних процесів. Такий спосіб класифікації має широке використання в науці, наприклад, класифікація геохімічних бар'єрів О.І.Перельмана (Перельман А.И. Геохимические барьеры в зоне гипергенеза. – М.: Изд-во Моск. Ун-та, 2002. – 287 с.). Класифікаційна матриця, що пропонується нами, створена через доповнення класичного поділу деградації на види за основними параметрами ґрунту, які найістотніше змінюються в процесі деградації, розділенням відповідних процесів на групи за ступенем їх зворотності (табл. 2.2). Пропонуємо виділення таких груп:

- незворотна деградація (ерозія ґрунту, радіонуклідне забруднення довговічними ізотопами та забруднення токсичними мінеральними речовинами, що не піддаються біодеградації, середній та сильний ступінь осолонцювання, засолення ґрунтів), спрацювання торфовищ; Це найнебезпечніша група явищ, боротьба з якими має бути першочерговою, та носити профілактичний характер.

- слабозворотна деградація ґрунтів (процеси, після зупинення яких ґрунт можливо повернути в стан, близький до початкового, за умов докладання значних зусиль) – слабкі ступені забруднення ґрунтів, початкові стадії осолонцювання;

- повністю зворотна деградація, тобто процеси, які можуть проходити в ґрунтах за достатньо короткої для економічного відновлення родючості ґрунту термін – дегуміфікація, забруднення органічними речовинами, та біогенними елементами, біологічне забруднення, декальцинація карбонатних ґрунтів, знеструктурення ґрунтів, переущільнення. Ця група явищ, відповідно, найменш небезпечна та боротьба з ними найчастіше належить до комплексу заходів з профілактики деградаційних явищ першої групи.

Відповідно до поданого в таблиці 2.2, вид деградації кодується латинською літерою, а група – цифрою, які в сукупності дають тип деградації. Отже деградація типу  $H_2$  означає високий ступінь дегуміфікації ґрунту,  $C_1$  – слабкий та середній ступінь переущільнення тощо.

Для створення класифікаційної матриці за ступенем відновлюваності деградаційних процесів були використані 3 ступеня деградації. За 5-бальної шкали оцінки переведення її у 3-бальну відбувається за такою схемою: слабкий ступінь деградації – 1 клас, середній – 2-3 клас, високий – 4-5 клас.

Як діагностичні критерії оцінки ступеня деградації у попередньому наближенні пропонується використовувати критерії, розроблені

В.М. Шептуховим зі співавторами (1997) та ННЦ „Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. А.Н. Соколовського” (1998) (табл. 2.3- 2.4).

Питання потенційної можливості відновлення деградованих ґрунтів та ступеня можливого відновлення на сьогодні лишається відкритим для більшості деградаційних процесів. Такі процеси, що суттєвим чином змінюють саму сутність ґрунту, його інваріант, наприклад через зміни в колоїдному комплексі ґрунту або його мінеральній частині, імовірно є необерненими, або обмежено оберненими, як наприклад осолонцювання ґрунтів, яке полягає в насиченні вбирного комплексу ґрунту натрієм, та відповідно докорінній зміні властивостей ґрунтових колоїдів. Для того, щоб впевнено робити висновки про зворотність таких процесів та кількісну межу цієї зворотності необхідне узагальнення тривалих дослідів з меліорації та окультуренню таких деградованих ґрунтів. На цьому етапі ми лише можемо зробити попередні висновки, спираючись на накопичений досвід.

Так, зрозумілим є те, що відновлення еродованого ґрунту є потенційно можливим, але за високих темпів ерозії, що перевищують норму змиву в декілька разів ми впевнено можемо називати цей процес незворотним, знаючи, що темпи щорічного відновлення ґрунту внаслідок природного ґрунтоутворення сягають для ґрунтів різного генезису від 0,1-0,5 мм/рік.

Так само й відновлення засолених та осолонцюваних ґрунтів на сьогодні, незважаючи на багаторічний успішний досвід меліорації має лише обмежений ефект. Як підкреслює А.В.Новикова (1999) рівень розвитку науки в ХХ ст. такий, що наявним прийомам меліорації ще не під силу докорінно змінити ґрунтоутворення та ліквідувати солонцевий процес.

Таблиця 2.2

## Матриця класифікації деградаційних процесів, що пропонується

Ступінь оберненості (група)		Високий (обернена)	Середній (важко обернена)	Низький (необернена та майже необернена)
Процес (вид)				
Водна ерозія ґрунтів	E			прискорена всіх ступенів
Дефляція	D			всіх ступенів
Дегуміфікація	H	слабкого та середнього ступеня	високого ступеня	
Спрацювання осушених торфовищ	T			всіх ступенів
Фізична деградація:				
Переущільнення	C	слабкого та середнього ступеня	високого ступеня	
Зміна агрегатного складу	St	слабкого ступеня	середнього та високого ступеня	
Засолення ґрунтів	Sl		слабкого та середнього ступеня	високого ступеня
Осолонцювання ґрунтів	N		слабкого та середнього ступеня	високого ступеня
Підлуження	L	залежно від природи		
Підкислення	A	слабкого та середнього ступеня	високого ступеня	
Забруднення ґрунтів:				
Біогенами, нафтопродуктами, пестицидами	bP	слабкого та середнього ступеня	високого ступеня	
Важкими металами	mP	слабкого ступеня	середнього ступеня	високого ступеня
Іншими неорганічними речовинами	chP	слабкого ступеня	середнього ступеня	високого ступеня
Радіонуклідами	rP		слабого та середнього ступеня	високого ступеня
Біологічне забруднення	B	слабкого та серед. ступенів	високого ступеня	

Таблиця 2.3

## Система показників ступеня деградації ґрунтів

Показники	Ступінь деградації				
	0	1	2	3	4
Потужність абіотичного (неродючого) наносу, см	<2	3-10	11-20	21-40	>40
Глибина провалів відносно поверхні (без розриву суцільності), см	<20	20-40	41-100	101-200	>200
Зменшення вмісту фізичної глини, %	<5	6-15	16-25	26-32	>32
Підвищення рівноважної щільності орного шару ґрунту, %	<10	11-20	21-30	34-40	>40
Міжагрегатна шпаруватість, см <sup>3</sup> /г	>0,2	0,11-0,20	0,06-0,10	0,02-0,05	<0,02
Внутрішньоагрегатна шпаруватість, см <sup>3</sup> /г	>0,3	0,26-0,3	0,2-0,25	0,17-0,19	<0,17
Коефіцієнт фільтрації, м/добу	>1,0	0,3-1,0	0,1-0,3	0,01-0,1	<0,01
Кам'янистість, % вкриття	<5	6-15	16-35	36-70	>70
Зменшення ґрунтового профілю (Н+Нр+Ph), %	<3	3-25	26-50	51-75	>75
Зменшення запасів гумусу в профілі ґрунту, %	<10	11-20	21-40	41-80	>80
Площа ґрунтоутворюючої породи, що виходить на поверхню, %	0-2	3-5	6-10	11-25	>25
Глибина розмивів і рівчаків відносно поверхні, см	<20	21-40	41-100	101-200	>200
Розчленованість території яругами, км/км <sup>2</sup>	<0,1	0,1-0,3	0,4-0,7	0,8-2,5	>2,5
Дефляційний нанос неродючого шару, см	<2	3-10	11-20	21-40	>40
Площа "вільних" пісків, %	0-2	3-5	6-15	16-25	>25
Вміст токсичних солей в орному шарі, %:					
- за участю соди	<0,1	0,11-0,20	0,21-0,3	0,31-0,5	>0,5
- для інших типів засолення	<0,1	0,11-0,25	0,26-0,5	0,51-0,8	>0,8
Збільшення токсичної лужності (при переході до лужного типу засолення), мг-екв./100 г ґрунту	<0,7	0,71-1,0	1,1-1,6	1,7-2,0	>0,2
Збільшення вмісту обмінного натрію, % від ємності катіонів	<5	5-10	10-15	15-20	>20
Збільшення вмісту обмінного магнію, % від ємності катіонів	<40	41-50	51-60	61-70	>70
Підйом підґрунтових вод до глибини, м:					
- в зоні перезволоження (<1 г/л)	>1,0	0,81-1,0	0,61-0,80	0,31-0,60	<0,3
- в зоні Степу (<3 г/л)	>4,0	3,1-4,0	2,1-3,0	1,0-2,0	<1,0
Термін затоплення (поверхневого перезволоження), міс.	<3,0	4-6	7-12	13-18	>18
Зменшення шару торфу (мм/рік)	<1	1-2,5	2,6-10	11-40	>40
Втрати ґрунту за рік, т/га	<5	6-25	26-100	101-200	>200
Площа бедлендів, % від загальної площі	<10	11-30	31-50	51-70	>70
Вкриття рослинністю на кормових угіддях, %	>90	71-90	51-70	10-50	<10

Таблиця 2.4

## Діагностичні критерії ступеню деградації ґрунтів

№ п/п	Критерії, показники, одиниці виміру	Недеградований ґрунт	Ступінь деградації		
			Слабкий	Середній	Сильний
1	Еродованість ґрунту, Кегп	1-1,05	1,05 – 1,15	1,16 – 1,20	>1.2
2	Щорічний змив ґрунту	n*	1,5n- 3n	3-7n	>7n
3	Засоленість ґрунтів, вміст токсичних солей в еквівалентах Cl (мекв/100 г ґрунту)	<0,3	1,3-1,5	1,5-3,5	>3,5
4	Осолонцювання ґрунтів: вміст поглинутих Na + K, % від суми обмінних катіонів				
	важкі ґрунти	<3	3-6	6-10	>10
	легкі ґрунти	<5	5-8	8-12	>12
	aNa/ $\sqrt{aCa}$	<1	1-3	3-7	>7
5	pH водний	<7,8	7,8-8,5	8,5-9,0	>9,0
6	Підлучення ґрунтів:				
	HCO <sub>3</sub> ,-Ca, мекв/100г ґрунту	<0,5	0,5-1,0	11,0-2,0	>2,0
	CO <sub>3</sub> , мекв/100г ґрунту	0	до 0,3	0,3-0,9	>0,9
	pH-pNa	0	4-5	5,0-5,5	>5,5
7	Гумусний стан ґрунтів: зменшення вмісту гумусу, % від вихідного	0	< 5	5-20	>20
8	Агрофізичний стан ґрунтів:				
	Структурно-агрегатний склад, вміст повітряно-сухих агрегатів (0.25-10.0 мм), %	>70	60-70	40-60	<40
	Вміст водостійких агрегатів (> 0.25 мм),%	>45	35-45	25-35	<25
10	Рівноважна щільність, г/куб.см, важкі ґрунти	<1,3	1,3-1,4	1,4-1,6	>1,6
	легкі ґрунти	<1,3	1,3-1,5	1,5-1,6	>1,6
11	Забруднення ґрунтів:				
	Важкими металами - сумарний показник забруднення ґрунтів (Zc), мг/кг ґрунту	<16	16-32	32-128	>128
	Радіаційне забруднення (за Cs <sup>137</sup> )				
12	легкі мінеральні ґрунти	на рівні фону	<1,0	1,0-3,0	3,0-15,0
	важкі мінеральні ґрунти		<1,0	1,0-6,0	6,0-15,0
	торфові ґрунти		<0,5	2,0-4,0	2,0-4,0
13	Глибина ґрунтових вод	глибше критичної	глибше критичної	критична	менше критичної
14	Мінералізація ґрунтових вод, г/л	не враховується	не враховується	<3	>3

### **2.3. Приклад комплексної оцінки процесів деградації ґрунтового покриву (спосіб визначення ступеня еродованості ґрунту за вмістом в ньому рухомого марганцю)**

Особливістю процесів деградації ґрунтів є їх комплексний характер, що зумовлює взаємозалежність та парагенезис окремих деградаційних процесів. Це, з одного боку ускладнює прогноз розвитку окремих процесів деградації, а з другого дає можливість для їх комплексної діагностики та врахування. Як приклад такої комплексної оцінки наведемо розроблену нами методичку діагностики еродованості ґрунтів на основі оцінки просторової неоднорідності ступеня біогенного накопичення марганцю в орному шарі незмитих, та імовірно змитих ґрунтів.

#### *Спосіб оцінки ступеня еродованості ґрунтів за ступенем біогенної концентрації марганцю*

Серед процесів деградації ґрунтів провідне положення за розповсюдженням та збитками, які спричиняються господарству належить ерозія ґрунтового покриву. Одним з найскладніших завдань, вирішення якого потребують успішна боротьба з ерозією ґрунтів та ефективне капіталовкладення в протиерозійні заходи є коректна діагностика ступеня еродованості ґрунтів. Руйнування та видалення поверхневих шарів ґрунту внаслідок процесів ерозії призводить до зміни властивостей орного шару змитого ґрунту, та наближення їх до властивостей нижчерозташованих ґрунтових горизонтів. Так, зменшується прояв процесів біогенної акумуляції ряду хімічних елементів та відбувається вирівнювання їх вмісту за профілем ґрунту. Тому ступінь контрастності профільного розподілу біофільних хімічних елементів може бути використана для діагностики ступеня еродованості ґрунтів.

Методика визначення еродованості ґрунтів за ступенем біогенної акумуляції марганцю в орному шарі базується на порівнянні ступеня

профільної неоднорідності вмісту марганцю в ґрунтах, еродованість яких визначається, та фоновому незмитому ґрунті-еталоні. Цей спосіб має свої переваги перед існуючими аналогами, наприклад способом визначення еродованості ґрунтів за вмістом фракційного складу фосфатів по генетичних горизонтах профілю ґрунту (Булігін, 1998). По-перше, на результати діагностики майже не впливає використання традиційних мінеральних добрив, по-друге, визначення вмісту рухомого марганцю є дешевшим та простішим аналізом, ніж визначення фракційного складу фосфатів, крім того, кількість зразків з одного розрізу скорочується втричі.

Спосіб, що пропонується придатний для діагностики ступеня еродованості автоморфних ґрунтів, які утворилися на геохімічно однорідній ґрунтоутвірній породі під переважним впливом дернового процесу ґрунтоутворення – чорноземів, чорноземів опідзолених, темно-каштанових ґрунтів. На території, що досліджується закладають ряд ґрунтових розрізів, глибиною 2 м, які репрезентують ґрунти на рівні підтипу. Усі розрізи мають бути закладені на ділянках, що мають однаковий тип господарського використання. Не можна закладати розрізи поблизу смітників, гноєсховищ, силосних ям тощо. Щонайменше три розрізи мають репрезентувати незмитий ґрунт – їх розташовують на вододілі, де ерозії не відбувається. Кількість та розташування розрізів, для яких встановлюється ступень еродованості визначається експертним шляхом залежно від місцевих умов. Ґрунтові зразки вагою не менше 50-ти г відбираються наступним чином: в незмитих (еталонних) ґрунтах – суцільною колонкою через 10 см, у інших розрізах - з ґрунтоутвірної породи нижче глибини залягання видимих карбонатних утворень відбирають 3 зразки (суцільною 30-сантиметровою колонкою через 10см); з верхнього 20-сантиметрового шару ґрунту відбирається 2 разки – 0-10 см та 10-20 см розрізів суцільною колонкою через 10 см відбираються зразки

грунту. Зразки породи зі схилових розрізів використовують для контролю геохімічної однорідності ґрунтотворних порід території обстеження. У разі, коли доведена геохімічна однорідність території можна обмежитись відбором зразків з орного шару, за допомогою пробовідбірника, без закладання розрізів. Зразки готують до аналізу загальноприйнятим методом. У підготовлених зразках у 3-разовому повторенні визначають вміст рухомого марганцю. Вміст марганцю визначається за атомно-абсорбційним у витяжці 1 н НСІ. Середнє значення вмісту марганцю для ґрунтотворної приймають за Сф (фонове), середнє значення, розраховане для орного шару по кожному з розрізів – за Сі (вміст марганцю у ґрунті). За критерієм геохімічної однорідності вибраковуються з аналізу дані по розрізах, у яких вміст марганцю в породі виходить за межі довірчого інтервалу для 95%-го ступеня вірогідності.

Ступень біогенного накопичення марганцю в кожній з точок контролю визначають через розрахунок відповідних елювіально-аккумулятивних коефіцієнтів Кеа за формулою:

$$Ke_i = C_i / C_f,$$

де Сі - вміст Мп в орному шарі (або шарі 0-20 см) і-тої точки спостережень;

Сф - фоновий вміст Мп у ґрунтотворній породі.

Отримані дані піддаються статистичній обробці з метою визначення типових параметрів щодо нееродованих ґрунтів, за якими в подальшому вирішується питання належності обстежених ґрунтів до еродованих. Для цього розраховується довірчий інтервал для Кеа нееродованих ґрунтів, причому, що більше даних буде залучено в аналіз, то точнішими будуть визначені межі довірчого інтервалу. Якщо значення Кеа, розрахованого для ґрунту, еродованість якого діагностується менше нижньої межі довірчого інтервалу, цей ґрунт відноситься до еродованих. Для того, щоб визначити ступінь еродованості ґрунтів, слід вибирати по кілька типових за ступенем змитості розрізів, в яких визначити ступінь еродованості за

морфологічними ознаками ґрунту (традиційна методика), розрахувати відповідні довірчі інтервали для слабо-, середньо – та сильноеродованих ґрунтів. Отримані значення довірчих інтервалів використовувати для оцінки ступеня еродованості ґрунтів території досліджень.

### **Приклад застосування.**

Запропонований спосіб був використаний на території господарства "Комунар" Харківського району Харківської області (Лівобережний Лісостеп, Україна). На території площею 40 га було закладено 18 розрізів, з яких 4 - розташовані на плакорній частині території, 14 - на схилах південно-східної та північно-західної експозиції. Попередні дослідження виявили, що ця територія геохімічно однорідна. Одночасно проводили оцінку ступеня еродованості ґрунтів за морфологічними ознаками ґрунтового профілю та за методом, що пропонується.

Для орного шару по всіх розрізах був розрахований елювіально-аккумулятивний коефіцієнт марганцю. Середнє значення  $K_{ea}$  марганцю для нееродованих ґрунтів становило 2,57, статистично розрахований для незмитих ґрунтів довірчий інтервал зміни  $K_{ea}$  для 95% вірогідності перебуває в межах 1,75 - 3,38, фактичні значення  $K_{ea}$  перевищують значення 2,1 (табл. 2.5). Для інших 14 розрізів отримані значення  $K_{ea}$  марганцю в орного шарі в межах від 1,20 до 1,80.

Значення  $K_{ea}$  для всіх розрізів, окрім рр.№ 13, 17 та 18 були за межами довірчого інтервалу для нееродованих ґрунтів, отже всі ці розрізи закладені на еродованих ґрунтах. Такий висновок повністю підтверджений морфологічною будовою профілю означених ґрунтів (таблиця 2.6).

Отже на підставі отриманих даних визначено, що розрізи № 13, 17 та 18 репрезентують незмиті ґрунти, до слабо- та середньозмитих віднесені розрізи №№ 5, 6, 7, 8, 10, 11, на сильнозмитих ґрунтах закладено розрізи № 9, 12, 14, 15, 16.

Таблиця 2.5

**Елювіально-аккумулятивні коефіцієнти марганцю для орного шару**

№ розрізу	Кеа Мп в орному шарі	№ розрізу	Кеа Мп в орному шарі	№ розрізу	Кеа Мп в орному шарі
контроль (нееродовані ґрунти)		ґрунти, що діагностувалися			
		5	1,65	12	1,20
1	3,30	6	1,50	13	1,80
2	2,12	7	1,75	14	1,48
3	2,48	8	1,60	15	1,42
4	2,40	9	1,46	16	1,35
середнє	2,57	10	1,64	17	1,76
		11	1,75	18	1,76

Таблиця 2.6

## Коротка характеристика досліджених розрізів

№ розрізу	Морфологічний опис		Ступінь змитості за даними обстеження	К <sub>еаі</sub> для орного шару	№ розрізу	Морфологічний опис		Ступінь змитості за даними обстеження	К <sub>еаі</sub> для орного шару
	Горизонт	Глибини				Горизонт	Глибини		
1	aHe Hpi Ph P(h)i Pk	0-32 32-53 53-73 73-117 >117	Незмитий	3,30	43a	aH HP Ph P Pk	0-33 33-54 54-78 78-111 >111	Незмитий	2,40
11	aHe Hpi Phi P(i) Pk	0-33 33-50 50-71 71-101 >101	Незмитий	2,12	15	adnHe+HPi+Phi	0-32 32-73	Середньо-змитий	1,5
48a	aH HP Ph P Pk	0-32 32-55 55-78 80-105 >105	Незмитий	2.48	57a	aH HP Ph P Pk	0-31 31-52 52-61 61-83 >83	Слабозмитий	1,75
57в	adnH+HP HP Ph P Pk	0-31 31-48 48-69 69-83 >83	Середньо-змитий	1,65	57б	adnH HP Ph P	0-30 30-38 38-62 62-74	Середньо-змитий	1,60
					23	adnH+HP+Ph Ph Pk	0-30 30-52 >52	Сильно-змитий	1,46

Продовження табл. 2.6

№ розрізу	Морфологічний опис		Ступінь змитості за даними обстеження	Kea <sub>i</sub> для орного шару	№ розрізу	Морфологічний опис		Ступінь змитості за даними обстеження	Kea <sub>i</sub> для орного шару
	Горизонт	Глибини				Горизонт	Глибини		
476	adnH+HP HP Ph/k Pk	0-30 30-51 51-70 >70	Середньо-змитий	1,64	27	adnH+HP Ph P Pk	0-26 26-40 40-86 >86	Сильно-змитий	1,48
616	adnH+HP HP Ph P Pk	0-32 32-41 41-67 67-88 >88	Слабо змитий	1,75	28	adnH+HP+Ph Ph Pk	0-23 23-49 >49	Сильно-змитий	1,42
22	adnHe+Hpi Pi Pk	0-30 30-58 >58	Сильно-змитий	1,20	67в	adnH+HP+Ph Ph Pk	0-28 28-57 >57	Слабозмитий	1,35
52	aH Hp HP Ph Pk	0-34 34-52 52-70 70-92 >92	Незмитий	1,80	43	adnH+HP HP Ph Pk	0-33 34-51 51-80 >80	Незмитий	1,76
					49а	aH HP Ph Pk	0-33 33-59 59-92 >92		1,76

## **Контрольні запитання**

1. Деградація земель
2. Деградація ґрунтів
3. Оцінка ступеня деградації ґрунтів
4. Матричний принцип класифікації деградаційних процесів
5. Система показників ступеня деградації ґрунтів
6. Діагностичні критерії ступеню деградації ґрунтів
7. Приклад комплексної оцінки процесів деградації ґрунтового покриву

## ГЛАВА 3. СТІЙКІСТЬ ҐРУНТУ ЯК ОСНОВА ОЦІНКИ ЙОГО ЯКОСТІ

### 3.1. Стійкість як фундаментальна властивість ґрунтової системи

У повсякденному житті поняття стійкості об'єкта зазвичай пов'язують з його здатністю займати стійке положення на земній поверхні, тобто бути стійким по відношенню до сили тяжіння. Наприклад, стілець зі зламанною ніжкою не викликає бажання сісти на нього, говорять, що він нестійкий або ж, мовою фізики, неврівноважений.

У фізиці положення, в яких сили, що діють на тіло, взаємозрівноважуються, називають станами рівноваги. У реальних умовах на будь-який об'єкт, що знаходиться в стані рівноваги впливають невраховані випадкові сили, які порушують рівновагу сил і викликають рух тіла.

Ілюстрацією стійкої рівноваги може бути положення кульки на увігнутій підставці (рис. 3.1, а): при відхиленні кульки від стану рівноваги (найнижче положення) сила  $F_1$ , яка є рівнодієючою сили пружності  $F$  та сили тяжіння  $P$ , повертає кульку до положення рівноваги.

В інших випадках змінена комбінація сил може спричинити подальше відхилення тіла від положення рівноваги, що призведе до зміни положення об'єкта в просторі. Таке положення рівноваги називають нестійким.

Кулька на опуклій підставці, якщо її вивести з рівноважного положення (найвища точка підставки), рівнодієючою силою буде все більше віддалятися від положення рівноваги (рис. 3.1, б). Така рівновага нестійка.

Отже для стійкості необхідно, щоб за відхилення тіла від положення рівноваги виникали сили, які повертають тіло до початкового положення.

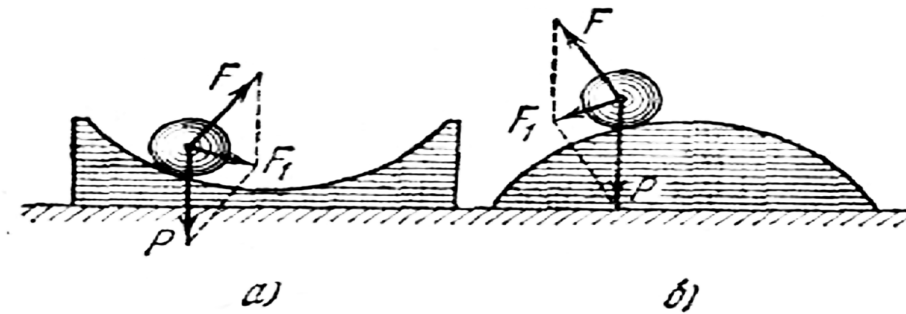


Рис 3.1. Стійка (а) та нестійка (б) рівновага кульки на поверхні

Відносно природних систем (геосистем) визначення поняття стійкості значно варіюється в нюансах формулювань, але збігається в інтуїтивному розумінні цього явища. Наведемо деякі визначення:

- здатність утримувати і відновлювати структуру після порушення (Сочава, 1978);
- здатність повертатись після збурення до початкового стану (Арманд, 1988);
- здатність активно зберігати свою структуру і характер функціонування у просторі і часі (Куприянова, 1983; Преображенский, 1982).

Враховуючи все розмаїття геосистем, складність їх структури та відміни в функціонуванні, такі варіювання є недивними. Справді, навряд чи доцільно розглядати стійкість річної мережі та лісу з одних і тих самих позицій. Зміст поняття “геосистема” як, до речі, і її межі та структуру, треба визначати, виходячи з огляду на поставлене завдання досліджень.

Як зазначає М.Д. Гродзинський (1995), поняття стійкості набуває визначеності, якщо задані:

- інваріант геосистеми, її “я”;
- деяка область станів геосистеми;

- фактор або група факторів стосовно до дії яких аналізується стійкість геосистеми;

- часовий інтервал для якого аналізується стійкість.

Передусім зупинимось на понятті “інваріант”. Цей термін був уведений для природних систем у 1963 році В.Б. Сочавою. Під інваріантом розуміють такі фундаментальні ознаки або властивості системи чи об’єкта, що визначають її індивідуальність, без яких система, так би мовити, перестає бути собою.

У точних науках інваріантом трикутника буде обов’язкова наявність у фігури трьох кутів, тобто число 3. Щодо природних систем настільки чітких визначень поки що не встановлено. Важко, наприклад, навести однозначні кількісні ознаки за якими ми можемо відрізнити ліс від парку. Завжди будемо мати деякі перехідні варіанти між цими класами об’єктів.

Реально інваріанти природного об’єкта можна оцінити у вигляді інтервальних параметрів, тобто як деякі діапазони значень, ознаки, зміни у межах яких вважаються варіантними, а перехід через які свідчить про трансформацію геосистеми у інший тип (Пузаченко, 1983).

Другою умовою для дослідження стійкості геосистеми є визначення області станів, в яких система може перебувати зберігаючи свій інваріант і виконуючи при цьому певну функцію яка нас цікавить.

Поняття допустимості відхилення системи від рівноважного стану, а відповідно і поняття її стійкості, пов’язане з певною функцією, яку має виконувати система. Наприклад, цілина як система одночасно знаходиться в нормальному, стійкому з точки зору природності, але недопустимому з господарської точки зору стані, оскільки при цьому неможливо одержувати сільськогосподарську продукцію.

Інший приклад – коли ґрунт в зоні забруднення розглядається не як засіб одержання врожаю, а як своєрідний ландшафтний фільтр - затримувач забруднюючих речовин. У такому випадку увага фахівців буде

сконцентрована переважно на здатності ґрунту вбирати в себе забруднення без погіршення його ландшафтних функцій.

Головним аспектом, який заважає узгодженню всіх думок та чіткому визначенню поняття “стійкості ґрунту” є той факт, що ґрунт - це основне джерело для одержання продовольства і відповідно ставлення до його стійкості буде відрізнятись від ставлення, наприклад, до стійкості заповідних ландшафтів.

Розорювання цілинного ґрунту та його подальше сільськогосподарське використання виводять ґрунт зі стійкого рівноважного стану, що, з одного боку, дає отримувати врожай, а з другого - стає причиною розвитку цілого спектру негативних процесів – дегуміфікації, ерозії, переущільнення, втрати структури тощо.

Отже, для задовільнення своїх потреб людина вимушена:

*по перше*, виводити ґрунт зі стану рівноваги (наперед усім енергетичної) завдяки обробітку, внесенню добрив, меліорантів, застосуванню пестицидів, зрошенню і т.п.;

*по-друге*, намагатись зберегти ґрунт у стані за якого він не втрачатиме властивих йому характеристик та функцій (інваріантів), найважливішою з яких є родючість.

Тобто для людини головною функцією ґрунту є його агрофункція. Ефективність її реалізації може бути визначена через завдання інтервалу допустимих значень функції.

Нижньою межею такого інтервалу буде мінімально допустима врожайність, отримавши яку, ще можна мати чистий прибуток від її реалізації, а верхньою, відповідно, максимальна врожайність, яка буде економічно виправдана.

Отже, з агрофункціональної точки зору, стійкість ґрунту - це його здатність тривалий час зберігати родючість в економічно вигідних межах при відсутності погіршення якості продукції. Отже, стосовно орних ґрунтів, поняття стійкості ґрунту може використовуватись лише умовно,

враховуючи, що стабільне їх функціонування можливо тільки за умов постійного антропогенного надходження додаткової енергії (антропогенної енергетичної субсидії), що підтримує стійкий нерівноважний стан ґрунтової системи. Повернення ж ґрунту до стійкої рівноваги є економічно небажаним. Отже, стійкість сільгоспугідь поза їх використанням немає практичного сенсу та може розглядатися лише в разі необхідності повернення родючості деградованим ґрунтам шляхом їх тимчасової консервації.

Третя умова визначення стійкості геосистеми потребує визначення факторів, по відношенню до дії яких аналізується стійкість геосистеми. Це положення не потребує докладних коментарів. Зрозуміло, що стійкість ґрунту до ерозії та вторинного засолення буде залежати від різних його властивостей і не може бути зведена до єдиного знаменника. Уже згадана вище стійкість до забруднення може розглядатися через співвідношення таких властивостей ґрунтів, як ємність поглинання та фільтраційна здатність, тоді як протиерозійна стійкість ґрунту залежить у першу чергу від його агрегаційної здатності.

Четвертою умовою є визначення часового інтервалу в межах якого аналізується стійкість геосистеми. Ця умова тісно пов'язана з поняттями еволюції та динаміки природного об'єкта. Зміни геосистем у часі можуть бути зворотними та незворотними, відповідно до цього розрізняють два види часових змін геосистем – динаміку та розвиток.

Динаміка – це зворотні, циклічні зміни геосистеми в часі, які багаторазово повторюються на протязі її існування та не призводять до зміни характеру геосистеми, тобто динамічні зміни системи не змінюють її інваріанти.

Розвиток – це односпрямовані в часі, незворотні зміни системи, раптові або ж, найчастіше, поступові, внаслідок яких система поступово перетворюється у іншу, тобто змінюються, або втрачаються інваріанти системи.

Будь-який розвиток не є прямолінійним. За напрямком розвиток можна поділити на прогресивний та регресивний (Мильков Ф.М. Физическая география. Учение о ландшафте и географическая зональность. - Воронеж, 1986. - 327 с.). Прогресивний розвиток – це зміни в системі від простого до складного, від нижчого до вищого. Регресивний розвиток – навпаки, це рух від складного до простого, від вищого до нижчого. Як прогресивний, так і регресивний розвиток не є поверненням системи до станів, в яких вона вже колись знаходилась, як то відбувається при динамічних змінах. Е.Ф.Малевич (1972) вказував, що регрес являє собою процес якісного оновлення системи, але з тою специфічною особливістю, що рівень організації новоутворень нижчий, за рівень вихідних форм.

Визначити, в якому саме напрямку розвивається система можна, на думку Ф.М.Мількова (1986), можна використовуючи три критерії оцінки процесу, що корегують та доповнюють один одного, а саме:

- зростання чи зменшення біологічної продуктивності;
- ускладнення або спрощення структури;
- ріст або зниження стабільності системи.

Прогресивний розвиток відбувається, якщо система змінюється в напрямі зростання біопродуктивності та ускладнення структури. Регресивний, відповідно – в напрямі спрощення структури та зменшення біопродуктивності. Щодо стабільності систем однозначного висновку зробити не можна.

Клімаксий ліс є стійкою геосистемою, незважаючи на те, що на протязі року він істотно змінює як зовнішній вигляд, так і режим функціонування. Восени припиняється вегетація, опадає листя, навесні – знову бурхливий сплеск життєвих процесів. Такий механізм сезонної динаміки дає змогу лісу пережити зиму та “відновитись” навесні, і зрештою, забезпечує довготривалу стійкість лісової геосистеми.

Прикладом розвитку геосистеми є формування ґрунтового покриву. Як відомо, чорноземні ґрунти України сформувались впродовж останнього

післяльодовикового періоду (10 тис. років тому). За цей період вони неодноразово змінювались відповідно до змін ґрунтоутворюючих факторів, і насамперед клімату. Так, В.П. Золотун (1974) вважає, що в суббореальний період (2,5-5 тис. років тому), клімат якого був більш посушливим та континентальним, аніж зараз, сучасні звичайні чорноземи були південними, а темно-каштанові ґрунти – каштановими. Зрозуміло, що така еволюція ґрунту аж ніяк не вказує на його нестійкість за цей проміжок часу.

Отже, стійкість будь-якої геосистеми має визначатись за термін, що характеризується однорідністю або циклічністю факторів середовища. Наприклад, стійкість чорноземів України необхідно розглядати в часовому інтервалі останніх 2,5 тис. років (суббореальний період), який характеризується відносною стабільністю кліматичних та біотичних ґрунтоутворюючих факторів при незмінності решти.

Виходячи із зазначеного, стійкість об'єкта (ґрунту) можна визначити інакше – як його здатність зберігати свої інваріанти під дією зовнішніх факторів.

Механізми, що обумовлюють таку здатність об'єкта, можуть бути пов'язані з його інертністю, тобто “вагою” певного параметру по відношенню до сили впливаючого фактору (аналогом буде маса кульки), або наявності процесів, які будуть повертати систему до первісного стану (аналог - сила ваги).

Наприклад протиерозійна стійкість ґрунту як системи може визначатись: 1) масою окремих часток ґрунту по відношенню до енергії (сили) водного потоку; 2) швидкістю ґрунтоутворення по відношенню до втрат за певний проміжок часу.

Певною мірою прикладом ґрунту, який знаходиться у рівновазі з середовищем (тобто природно стійки), є цілинний ґрунт (рис. 3.2).

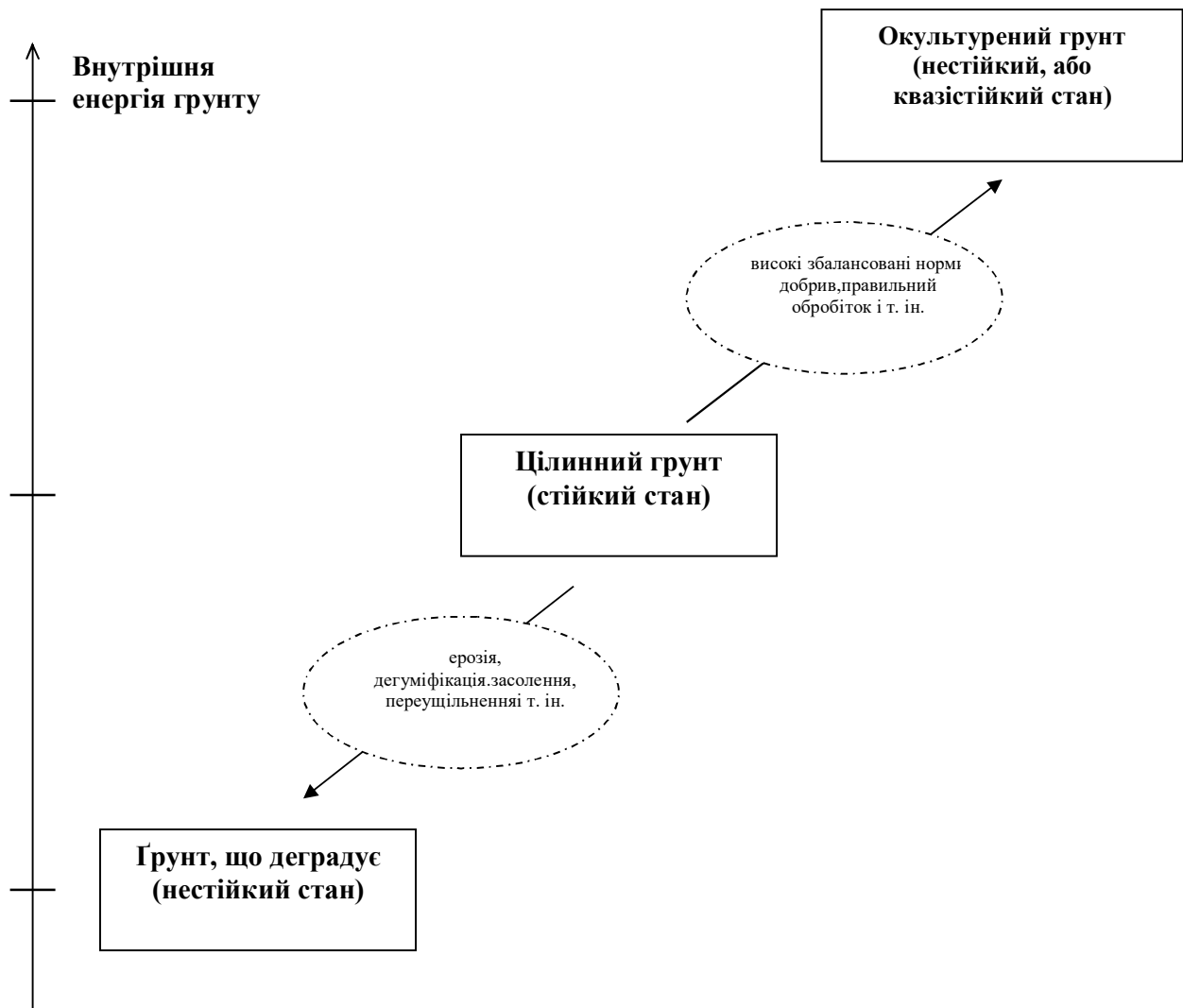


Рис. 3.2. – Схема зміни станів ґрунту

Використовуючи ґрунт в господарських цілях, людина виводить його з рівноваги. При цьому ґрунт може або переходити на більш високий енергетичний рівень – тобто стає “окультуреним” (за умов внесення високих норм добрив, грамотного обробітку і т. ін.), або ж деградувати внаслідок нераціонального землекористування і відповідно знизити свою енергію як системи.

В обох випадках ґрунт буде перебувати в нестійкому стані. Природне середовище через ґрунтоутворюючі фактори буде намагатись надати ґрунту стійкості, тобто повернути його до первісного цілинного стану.

Природні процеси, спрямовані на повернення ґрунту до рівноважного стану (аналог сили F1 на рис. 3.1) можуть бути як корисними (позитивними) так і шкідливими (негативними) з точки зору господарського використання ґрунтів. Так, ґрунти, що зазнали деградації в більшості випадків здатні поступово самовідновлюватись, якщо їх використання припиняється. У цьому випадку процеси самовідновлення ґрунту є, безперечно, корисними, які людина прагне підтримувати та всіляко прискорювати, як це робиться, наприклад, при рекультивації порушених земель. Водночас, окультурені ґрунти, наприклад дерново-підзолисті, в яких штучно було підвищено вміст гумусу, поживних речовин, зменшена кислотність тощо, після припинення інтенсивної підтримки людиною достатньо швидко повертаються до первісного стану. Цей процес, за сутністю тотожний до самовідновлення людиною сприймається як негативний, такий, з яким слід боротися.

Зупинимось на деяких особливостях такої зміни станів ґрунту.

*По-перше*, процес переходу ґрунту з нижнього енергетичного рівня до первісного в часовому відношенні буде значно тривалішим, ніж його перехід з “окультуреного” стану до первісного.

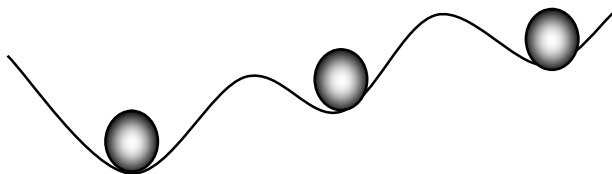
Той факт, що порушені ґрунти все ж здатні до самовідновлення, пояснюється унікальністю ґрунту як дисипативної системи, його здатністю до консервації енергії та локального зменшення зростання ентропії.

*По-друге*, треба пам'ятати, що при виведенні ґрунту зі стану рівноваги за рахунок кількісно (енергетично) однакових, але якісно різних деградаційних процесів результати можуть повністю відрізнятись.

Припустимо, що існує два негативні впливи – ерозія і засолення, обидва процеси з погляду енергетики рівнозначні. Тобто кулька (ґрунт) відхилена нами від стійкого положення на однакову відстань.

У разі фізичних аналогій в обох випадках кулька повернеться до стану рівноваги за однаковий час. Однак для природних об'єктів ситуація буде зовсім інша. За ерозійного порушення, ґрунт дійсно поступово

повернеться до рівноважного стану. Однак під час вторинного засолення, яке, на жаль, часто трапляється при непередуманому зрошенні, ґрунт не повернеться до первісного стану ніколи.



**Рис. 3.3. – Стійкість ґрунту на різних енергетичних рівнях**

У цьому разі ми говоримо, що система докорінно змінилась, вона набула принципово нових рис. Поява в ґрунтово-поглинальному комплексі чорнозему значної кількості іонів натрію перетворює його в принципово інший ґрунт – солонцюватий. Розсолення таких ґрунтів, наприклад шляхом вимивання солей, не повертає їх до первісного стану, а перетворює в також нові ґрунти – осолоділі. Тобто змінюється інваріант ґрунту.

Графічно це можна відобразити як переміщення кульки з однієї зони стійкої рівноваги до іншої, але тієї яка перебуває на нижчому рівні (рис. 3.3).

Зазначимо, що можливий і зворотній процес – перехід кульки на новий стійкий енергетичний рівень. Прикладом можуть бути ґрунти давніх терас Вірменії, Індії, Китаю, В'єтнаму, які в результаті вдалого керування людиною не тільки не деградували, але стали родючішими порівняно з зональними природними аналогами.

Постає закономірне питання: як можна порівняти між собою різні ґрунти за ступенем їх стійкості? Найбільш універсальним еквівалентом до якого можна звести будь-які процеси є енергія.

Будь-яке навантаження на ґрунт, як і природні зовнішні впливи, може бути виражене у енергетичному еквіваленті, при цьому ґрунт

виступає як система, до якої енергія надходить, в якій переробляється та з якої виходить у тому чи іншому вигляді.

У рівноважній, сталій системі “вхід” дорівнює “виходу”. Якщо ґрунт перебуває на стадії розвитку, формування (зокрема в процесі окультурення), то частина енергії консервується, тобто накопичується в системі як гумус, вторинні мінерали, детрит тощо. Руйнування, деградація ґрунтової системи при інтенсивному обробітку відбувається, внаслідок того, що процеси дисипації енергії починають переважати над її концентрацією, тобто “вихід” стає більшим ніж “вхід”.

Для дослідження енергетичних станів ґрунту будемо користуватись моделлю “чорного ящика”, системи, знання про яку обмежуються лише її входами і виходами, тобто зовнішніми впливами та реакціями системи на них.

Знову повернемося до цілиного чорнозему як ґрунту, що знаходиться в стійкому стані (рис. 3.4). Визначимо енергетичний стан такого ґрунту як  $C_0$ .

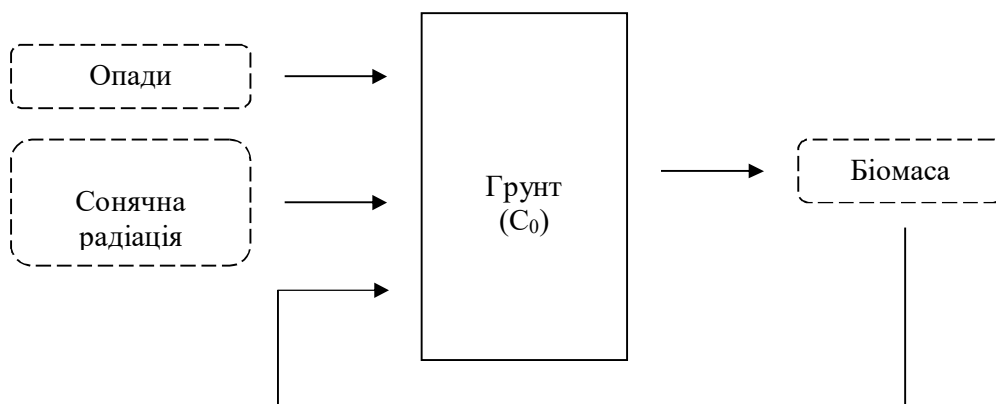
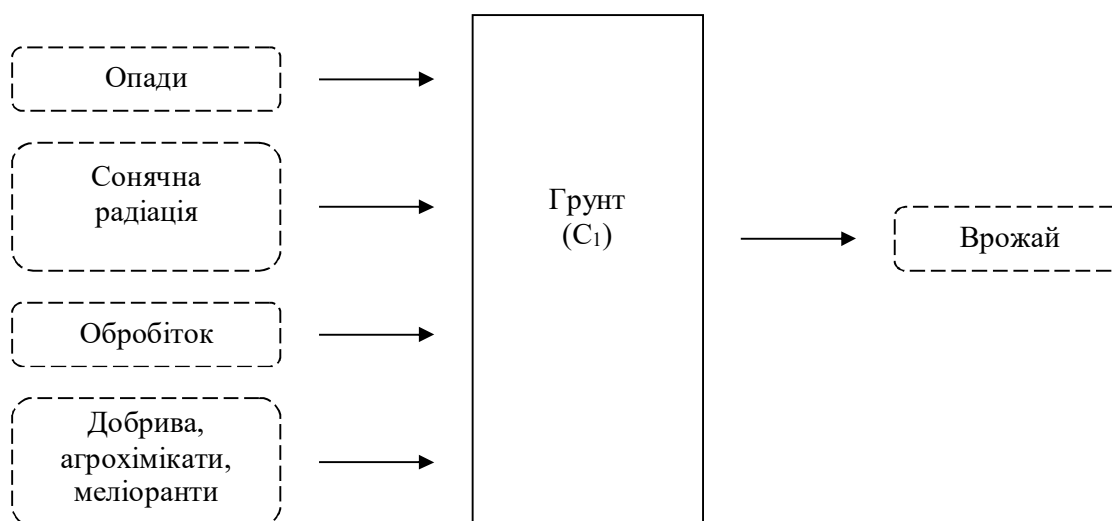


Рис. 3.4. – Схема основних статей енергетичного балансу в цілиному автоморфному ґрунті

Припустимо, що ґрунт починає використовуватись у сільськогосподарських цілях. Внаслідок введення в систему додаткової енергії ґрунт переходить в квазістійкий стан (рис. 3.5). Як бачимо, до вхідних статей системи додалися обробіток ґрунту та внесення добрив.

Виходом системи залишається врожайність, яка зростає в порівнянні з виходом цілинної системи. Енергетичний стан даного ґрунту позначимо як  $C_1$ . За регулярного підтримання людиною вхід системи ( $B_1$ ) дорівнюватиме виходу ( $B_2$ ) за винятком неминучих втрат енергії під час її переходів з одного виду в інший. Будемо вважати ці втрати за константу та надалі залишати за дужками.



**Рис. 3.5. – Схема основних статей енергетичного балансу в орному автоморфному ґрунті**

Припустимо, що надалі від ефективної високотехнологічної системи обробітку переходять до низькоефективної, зокрема норма внесення добрив зменшується до мінімуму. У результаті ґрунт починає використовувати внутрішні енергетичні резерви, передусім – гумус.

Якщо ситуація зберігається впродовж тривалого періоду відбувається виснаження ґрунту: зменшення валового вмісту гумусу, поживних речовин, погіршення агрофізичних властивостей і т. ін. Загальна

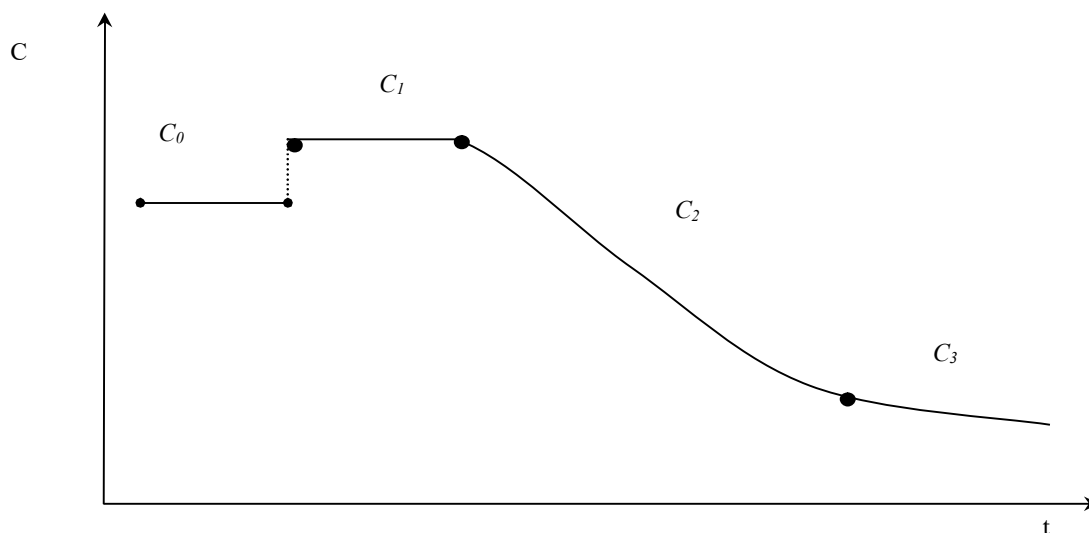
енергія даної системи ( $C_2$ ) зменшиться порівняно з попереднім етапом ( $C_2 < C_1$ ). Вхід до системи, як і раніше буде збалансований з виходом, за винятком неминучої дисипації енергії, але система перейде на більш низький енергетичний рівень.

Графічно зміни в енергетичному стані ґрунту можна показати як графік (рис.3.6), який описується функцією нелінійного виду:

$$f(t) = C_1 + t \cdot (\Delta C / \Delta t)$$

де:  $t$  – час;  $C_1$  – енергетичний стан ґрунту на момент розорювання цілини або переходу до незбалансованого господарювання.

Відрізок  $C_0$  на графіку відповідає енергетичному стану цілинного ґрунту – система знаходиться в природній рівновазі. Відрізок  $C_1$  характеризує стан ґрунту при ефективному високотехнологічному господарюванні – система в квазістійкій рівновазі за рахунок постійного антропогенного введення енергії. Відрізок  $C_2$  – енергетичний стан ґрунту при неефективному господарюванні. В цьому випадку система знаходиться в нестійкому стані. Відрізок  $C_3$  характеризує стан деградованого ґрунту.



**Рис. 3.6. – Схема змін енергетичного рівня ґрунту при різних інтенсивностях антропогенного впливу**

**3.2. Оцінка стану ґрунту з позицій ступеня його стійкості**

Поняття стійкості ґрунту залежить від позиції, з якої вона розглядається та від факторів, які впливають на ґрунт. Як вже було зазначено, для людства найважливішою функцією орних ґрунтів є їх здатність продукувати врожай, тобто агрофункція.

Отже, стійкість ґрунтів залежатиме від їх генетичних особливостей, специфіки природних умов та, особливо, від специфіки господарського впливу людини. Наприклад, ґрунти легкого гранулометричного складу мають низьку протиерозійну стійкість через погане структуроутворення, але є достатньо стійкими проти вторинного засолення через гарну водопроникність.

Виникає необхідність знайти інтегральний показник, який здатний характеризувати загальну стійкість ґрунту. Побудова такого показника та метод його розрахунку може ґрунтуватись на функції бажаності Харрінгтона.

Метод дає змогу перейти від значення будь-якої іменованої змінної до безрозмірної оцінки ступеня бажаності цього значення. За цим надалі визначається інтегральна оцінка бажаності стану системи. При соціально-функціональному аспекті аналізу геосистем оцінка бажаності інтерпретується як ступінь оптимальності стану системи для виконання певних функцій, в нашому випадку – агрофункції.

Функція бажаності Харрінгтона широко використовується в теорії планування експерименту для оцінки реакції систем до дії різних факторів (Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. — М.: Наука, 1976. — 279 с.). У природничих науках вона використовувалась для комплексної оцінки

реакції водної екосистеми на вплив забруднень (Федоров, 1978), визначення нормальності та оптимальності стану геосистем (Гродзинський, 1995), для комплексної оцінки еволюції родючості ґрунтів (Гринченко, Егоршин, 1984).

Наведемо основні етапи реалізації цього методу в модифікації М.Д. Гродзинського.

Для змінної ( $X$ ) геосистеми визначаються її найбільш бажане (оптимальне) значення –  $X(1,0)$  та її найбільш небажане (найгірше) значення  $X(0,0)$ . Цим значенням відповідають оцінки бажаності  $d=1$  для  $X(1,0)$  та  $d=0$  для  $X(0,0)$ .

Задається граничнодопустиме значення змінної  $X'$ . Цьому значенню відповідає оцінка бажаності  $d=0,37$ .

Визначається тип залежності досліджуваної змінної  $X$  з оцінкою  $d$  її бажаності (оптимальності). Виділяють три загальні типи цієї залежності. Перший тип залежності являє собою S-подібну симетричну криву; другий - S-подібну асиметричну криву з швидким наростанням бажаності одразу від  $X(0,0)$  та відносно широким інтервалом значень  $X$ , які відзначаються високою бажаністю; третій тип - S-подібна крива з вузьким діапазоном бажаних значень змінної  $X$  та повільним наростанням бажаності від значення  $X(0,0)$ .

Критерії визначення цих типів залежності  $d=f(x)$  можна сформулювати так: залежність зараховують до першого типу, якщо виконується умова:  $|X' - X(0,0)| = 0,45 |X(1,0) - X(0,0)|$ ; до другого типу, якщо:  $|X' - X(0,0)| < 0,45 |X(1,0) - X(0,0)|$ ; до третього типу при:  $|X' - X(0,0)| > 0,45 |X(1,0) - X(0,0)|$

Для кожної змінної  $X$  розраховується відповідно до її значення оцінка  $d$  ступеню оптимальності, причому розрахункові формули залежать від встановленого в п.3 типу залежності  $d=f(x)$ .

Для залежностей 1-го та 2-го типів застосовується формула:

$$d = \exp \left[ - \exp \left[ -1 \cdot \left[ 9 \cdot \left| \frac{X_{(0,0)} - X}{X_{(1,0)} - X} \right|^a - 2 \right] \right] \right]$$

Для першого типу залежностей показник ступеня  $a$  дорівнює  $a=1,927$ . Для залежностей другого типу цей показник розраховується за формулою:

$$a = \frac{-1,5}{\ln|X' - X_{(0,0)}| - \ln|X_{(1,0)} - X|}$$

Для залежностей третього типу застосовується наступна формула розрахунку  $d$ :

$$d = 1 - \exp \left[ - \exp \left[ -1 \cdot \left[ 9 \cdot \left| \frac{X_{(1,0)} - X}{X_{(1,0)} - X} \right|^a - 2 \right] \right] \right]$$

Показник ступеня  $a$  для даної формули розраховується за виразом:

$$a = \frac{-1,177}{\ln|X' - X_{(0,0)}| - \ln|X_{(1,0)} - X_{(0,0)}|}$$

Після проведення оцінки ступеня оптимальності стану геосистеми з по окремих характеристиках (змінних) розраховується інтегральний показник стану геосистеми ( $D$ ):

$$D = \sum b_i \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n d_i^{b_i}}$$

де:  $d_i$  – ступінь оптимальності значення  $i$ -тої змінної геосистеми,  
 $b_i$  – оцінка суттєвості  $i$ -тої змінної ( $0 < b_i < 1$ ), причому найістотнішій змінній присвоюється  $b=1$ ;  $n$  – число змінних

Показник D змінюється від 0 до 1, до того ж чим ближче до 1 його значення, тим бажанішим є стан геосистеми.

Важливою властивістю шкали Харрінгтона є її відповідність психологічним уявленням дослідника щодо ступеню бажаності того чи іншого стану.

Шкала розділена стандартними позначками на ступені бажаності стану системи (табл. 3.1). Так, наприклад, значення  $d=0,37$  відповідає межі допустимих значень бажаності.

Таблиця 3.1

### Градація ступеню оптимальності стану геосистеми

<b>Значення D</b>	<b>Градація бажаності за Харрінгтоном</b>	<b>Якісна градація стану геосистеми за Гродзинським</b>
1-0,8	дуже добре	оптимальний
0,8-0,63	добре	цілком допустимий
0,63-0,37	задовільно	умовно допустимий
0,37-0,20	погано	небажаний
0,20-0	дуже погано	абсолютно недопустимий

Виходячи з цього, можна об'єктивізувати визначення градацій оптимальності стану геосистеми за значенням інтегральної оцінки стану D.

Розглянемо приклад реалізації вищевикладеної методики для оцінки стану ґрунту, який характеризується 4-ма змінними (Гродзинський, 1995): вмістом гумусу, вмістом солей у водній витяжці, кількості обмінного натрію та щільністю ґрунту.

Таблиця 3.2

**Значення різного рівня оптимальності для чорнозему звичайного  
(за Гродзинським, 1995)**

<b>Змінна стану ґрунту</b>	<b>X</b>	<b>X(1,0)</b>	<b>X(0,0)</b>	<b>X'</b>
Вміст гумусу в орному шарі, % (X <sub>1</sub> )	3,1	6,0	0,5	2,0
Вміст солей у водній витяжці, % (X <sub>2</sub> )	0,28	0,10	1,20	0,40
Обмінний натрій, у % від ємності поглинання (X <sub>3</sub> )	3,0	1,0	15,0	7,0
Щільність орного шару ґрунту, г/см <sup>3</sup> (X <sub>4</sub> )	1,34	1,20	1,55	1,32

У таблиці 3.2 наведені дані щодо оптимальності характеристик чорнозему звичайного. Наприклад, для змінної вмісту гумусу оптимальне значення X(1,0) прийнято за 6%, а її найбільш небажане (найгірше) значення X(0,0)=0,5. Граничнодопустиме значення змінної (X') в даному прикладі прийнято за 2%.

Отже, виконано перший та другий пункти вищевикладеного алгоритму.

На третьому етапі для кожної змінної (X) з'ясовується тип її зв'язку з оцінкою бажаності (d). Так, за співвідношеннями, наведеними в п.3 для вмісту гумусу маємо:

$$|0,5-2| < 0,45 |6-0,5|;$$

або ж

$$1,5 < 2,48$$

це вказує на залежність між d<sub>1</sub> та X<sub>1</sub> другого типу, а відтак на те, що оцінку d<sub>1</sub> слід розраховувати за формулою .

Аналогічно визначаємо, що для решти змінних тип залежності досліджуваної змінної з оцінкою її бажаності відноситься до 3-го типу, тому значення d<sub>2,3,4</sub> для них розраховуватимемо за відповідним виразом 3.

Далі, для кожної змінної розраховуємо оцінку ступеню оптимальності відповідно її значенню.

Наприклад, для вмісту гумусу маємо:

$$a = \frac{-1,5}{\ln |2 - 0,5| - \ln |6 - 0,5|} = 1,154 \quad ;$$

$$d = \exp \left[ - \exp \left[ - 1 \cdot \left[ 9 \cdot \left| \frac{0,5 - 3,1}{6 - 0,5} \right|^{1,154} - 2 \right] \right] \right] = 0,846;$$

Значення показника ступеню оптимальності (d) для значень решти змінних становлять: для вмісту солей у водній витяжці (X<sub>2</sub>) – d<sub>2</sub> = 0,725; для кількості обмінного натрію (X<sub>3</sub>) – d<sub>3</sub> = 0,982; для щільності ґрунту (X<sub>4</sub>) – d<sub>4</sub> = 0,241.

Надалі за цими оцінками визначаємо показник інтегральної оцінки ступеня оптимальності стану ґрунту (D).

Попередньо приймемо усі змінні ґрунту за рівнозначні, тобто b<sub>1</sub>=b<sub>2</sub>=b<sub>3</sub>=b<sub>4</sub>=1. Після розрахунку D за формулою одержимо:

$$D = \sqrt[4]{0,846^1 \cdot 0,725^1 \cdot 0,982^1 \cdot 0,214^1} = 0,53.$$

Отже, згідно таблиці 3.2, ґрунт перебуває в умовно допустимому стані оптимальності стосовно агропродукційної функції..

Особливим питанням з методологічного погляду є виділення області допустимих станів для певної характеристики (змінної) ґрунту, в яких він здатен виконувати агропродукційну функцію.

Так, у наведеному прикладі, граничнодопустиме значення змінної “вміст солей у водній витяжці” було прийнято за 0,4%. Такий вибір граничнодопустимого значення оптимальності функціонування системи

зумовлюється величиною врожайності, яка дає змогу одержати мінімально необхідний прибуток.

В умовах збалансованих цін на сільгосппродукцію цю величину можна розрахувати за виразом (Гродзинський, 1995):

$$Y_{zd} = \frac{Z}{C} \cdot \frac{100}{(100 - k)}$$

де:  $Z$  – собівартість врожаю, грн/га;  $C$  – ціна його реалізації, грн/ц;  
 $k$  – необхідний процент розширення виробництва, приймався  $k=5\%$ .

Наприклад, для визначення граничнодопустимого значення вмісту солей у водній витяжці, за поданою формулою для певного ґрунту розраховується  $Y_{zd} = 30$ ц/га. Після цього будується графік залежності врожайності озимини ( $Y$ ) від вмісту солей ( $X_2$ ) (рис.3.7). Відзначаємо на графіку точку  $Y_{zd}$  і визначаємо граничнодопустиме значення  $X'=0,4\%$ .

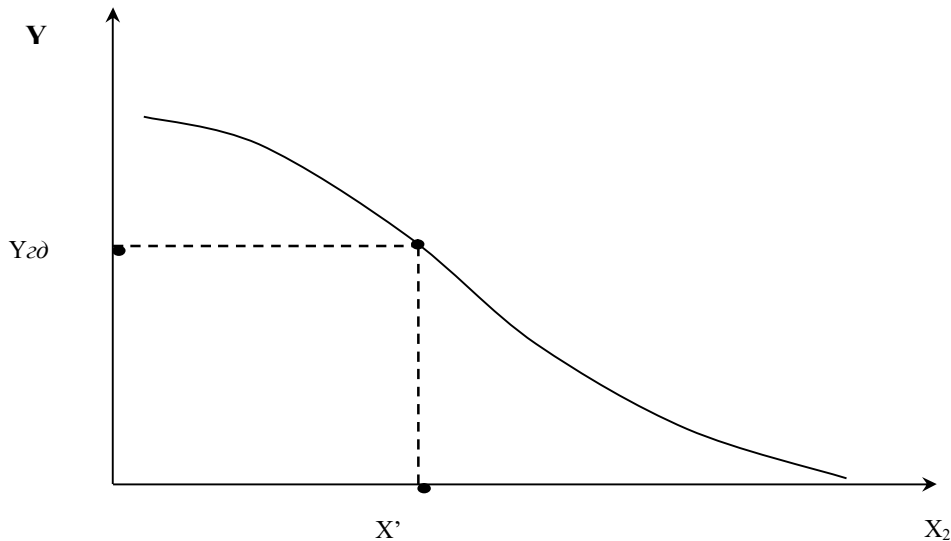


Рис. 3.7. –Визначення граничнодопустимої кількості вмісту солей у водній витяжці ґрунту за Гродзинським (1995)

## Контрольні запитання

1. Стійкість як фундаментальна властивість ґрунтової системи.
2. Схема зміни станів ґрунту.
3. Стійкість ґрунту на різних енергетичних рівнях.
4. Схема змін енергетичного рівня ґрунту при різних інтенсивностях антропогенного впливу.
5. Схема основних статей енергетичного балансу в орному автоморфному ґрунті.
6. Оцінка стану ґрунту з позицій ступеня його стійкості.

## ГЛАВА 4. ЗАГАЛЬНЕ ПОНЯТТЯ ЕРОЗІЇ ҐРУНТІВ

### 4.1. Класифікація ерозійних процесів

Систематизоване вчення про ерозію на початок ХХ ст. почалося з досліджень щодо класифікації ерозійних процесів. У літературі зустрічається досить значна низка термінів, що визначають види ерозії. Але нині немає єдиної думки відносно показників, за якими слід класифікувати ерозію.

Необхідною умовою виникнення водної ерозії ґрунту є стік поверхневих вод або поверхневий стік. Розрізняють три види поверхневого стоку: дощовий, повеневий при сніготаненні, поливних вод. Їм відповідають три види ерозії: 1) дощова ерозія (або зливова); 2) ерозія при сніготаненні; 3) іригаційна ерозія. Означені види ерозії розрізняють не тільки за вихідними параметрами стоку, а й за механізмом ерозійного процесу, а також за розміром збитків, що завдаються ерозійними процесами (Кузнєцов, Глазунов, 1996).

Ерозія при сніготаненні відрізняється меншою інтенсивністю, але більшим терміном прояву, ніж дощова ерозія. Схематично: в зоні Полісся об'єм ерозії від повневих вод при сніготаненні вищий за дощову ерозію, у Лісостепу – на рівні, у Північному Степу – нижчий у 2-3 рази, на півдні України – досягає нуля. Ерозійні процеси при сніготаненні вимірюється у добах, годинах; при дощових опадах – хвилинами, секундами. Тобто потужність (інтенсивність) ерозійного процесу при зливах вища, ніж при сніготаненні на 2 порядки (у 100 і більше разів). Звідси принциповий висновок – якщо конструкція “витримує” вплив зливової ерозії, то при сніготаненні гарантовано ерозії не буде. У наступних главах цей висновок покладений в основу інженерного формування надійного протиерозійного захисту.

За морфологічними ознаками ерозійних форм розрізняють:

1) поверхневу ерозію, або змив ґрунту; 2) лінійну ерозію, або розмив ґрунту. Кожний з вище перелічених видів ерозії може проявлятися у вигляді змиву або розмиву ґрунту, але у більшості випадків – і змиву, і розмиву, що визначається місцезнаходженням ділянки на схилі, що вивчається.

Поверхневу ерозія, або змив, поділяють на площинну й струмкову, що є досить умовним. Вважається, що площинна ерозія викликається суцільною пеленою стоку. Практично таке явище малоймовірне і змив ґрунту відбудеться переважно струмковими потоками. Межа переходу поверхневої ерозії у лінійну також досить умовна: вважається, якщо сліди ерозії у полі зникають після агротехнічного обробітку, то це – поверхнева ерозія, якщо ні – лінійна.

Необхідною умовою вітрової ерозії ґрунтів є вітер, швидкість якого достатня для переміщення часток ґрунту. За такими зовнішніми показниками як інтенсивність, тривалість і масштаб явища розрізняють повсякденну вітрову ерозію і пилові бурі. Відмінність ця досить умовна. Тут слід ще зазначити, так звану, технологічну вітрову ерозію, або технологічне видування ґрунту при безпосередньому проведенні агротехнічних операцій, яку можна вважати як підвид повсякденної вітрової ерозії. При швидкостях вітру, які значно перевищують критичну для ґрунтів, істотно збільшується висота підйому ґрунтових часток у повітря, яка може сягати навіть стратосфери. Ці пилові бурі – дуже небезпечне явище, масштаби якого неодноразово перетворювалися у стихійне лихо. Саме пилові бурі 30-х років ХХ ст. зумовили створення Служби охорони ґрунтів США.

Кількісно процес ерозії ґрунтів характеризується інтенсивністю змиву (або видування) у т/га за певний термін, який у більшості випадків дорівнює року. Небезпеку ерозії можна виражати через співвідношення інтенсивності ерозійних втрат до швидкості ґрунтоутворення. Якщо це

співвідношення дорівнює одиниці і менше, ерозія відсутня (називають її ще нормальною, але далі буде показано, що “нормальної” ерозії не буває); більше одиниці – має місце прискорена ерозія.

Визначення ерозійних втрат ґрунту – трудомістке завдання, але воно має рішення. Набагато складніше визначити швидкість ґрунтоутворення. Проблема ще не розв’язана навіть на теоретичному рівні. Але у наступних главах буде наведено просте й досить надійне рішення цієї задачі.

М.К.Шикулою, А.Г.Рожковим і П.С.Трегубовим (1972) розроблено систему нормативів оцінки небезпеки прояву ерозії (табл. 4.1)

Таблиця 4.1

#### Шкала оцінки інтенсивності ерозії ґрунтів

Втрата ґрунту за рік, мм	Оцінка небезпеки ерозії
Менше швидкості ґрунтоутворення	Ерозія відсутня
< 0,5	Слабка
0,5-1	Середня
1-2	Сильна
2-5	Дуже сильна
>5	Катастрофічна

Існують шкали оцінки небезпеки прояву ерозії, розроблені й іншими вченими (наприклад, М.М. Заславським, 1983), але принципово нових знань вони не несуть.

Сучасна ерозія ґрунтів є, безперечно, результатом людської діяльності, тому її називають антропогенною ерозією.

#### 4.2. Розвиток ерозії ґрунтів в СНД

Закономірності прояву ерозійних процесів і розповсюдження еродованих ґрунтів у масштабах колишнього СРСР вперше були

представлені на ґрунтово-ерозійній карті СРСР (М 1:5000000), яка вийшла в світ у 1968 році за редакцією С.С. Соболева.

За даними цієї карти водна ерозія знайшла широке розповсюдження на Правобережжі Дніпра (від Києва до Запоріжжя), Волги (від Нижнього Новгорода до Волгограда), Дона (від Вороніжа до Ростова), Сіверського Дінця, Десни, Дністра та їх приток, Східноєвропейської, Волинсько-Подільської, Донецької, Клинсько-Димитрівської, Ставропольської височинах, у Високому Заволжі (Башкирія), на Загальному Сирті і в Приураллі, уздовж сибірських рік, особливо Обі, Іртиша та їх приток, у передгірських територіях і гірських регіонах Криму, Кавказу, Уралу, Карпат, у горах Середньої Азії та Казахстану.

Вітрова ерозія у вигляді пилових бур розповсюджена у районах недостатнього зволоження, які розташовані переважно на південь від лінії Одеса-Кременчуг-Полтава-Харків-Балашов-Самара-Удга-Магнітогорськ-Омськ- озеро Чани і далі в Алтайський край через Хабари, Каєво й Ребріху. Ця лінія проходить приблизно по східній межі Лісостепу. Повсякденна вітрова ерозія спостерігається на всіх орних землях, а також на переосушених торфовищах.

У прояві ерозійних процесів і поширенні еродованих ґрунтів добре простежується зональність, яка визначається закономірними змінами природних і антропогенних факторів.

**Тундра та лісотундра.**Ландшафти тундри та лісотундри піддаються все більшому навантаженню, яке пов'язане з розвідкою, видобуванням й транспортуванням корисних копалин, насамперед нафти й газу. Нераціональна господарська діяльність супроводжується механічним порушення ґрунтового покриву і знищенням рослинності на значних площах, що у свою чергу зумовлює проявлення термокарсту й створення умов для прояву ерозійних процесів. Тундрові ландшафти й ґрунти легко піддаються деградації, але дуже повільно відновляються. Так, швидкість росту ярів у тундрі сягає 25 м/рік, а інтенсивність змиву на ділянках із

порушеним рослинним покривом - 2–0 т/рік. Вітрова ерозія має місцевий характер і проявляється на пісках.

У той же час на незайманих антропогенним впливом площах змив ґрунту повністю відсутній. Яскравим проявом масштабів і швидкості деградації ґрунтів і ландшафтів цієї зони є зменшення площі пасовищ для оленів, яке за період з 1965 по 1990 роки дорівнює  $70 \cdot 10^6$  га!

**Лісова зона.** У північних і східних частинах лісової зони широко поширені ерозійно-небезпечні землі, але більшість території знаходиться під лісом і надійно захищена від прояву ерозійних процесів. На ділянках, де ліс відсутній, на схилах долин Північної Двіни, Сухзони, Вичегди, Юга й Лузи, В'ятки, Ками, у басейні Ченци, а також повсюди на селетєбних територіях зустрічаються окремі яри, у більшості випадків донні. На деяких заселених площах правобережжя В'ятки і на Середньому Уралі змив сягає значних обсягів. У західних і південних частинах зони інтенсивність ерозійних процесів зростає зі збільшенням площі орних земель. У деяких регіонах змиті ґрунти можуть займати до 30% від площі орних земель. Значний змив ґрунту та інтенсивне формування ярів характерні для Овручського лесового острова, правих берегів Десни й Сейму.

Вітрова ерозія ґрунтів у лісовій зоні має місцевий характер. Тут вітрова ерозія виникає внаслідок зведення лісу на пісках і легких ґрунтах, а також надмірного осушення. Найбільш великі площі дефльованих ґрунтів розташовані у Поліссі. Так, у Білорусі вітрової ерозії піддаються біля 8% ріллі. В Українському Поліссі вже виникають пилові бурі.

**Лісостеп і Степ.** Для лісостепової й степової зон характерний максимальний ступінь освоєння території. Ця обставина, а також значне поширення покривних геологічних відкладень, що мають низьку протиерозійну стійкість, значна кількість опадів в ерозійно-небезпечний період, висока розподіленість території зумовили максимальний розвиток процесів водної ерозії. Особливо високі модулі твердого стоку характерні

для Східноєвропейської, Ставропольської височин, Молдови, районів Високого Заволжя та Донбасу. У багатьох господарствах Лісостепу до 30-40%, а іноді і до 50% ріллі розташовано на змитих ґрунтах.

Високий ступінь розораності території, нестале недостатнє зволоження, високий прояв вітрів, у тому числі і суховійних, обумовлюють інтенсивний прояв вітрової ерозії ґрунтів. Найбільше зареєстровано катастрофічних проявів вітрової ерозії у вигляді пилових бур. Після пилової бурі 1837 р. південь Російської імперії у другій половині XIX ст. ще не менше 7 разів страждав від цієї біди. Надалі частота прояву пилових бур збільшується. Найбільший збиток нанесли глобальні пилові бурі 1892, 1928, 1960, 1969, 1974, 1984 років. Слабкіші і просторово обмежені пилові бурі і повсякденна вітрова ерозія у різних регіонах цих зон проявляються фактично кожного року.

**Прогноз розвитку ерозійних процесів.** Значний інтерес представляє питання темпів ерозії ґрунтів і перспектив трансформації еродованості ґрунтового покриву. Моніторинг ерозійних процесів слід проводити з врахуванням розміру водозбірної площі. Це пов'язано з тим, що значна кількість змитого мілкозему не доходить до базису ерозії і залишається на шляху внизу схилів, в балках, заплавах, а також у лісах, лісосмугах і луках.

Так, наприклад, у великі ріки надходить всього 1% змитого матеріалу, малі річки й водойми – до 10%. Тому з елементарних водозборів площею 5-10 га втрати ґрунту будуть на порядок вищі за водозбори площею більше 100 км<sup>2</sup>. Дані про середньорічні втрати ґрунту з малих водозборів можна одержати шляхом вимірювання седиментів у так званих ландшафтних “пастках” (пруди, закриті балки тощо).

### **4.3. Коротка довідка про історію досліджень процесів ерозії і заходів захисту від них**

Наука про ерозію ґрунтів має свою історію, яка, певно, дорівнює періоду свідомого життя людства (Мірцхулава, 2000). Питання ерозії земель турбувало людство із самого початку його існування. Саме тоді

почали формуватися методи охорони земель. Історія вивчення ерозійних процесів і боротьби з ними серед вітчизняних вчених уперше найбільш повно викладена у монографії С.С.Соболева (1948).

Перші наукові відомості про ерозію ґрунтів на території України надав грецький вчений Геродот. Саме він засвідчує землеробське використання Півдня України ще до народження Христа, вказуючи на існування вже тоді такого загрозливого явища, як ерозія ґрунтів. Проблема ерозії знайшла свій відбиток і у працях вченого М.В. Ломоносова, який у роботах 1751-1763 рр. фактично вперше сформував науковий підхід до розв'язання цієї проблеми. У другій половині XVIII ст. і в першій XIX ст. видатними вченими та фахівцями (М.І.Афонін, С.Леслі, А.Т.Болотов, В.Я.Ломиковський) була опрацьована низка заходів щодо регулювання й утримання повеневих і зливових вод на полях, запропоновані заходи боротьби з яружною ерозією, закладені основи агролісомеліорації.

У середині XIX ст. В.О.Кіпріяновим виявлений механізм зародження та росту ярів, визначені фази їх розвитку. В цей час О.Гроссул-Толстим покладений початок вивченню географії ерозійних процесів. У другій половині XIX ст. провідна роль у розробці методів захисту ґрунті від ерозії і, обумовленою нею посухою, належить А.М.Шишкіну, який опрацював комплекс заходів щодо затримання зимових опадів і талих вод на полях, боротьби з формуванням корки на поверхні ґрунту.

Наступний період розвитку досліджень ерозійних процесів тісно пов'язаний з роботами і життям В.В. Докучаєва – засновника ґрунтознавства, як науки й вчення про меліорацію ландшафтів. Питання ґрунтової ерозії знайшли своє відображення вже в перших його наукових роботах (“Яри і їх значення”, 1977; “Способи формування річних долин Європейської Росії”, 1978). В узагальненому і систематизованому вигляді вони викладені в його класичній праці “Російський чорнозем” (1883), у звітах Нижегородської й Полтавської експедицій (1882-1884) і загальновідомій книзі “Наші чорноземи дотепер і зараз” (1892). Важливе

значення для пізнання закономірностей ерозії ґрунтів мають дослідження В.В. Докучаєва щодо впливу рельєфу на змив і акумуляцію седиментів. Він визначив, що на крутих схилах під впливом атмосферних опадів відбувається збіднення ґрунтів на гумус, глинисті матеріали, елементи поживних речовин і збагачення на грубий скелетний матеріал. Гумус і дрібнозем, що змиті зі схилів, відкладаються біля них.

У розвитку знань про ерозію ґрунтів і заходи боротьби з нею істотне значення мають роботи видатного вченого - ґрунтознавця П.А.Костичева: монографічна робота “Ґрунти чорноземної області Росії, їх походження, склад і властивості” (1886), “До питання обробітку чорноземних ґрунтів” (1891), “Про боротьбу з посухою засобами обробітку полів і накопичення снігу на них” (1893). Спостерігаючи стан цілинних і орних ґрунтів П.А.Костичев дійшов висновку, що причина ерозії полягає у безсистемному розорюванні земель. Ґрунт, що вкритий рослинністю, не піддається ерозії. Рослинність охороняє поверхню від механічного впливу дощу, затримує дрібнозем, уповільнює потоки води на поверхні ґрунту. Навпаки, обробіток земель розриває зв’язки між ґрунтовими частками, руйнує структурні агрегати, робить ґрунт вразливим по відношенню до розмиваючої і стікаючої води. Слід відзначити як особливо цінні дослідження П.А.Костичева щодо структури чорноземів під впливом обробітку і природних рослин.

Сучасник, і в певній мірі учень В.В. Докучаєва та П.А. Костичева А.А., Ізмаїльський у книзі “Як висох наш степ” (1893) для попередження зневоднення орних земель рекомендував підтримувати поверхню ґрунту у рихлому стані. Ефективними заходами боротьби з посухами він вважав заліснення ярів, будівництво гребель, а для попередження змиву ґрунту – створення штучного рельєфу шляхом терасування схилів. У якості щорічних і першочергових заходів він рекомендував снігозатримання, устрій куліс.

У 1892 році П.П.Тихобродов, який проводив роботи щодо боротьби з посухою у Тамбовській губернії, вперше запропонував постійні земляні вали з широкою основою, які затримують поверхневий стік, забезпечують накопичення вологи й проходження сільськогосподарських машин і знарядь. Такі вали, що мають назву вали-тераси, широко застосовуються і сьогодні.

Історія досліджень ерозії ґрунтів і боротьби з нею кінця XIX – початку XX ст. тісно пов’язана з роботами безпосередніх учнів В.В. Докучаєва, серед яких почесне місце відводиться Г.М.Висоцькому. Високе наукове значення має одна з перших робіт Г.М.Висоцького “Матеріали з вивчення чорних бур у степах Росії” (1894). У роботі детально розглянуті питання проходження вітрової ерозії та акумуляції її продуктів при різному характері рослинного покриву та рельєфу. Наступні роботи Г.М.Висоцького присвячені різним питанням степового лісорозведення та його значення у справі охорони земель від ерозії. Так, він виявив, що у посушливих умовах ліс не може рости на великих масивах і технології лісорозведення тут мають бути іншими, ніж у лісовій зоні. Вчений визначив перелік порід дерев і чагарників, які найбільш доцільні для створення полезахисних смуг у степу. В цілому, Г.М.Висоцький заклав науковий фундамент полезахисного лісорозведення.

Наприкінці XIX ст. почали з’являтися фундаментальні наукові роботи, присвячені проблемі вітрової ерозії. Так, у 1884 році вийшла у світ робота М.О.Соколова “Дюни, їх формування, розвиток і внутрішня будова”, у якій автор сформулював основні закономірності розвитку процесів вітрової ерозії, що були ретельно перевірені спостереженнями у натурних і лабораторних умовах. Він визначив три способи переміщення часток вітром: котіння та волочіння, стрибками й у підваженому стані; вивчив дію різних перепон щодо акумуляції видутого дрібнозему. Питанням вітрової ерозії присвячені також роботи О.О. Колесова

“Природа пісків та їх заліснення” (1900), учня В.В. Докучаєва та П.Ф. Баракова (1913).

Значний збиток сільському господарству в той час надавали яри. Дослідженнями причин формування яружних систем, а також методів боротьби з яружною ерозією займалися І.Лєвоковський (1870-1890), В.Масальський (1897), О.О. Гельфер (1901). Особливе значення для пізнання процесів яружної ерозії і боротьби з нею мала Тульська гідрологічна експедиція, яку очолював О.С.Козменко. Матеріали експедиції дозволили кількісно оцінити головний фактор формування ярів – глибину місцевих базисів ерозії (О.С.Козменко, 1937).

У цілому, дослідження ерозії ґрунтів за 40 років, в період діяльності В.В.Докучаєва та його сучасників, необхідно оцінити як такі, що призвели до швидкого розвитку як теоретичних, так і практичних робіт щодо вивчення ерозійних процесів і розробки методів боротьби з ними. Фактично за цей час був створений фундамент вчення про природу водної та вітрової ерозії, розроблено основні методи боротьби з ними.

У 1923 році під керівництвом О.С.Козменко в Орловській області створюється Новосильська дослідна яружна станція, яка відіграла значну роль у розробці основ протиерозійного захисту. Було розроблено комплекс протиерозійних заходів для лісостепової зони, який визначив три ерозійні фонди земельних угідь: гідрографічний, примережевий і привододільний. Слід зазначити, що на початку 80-х років колектив науковців інституту землеробства УААН під керівництвом О.Г.Тараріко повністю повторив ці положення. Мова йдеться про контурно-меліоративну організацію території і три технологічні групи земель, що цією концепцією виділяються.

Оригінальні погляди на ерозію ґрунтів і заходи боротьби з нею висловив В.Р.Вільямс. Проблема розглядається з позицій так званої травопільної системи землеробства. За В.Р.Вільямсом головним чинником ерозії є безструктурність орних ґрунтів на схилах, а тому основу

протиерозійного захисту мають складати заходи зі збільшення водостійкості ґрунтових агрегатів. У першу чергу, це культура багаторічних трав у польових і кормових сівозмінах.

У 1932 році в Інституті ґрунтознавства ім. В.В.Докучаєва зусиллями А.М.Панкова був створений відділ ерозії ґрунтів, який фактично став загальносоюзним центром координації протиерозійних досліджень. У 1931 році в Москві (у 1951 році переїхав у Волгоград) був організований Всесоюзний науково-дослідний інститут агролісомеліорації (ВНДІАМ) з відділом боротьби з ерозією ґрунтів, який у 1938 році очолив А.С.Козменко. У Тбілісі у Закавказькому інституті водного господарства в 1932 р. почала працювати група ерозії ґрунтів, яку очолив В.Б.Гуссак. Було чітко розподілення функцій між цими науковими колективами. В Інституті ґрунтознавства ім. В.В.Докучаєва домінували питання картографування ерозії ґрунтів, оцінки ступеню її прояву, районування еродованих ґрунтів. У ВНДІАМ досліджувались заходи боротьби з ерозією за допомогою лісонасаджень і затримки стоку на схилах. Інститут мав стаціонарні об'єкти, де вивчалися в умовах лісостепової, степової і сухостепової зон різні породи дерев і чагарників, способи їх висаджування у лісосмугах, лісорослинні властивості ґрунтів. Група Гуссака досліджувала питання раціональних методів боротьби з ерозією ґрунтів на гірських схилах чорноморських субтропіків. Особливу увагу приділяли польовим і лабораторним дослідженням властивостей ґрунтів, що визначають їх ерозійну стійкість, моделюванню ерозійних процесів. Саме цей колектив уперше підійшов до поняття критичної швидкості водного потоку, за якої починається сталий відрив ґрунтових часток.

4-7 березня 1936 року в Москві відбулась перша всесоюзна нарада з питань боротьби з ерозією. Народою керували Д.Г.Віленський і А.М.Панков. Матеріали наради опубліковано у вигляді збірника “Борьба с эрозией почв” (1938), який і сьогодні має наукову цінність.

Після смерті А.М.Панкова відділ ерозії Почвеного інституту очолив С.С.Соболев, яким зі своїми співробітниками на підставі маршрутних досліджень, що проводилися з 1935 року і детальних ґрунтово-ерозійних досліджень на “ключах”, які проведено у 1939-1940 рр. у різних географічних районах європейської частини СРСР, до 1940 р. була складена (перший варіант) ґрунтово-ерозійна карта європейської частини СРСР в масштабі 1:5000000. До того ж, під керівництвом С.С. Соболева були складені карти розповсюдження і щільності яружно-балочної мережі, глибин місцевих базисів ерозії, середніх ухилів поверхні й типів ерозійного розчленування.

Отже , тільки за 10 років напередодні Великої Вітчизняної війни було зроблено різке прискорення у пізнанні ерозійних процесів ґрунтів, розробці протиерозійних заходів. Відбулася диференціація окремих напрямів у цій області. Було виявлено, що будь-яке конкретне питання має розв’язуватися з урахуванням екологічних умов, на фоні яких проявляються процеси ерозії і плануються протиерозійні заходи.

Після війни у 1948 р. широко проводяться роботи у відповідності до Постанови Ради Міністрів СРСР і ЦК ВКП(Б) “О плане полезащитных лесонасаждений, внедрения травопольных севооборотов, строительстве прудов и водоемов для обеспечения высоких и устойчивых урожаев в степных и лесостепных районах европейской части СССР». Планувалася велика програма наступу на посуху та ерозію ґрунтів. Опорним ланцюгом програми були так звані державні захисні лісні смуги, загальна довжина яких дорівнювала біля 12 тис.км. Після війни мають місце спроби диференціювати протиерозійні заходи залежно від кліматичних, ґрунтових, геологічних, гідрологічних і геоморфологічних умов і створити регіональні системи сільського господарства. Виходить в світ двохтомна монографія С.С.Соболева “Развитие эрозионных процессов на территории европейской части СССР» (1948, 1960), яка присвячена проблемі

класифікації та картографії еродованих ґрунтів, ефективності протиерозійних заходів.

В Інституті географії АН СРСР створено потужний колектив науковців під керівництвом Д.Л. Арманда, який в 1961 р. видав монографію «Физико-географические основы проектирования сети полезащитных лесных полос», низку збірників з питань боротьби з ерозією ґрунтів, наприклад, «Районирование территории СССР по основным факторам эрозии» (1965), «Региональные системы провозерозийных мероприятий» (1972).

Низку оригінальних, глибоких досліджень в цей період проведено в Московському університеті на географічному факультеті М.І.Маккаваєвим, О.Г.Гаєлем і Л.Ф.Смірноюю, В.П.Лідовим і В.К.Орловою на ґрунтово-біологічному факультеті. В кінці 40-х – початку 50-х років розпочато широкі дослідження ерозії ґрунтів в Молдові. В 1950 р. М.М.Заславський призначений керівником новоствореної протиерозійної станції, яка пізніше була трансформована у відділ захисту ґрунтів від ерозії Молдавського НДІ ґрунтознавства і агрохімії ім. М.А.Дімо. Добре відомі методичні дослідження цього колективу, які спрямовані на створення лабораторних і польових дощувальних приладів для вивчення ерозії ґрунтів, удосконалення обладнання стокових майданчиків, а також розробку і впровадження у виробництво низки ефективних протиерозійних заходів: смугове розміщення культур на схилах, наораних валів, смугового освоєння малопродуктивних схилів, вирівнювання і засипка ярів із збереженням на поверхні гумусованого горизонту (М.М.Заславський, «Эрозия почв и земледелие на склонах», 1966; А.Г.Рожков, «Борьба с оврагами», 1981).

Великі регіональні центри протиерозійних досліджень створено в Україні, Узбекистані, Азербайджані.

20 березня 1967 р. виходить Постанова ЦК КПРС і Ради Міністрів СРСР «О неотложных мерах по защите почв от ветровой и водной эрозии»,

якою зобов'язувалося міністерства сільського господарства, меліорації і водного господарства, освіти, Ради міністрів союзних республік, АН СРСР і ВАСГНІЛ прийняти конкретні заходи щодо докорінного поліпшення досліджень у цій області, впровадження у виробництво перевірених на практиці методів захисту ґрунтів і підвищення їх родючості, збільшення кадрів й оснащення науково-дослідних установ і підрозділів, які проводять дослідження ерозії ґрунтів.

Неперевершене значення для створення систем захисту ґрунтів від вітрової ерозії мала робота Всесоюзного НДУ зернового господарства (с.Шортанди, Казахстан), який очолював О.І.Бараєв. Услід за Т.С.Мализевим О.І.Бараєв гаряче підтримував систему обробітку ґрунтів безполицевими знаряддями, які зберігають пожнивні рештки на поверхні ґрунту (О.І.Бараєв, “Почвозащитное земледелие”, 1975). Пізніше ці роботи стали основою так званого полтавського варіанту безплужного обробітку ґрунту (Ф.Г.Моргун, М.К.Шикула, “Почвозащитное бесплужное земледелие”, 1984).

Після Постанови в 1967 році створюється Державний НДІ земельних ресурсів МСГ СРСР, головним завданням якого була розробка наукових основ проектування протиерозійних заходів. В 1970 р. в м. Курськ почав працювати Всесоюзний НДІ захисту ґрунтів від ерозії, в 1974 р. в м. Луганськ – Українській НДІ захисту ґрунтів від ерозії. Лабораторії захисту ґрунтів від ерозії і науково-дослідні групи створюються у багатьох інститутах ґрунтознавчого, гідротехнічного і сільськогосподарського напрямків. Формуються основи нового наукового напрямку – ерозіознавства, об'єктом якого є процеси водної та вітрової ерозії ґрунтів, що відбуваються за різними природними і господарчими умовами, а також їх результати – змиті та дефльовані, намиті та навіяні ґрунти й методи їх меліорації.

Методи ерозіознавства було опрацьовано у ґрунтознавстві, метрології, гідрології, геоморфології, підґрунтознавстві, гідравліці, аеро- і

гідромеханіці. До суто специфічних методів ерозіознавства можна віднести методи обліку та спостереження за рідким і твердим стоком на стокових майданчиках. Завдання, що стають перед ерозіознавством, є специфічними внаслідок особливостей ґрунту як об'єкту, що піддається впливу потоків води й вітру. По-перше, ґрунт – найважливіший компонент біосфери, “фокус” ландшафту, а, по-друге, ґрунт (земля) – предмет сільськогосподарської діяльності і тому, ґрунтоохоронні заходи мають гармонічно вписуватися у систему землеробства.

Дотепер дослідження, спрямовані на розробку теоретичних основ ерозіознавства, можна розподілити за чотирма напрямками:

- 1) розвиток теорії єдиного ерозійно-аккумулятивного процесу;
- 2) дослідження особливостей формування і руху седиментів у воді та повітрі;
- 3) формування теорії протиерозійної і протидефляційної стійкості ґрунтів;
- 4) розробка експериментально-теоретичних і математичних моделей ерозії ґрунтів на основі визначення механізму процесу й досягнень за вище означеними трьома напрямками.

Сучасному науково-дослідному процесу притаманна особливість відходу від емпіричних залежностей і перехід до теоретичних, фізично обумовлених моделей ерозійних процесів. Лідерами стали американські дослідники, про що нижче піде мова. Ерозіознавство перетворилося у базову дисципліну науково-теоретичних основ формування екологічно сталих економічно високоефективних агроландшафтів.

## Контрольні запитання

1. Класифікація ерозійних процесів.
2. Поняття ерозії і дефляції.
3. Поняття і нормування інтенсивності ерозійних процесів.
4. Розвиток ерозії ґрунтів в країнах СНД.
5. Розвиток ерозії ґрунтів в Україні.
6. Історія досліджень процесів ерозії і заходів захисту від них.
7. Вклад Г.М. Висоцького, С.С. Соболева та українських вчених в теорію ерозійних процесів.

## ГЛАВА 5. ФІЗИЧНІ ОСНОВИ ЕРОЗІЇ ҐРУНТІВ

### 5.1. Закономірності руху рідини

#### 5.1.1. Основні гідравлічні характеристики потоку

Поперечний переріз потоку, який є перпендикулярним до лінії току, має назву *живого перерізу потоку* ( $w$ ) і визначається у  $см^2$  або  $м^2$ . Довжина лінії контакту живого перерізу з річищем потоку називається *периметром зволоженості* ( $P$ ) і вимірюється у  $м$  або  $см$ . Відношення площі живого перерізу до периметра зволоженості має назву *гідравлічного радіусу* ( $R$ ), який має розмірність довжини:

$$R = \frac{w}{P}$$

Для широких річищ периметр зволоженості істотно не відрізняється від ширини потоку і тому можна вважати, що гідравлічний радіус приблизно дорівнює глибині потоку. Для прямокутного річища можна записати:

$$R = \frac{b \cdot H}{b + 2H}$$

де:  $b$  – ширина річища,  $м$ ;  $H$  – глибина потоку,  $м$

За умови, коли  $b \gg H$ ,  $R \approx H$ .

Об'єм води, що протікає крізь поперечний переріз потоку за одиницю часу, називається *витратою потоку* ( $Q$ ), який вимірюється у  $м^3/с$  чи  $л/с$ . Довжина шляху, який проходить вода за одиницю часу, називається *швидкістю потоку* ( $u$ ) і вимірюється у  $м/с$  або  $см/с$ .

Можна записати рівняння, за яким визначається  $Q$ :

$$Q = u \cdot w, \text{ м}^3/\text{с},$$

яке широко використовується для визначення середньої швидкості потоку ( $V$ ):

$$V = \frac{Q}{w}$$

### 5.1.2. Режими течії

*Ламінарний режим* характеризується паралельноцівковим рухом без створення вихорів. *Турбулентний режим* – хаотичний безпосередній рух, коли цівки постійно відхиляються і перетинаються одна з одною. Швидкість у турбулентному потоці безперервно пульсує, змінюючись як за величиною, так і за напрямком. При цьому, напрям руху всього потоку залишається незмінним. Швидкість потоку у конкретній точці коливається біля певної постійної, яка залежить від часу і має назву номінальної усередненої швидкості ( $\bar{u}'$ ). Не слід плутати її із середньою швидкістю ( $V$ ). Швидкість у кожний даний момент часу у заданій точці називається миттєвою швидкістю ( $u'$ ). Пульсація повздовжніх складових швидкості течії описується кривою нормального розподілення, і при цьому виконується співвідношення:

$$u'_{\max} - \bar{u}' \approx 3\sigma,$$

де  $u'_{\max}$  - максимальна миттєва швидкість;  $\bar{u}'$  - усереднена номінальна швидкість;  $\sigma$  - середньоквадратичне відхилення.

У великих каналах пульсація швидкостей потоку у придонній області така, що  $u'_{\max}$  у 1,35-2,15 рази більша за  $\bar{u}'$ . Для вимірювання пульсації швидкостей у потоці застосовуються малоінерційні прилади з високою точністю – термоанемометри. Принцип їх дії полягає в тому, що інтенсивність теплообміну між потоком і тілом, що в цей потік введено, а з ним і електричний опір цього тіла, залежить від швидкості течії. Якщо скрізь робочий орган термоанемометра, який має вигляд металеві нитки чи плівки, пропускати електричний струм, який має відомі показники, то за зміною цих показників (напруга чи сила струму) можна з високою вірогідністю охарактеризувати зміни (пульсацію) швидкості водного потоку. Слід зазначити, що безпосередньо біля стінки чи дна навіть у турбулентних потоках існує дуже тонкий шар, в якому швидкості дорівнюють нулю.

Показником ступеня турбулентності є безрозмірне число Рейнольдса (Re), яке визначається за формулою:

$$Re = \frac{V \cdot H}{\nu},$$

де: H – глибина потоку, м; V – швидкість потоку, м/с;  $\nu$  - коефіцієнт в'язкості (при  $t=20^{\circ}\text{C}$  для води  $\nu=10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с), м<sup>2</sup>/с ;

$$\nu = \frac{\mu}{\rho_0},$$

де  $\mu$  - динамічна в'язкість рідини (коефіцієнт внутрішнього тертя);  
 $\rho_0$  – її щільність, кг/м<sup>3</sup>.

Щільність рідини і її в'язкість зменшуються при підвищенні температури. Наприклад, при зміні температури води від 0 до 100<sup>0</sup> її щільність зменшується на 4%, а в'язкість – приблизно у 6 разів. Тому в'язкість води істотно змінюється в інтервалі звичайних температур (при зміні від 0 до 30<sup>0</sup>С – в'язкість зменшується у 2,4 рази).

Для потоків з відкритою водною поверхнею ламінарний режим спостерігається при  $Re \leq 300$ , а турбулентний – при  $Re \geq 600$ . При  $300 < Re < 600$  потік може бути турбулентним чи ламінарним залежно від шорсткості й характеру річища. Турбулентність потоку має значний вплив на розвиток ерозійних процесів. Ґрунтові частки відриваються від поверхні під впливом цівок води з високими миттєвими значеннями швидкостей, які відповідають максимальним пульсаціям швидкості потоку. До того ж, під впливом пульсаційного навантаження з боку потоку на ґрунтові частки відбувається повільне ослаблення внутрішньо - і міжагрегатного зчеплення, що веде до зменшення протиерозійної стійкості ґрунту або підґрунтя. Пульсацію швидкості у турбулентних потоках ураховують відповідним коефіцієнтом у рівнянні, за яким визначається критична (розмиваюча) швидкість, про що нижче йтиме мова. Крім того, підвищення турбулентності збільшує трансформуючу властивість потоку води.

У природних умовах ламінарні потоки зустрічаються лише на добре задернованих схилах, де вода тече рівним шаром з малою глибиною при невеликих швидкостях, а також на початку сніготанення, коли вода відчуває опір снігу, фільтраційні потоки також характеризуються ламінарним режимом, що обумовлюється малим діаметром шпарин і низькими швидкостями. Турбулентний рух відбувається у водах, з якими і пов'язані процеси водної ерозії.

### 5.1.3. Закономірності руху рідини

Значна роль при ламінарному русі рідини належить її в'язкості. Саме завдяки в'язкості формується безперервне швидкісне поле потоку, має місце поглинання частини механічної енергії потоку та перехід її у теплову, тобто дисипація енергії, яка визначається природою гідродинамічного опору.

Основне рівняння теорії в'язкого потоку рідини, яке розробив Ньютон, показує, що при стаціонарному русі впливаюча сила  $F$ , урівнюється силами внутрішнього тертя рідини:

$$F = \mu \cdot S \cdot \frac{du}{dh},$$

де:  $S$  – поверхня зсуву;  $\mu$  - коефіцієнт внутрішнього тертя;  $u$  – швидкість потоку;  $h$  – відстань від дна.

Маючи на увазі, що дотичний тиск тертя визначається за формулою:  $r = F/S$ , одержуємо:

$$r = \mu \cdot \frac{du}{dh}$$

Рівняння описує рух тільки “ньютонівських” рідин (вода та інші звичайні рідини – гліцерин, олія, нафта тощо). Для суспензії з великою кількістю твердих часток (не ньютонівські рідини) рух починається лише при досягненні певної величини дотичного тиску (тиск зсуву,  $r_0$ ).

Тоді:

$$r = \mu \cdot \frac{du}{dh} + r_0$$

Розглянемо приклад рівномірного руху рідини по дуже широкому прямокутному річищу, яке нахилене під кутом  $\alpha$  до обр'ю.

1. Складова сили ваги,  $F = P \cdot \sin \alpha$ . Вага стовпця води на одиницю поверхні дна ( $P$ ) дорівнює  $\rho_0 \cdot g \cdot H$ , де  $\rho$  - щільність води,  $\text{кг/м}^3$ ;  $g$  - прискорення вільного падіння,  $\text{м/с}^2$ ;  $H$  - глибина потоку, м. Тоді, якщо  $\sin \alpha = I$ ,  $F = \rho_0 \cdot g \cdot H \cdot I$

2. Сила внутрішнього тертя рідини ( $r$ ,  $\text{н/м}^2$ )

За умови рівномірного руху ці сили урівнюються. Тоді:

$$r = \rho_0 \cdot g \cdot H \cdot I$$

Відомо, що при ламінарному русі рідини сила внутрішнього тертя прямо пропорційна динамічній в'язкості і відношенню середньої швидкості потоку  $V$  до його глибини, що можна записати:  $\rho_0 \cdot g \cdot H \cdot I = 3\mu v/H$ , або

$$V = \frac{g \cdot I \cdot H^2}{3\nu},$$

де  $\nu$  - кінематична в'язкість,  $\text{м}^2/\text{с}$ .

Ця залежність має назву за ім'ям французького вченого Пуазейля.

При турбулентному русі рідини опір є прямо пропорційним її щільності й квадрату середньої швидкості:

$$\rho_0 \cdot g \cdot H \cdot I = A \cdot \rho_0 \cdot V^2$$

де  $A$  - безрозмірний коефіцієнт.

Якщо прийняти  $\sqrt{g/A}$  за  $C$ , то одержуємо формулу Шезі:

$$V = C \sqrt{H \cdot I} \text{ або } V = C \sqrt{R \cdot I} \text{ при } H \approx R$$

де:  $V$  - середня швидкість потоку,  $\text{м/с}$ ;  $C$  - коефіцієнт Шезі,  $\text{м}^{0.5}/\text{с}$ ;  
 $R$  - гідравлічний радіус, м.

При значеннях  $\alpha$  до  $15^\circ$   $\sin \alpha \approx \text{tg} \alpha \approx I$

Зазначимо, що швидкість у рівнянні Шезі не залежить від в'язкості. Справа в тому, що при турбулентних потоках окрім молекулярної в'язкості з'являється так звана турбулентна в'язкість ( $r_1$ ), яка зумовлюється змішуванням рідини, що призводить до виникнення додаткових сил опору на поверхні взаємодії шарів. Повний дотиковий зсув ( $r_n$ ) в такому разі визначається за формулою:  $r_n=r_1+r$ .

Оскільки  $r_1 \gg r$ , то  $r_n \approx r_1$

Для розрахунку коефіцієнту Шезі використовується низка емпіричних формул. Найпростіша з них – формула Маннінга:

$$C = \frac{R^{1/6}}{n_m}$$

де:  $n_m$  - коефіцієнт шорсткості.

Складніша формула Павловського (скорочена):

$$C = \frac{R^{1.5} \cdot \sqrt{n_n}}{n_n} \text{ при } R < 1 \text{ м}$$

Формула Маннінга є зокремленим випадком формули Павловського при  $n_n=0,012$ .

Ці формули використовуються у більшості випадків для розрахунку швидкості води у каналах. Для розрахунку руху потоків на схилах при зливах і сніготаненні переважно використовується формула Базена:

$$C = \frac{87}{1 + \frac{n_b}{\sqrt{R}}},$$

де  $n_b$  – коефіцієнт шорсткості

$$C = \frac{87 \cdot R^{1/2}}{1 + \frac{n_b}{\sqrt{R}}}, \text{ при } R^{1/2} \ll n_b$$

Розмірність у формулах така сама, як і в формулі Шезі.

У випадках, коли ширина набагато більше глибини (H), R можна замінити на H.

#### 5.1.4. Коефіцієнт шорсткості поверхні

Величина коефіцієнту шорсткості визначається розмірами виступів на дні і стінках річища, формою річища у плані, наявністю у ньому рослинності та інших витоків місцевих опорів. Значення коефіцієнта шорсткості можна розрахувати за формулами Шезі, Маннінга, Павловського і Базена. Для цього необхідно визначити середню швидкість потоку, гідравлічний радіус і ухил водної поверхні.

Для прямих річищ без рослин і сміття коефіцієнт шорсткості ( $n_n$ ) обумовлюється розміром виступів:

$$n_n = 0,044 \cdot \Delta^{1/6}, \Delta - \text{висота виступів шорсткості, м.}$$

Коефіцієнт шорсткості відбиває шорсткість, яка створюється рівнозернистими і різнозернистими ґрунтами, що формують ложе річища. Для потоків на схилах актуальним є питання про додаткові, так звані “місцеві” опори. В природних умовах виток місцевого опору у більшості випадків розташовані на річищі безсистемно. До них належать масивні виступи, донні гребені і сільськогосподарські рослини. Саме рослини є основним виток місцевого опору й чинником збільшення коефіцієнта шорсткості.

У відповідності до вищевказаної формули коефіцієнт шорсткості прямих річищ без рослин залежить тільки від розмірів виступів. Але ця залежність коректна лише при достатньо високих швидкостях потоку. При малих швидкостях коефіцієнт шорсткості окрім виступів визначається ще й швидкістю потоку:

$$n_n = 0,05 \cdot \Delta^{0,017} + 0,0652 e^{-10,65V},$$

де  $e$  – основа натурального логарифму,  $V$  – середня швидкість потоку, м/с.

Збільшення коефіцієнта шорсткості при малих швидкостях потоку мабуть, зумовлене тим, що у цьому випадку кожний виступ має більшу опірну дію, тоді як при великих швидкостях потоку частина з них потрапляє у “гідравлічну тінь” більш великих виступів шорсткості.

Деякі коефіцієнти шорсткості реальних схилових потоків наведено в таблиці 5.1.

Таблиці 5.1

**Коефіцієнт шорсткості поверхні схилів за формулою Павловського  $n_{п}$  і показники шорсткості  $n_{б}$  за формулою Базена**

<b>Характеристика поверхні схилів</b>	$n_{п}$	$n_{б}$
Поливні борозни з прямим і чистим дном	0,025	1,25
Те ж саме, але з деякими відхиленнями від прямої	0,030	1,50
Борозни у міжряддях просапних культур повздовж схилу, вибоїни на схилах	0,033	1,75
Рілля після культивування	0,040	2,75
Борозни, що вкриті бур'янами, пасовиська з рідкою травою	0,050	3,75
Пасовиська з травою з середнім укриттям, зернові культури	0,067	5,50
Сіножаті з середнім укриттям	0,080	7,0
Сіножаті із 100% укриттям	0,100	9,0

**5.1.5. Розподіл швидкостей водних потоків за вертикаллю**

Ламінарний і турбулентний потоки різняться за характером вертикального розподілу повздовжніх швидкостей потоку. При ламінарному режимі руху швидкість повільно зменшується від поверхні в глибину за рахунок тертя шарів рідини один одним. В турбулентних потоках розподіл повздовжніх швидкостей описується криволінійною залежністю. Максимум швидкостей потоку спостерігається при поверхні

грунту, а мінімум – при дні. Швидкість потоку на рівні виступів шорсткості має назву донної швидкості ( $u_{\Delta}$ ).

Для практичних розрахунків, які пов'язані з розподілом повздовжніх швидкостей водного потоку за вертикаллю, використовуються емпіричні формули ступеневого і логарифмічного виду. Найпростіша з них:

$$U_h = V \left( \frac{h}{H} \right)^{0.17},$$

де  $U_h$  – швидкість потоку на відстані  $h$  від дна;  $V$  – середня швидкість потоку;  $H$  – глибина потоку.

Широко використовується логарифмічна залежність Гончарова, у тому числі при обчисленні конструкції протиерозійного захисту:

$$u_h = \frac{1.25V}{\lg \left( 6.15 \frac{H}{h} \right)}$$

Якщо  $h=\Delta$ , то донна швидкість ( $u_{\Delta}$ ) визначається за формулою:

$$u_{\Delta} = \frac{1.25V}{\lg \left( 6.15 \frac{H}{\Delta} \right)}$$

У реальних схилових потоках профіль швидкостей часто деформований під стохастичним впливом місцевих опорів. Але співвідношення донних і середніх швидкостей при цьому зберігається.

Для річищ потоків, які рухаються по поверхні ґрунту, шорсткість обумовлена розміром водотривких агрегатів ґрунту ( $\bar{d}$ ). При цьому:  $\Delta=0,7 \bar{d}$ , де  $\bar{d}$  – середньозважений діаметр водотривких агрегатів, що визначається методом “морого” просіювання.

## 5.2. Формування стоку поверхневих вод

### 5.2.1. Поняття – вододільна лінія, водозбірна площа, басейн

*Вододільною лінією* (або водорозділом) називається лінія, яка проходить за найвищими точками місцевості. Від водорозділу поверхневі води стікають у різні боки. Площа, обмежена вододільною лінією, має назву *водозбірної площі*, або водозбору. Підґрунтові води, як і поверхневі, збираються у конкретний водний об'єкт з певної площі, яка називається водозбором підґрунтових вод. Він також обмежений вододільною лінією, яка проходить за найвищими точками водонепроникного шару підґрунтя, але визначити її в реальних умовах досить складне завдання. Тому в гідрології є поняття *басейн*, під яким розуміють площу, з якої надходять поверхневі і підґрунтові води. Ця площа дорівнює площі водозбору поверхневих вод. При цьому розбіжності між водозборами поверхневих і підґрунтових вод ігноруються.

Отже, щоб визначити на топографічній карті водозбір певного порядку, необхідно провести лінію від замикаючого створу елементу гідромережі перпендикулярно до горизонталей до другого боку цього створу. Очевидно, що площа водозбору залежить від положення цього створу. Чим ближче він розташований до верхів'я яру чи балки, тим менша його площа.

### 5.2.2. Елементи балансу води для басейну

Рівняння водного балансу для басейну за певний термін можна записати так:

$$x=y+a+b,$$

де  $x$  – об'єм атмосферних опадів;  $y$  – об'єм поверхневого стоку;  $a$  – об'єм води, що витрачається на випаровування і транспірацію;  $b$  – об'єм води, що надходить у ґрунт і підґрунтові води.

Для багаторічного терміну  $b$  добігає нуля і тоді:

$$x \approx y + a$$

Після ділення на  $x$  одержуємо:

$$1 \approx \frac{a}{x} + \frac{y}{x}$$

Відношення об'єму поверхневого стоку до об'єму опадів (річної чи конкретної дії) називається коефіцієнтом стоку ( $\alpha$ ):

$$\alpha = \frac{y}{x}$$

При незмінній кількості опадів коефіцієнт стоку зумовлюється водопроникністю ґрунтів і підґрунтя, яка залежить від гранулометричного складу, агрегованості, вмісту гумусу, складу обмінних катіонів тощо.

Коефіцієнт стоку також залежить від ухилу схилів. Чим він вищий, тим більше швидкість руху води по поверхні і, відповідно, менший час взаємодії ґрунту з водою, що надійшла на його поверхню. Тому збільшення ухилу схилів збільшує коефіцієнт стоку.

### 5.2.3. Показники стоку

Об'єм води, що збігає з певної водозбірної площі за певний термін, називається загальним об'ємом стоку ( $M$ ), який вимірюється у літрах, кубометрах, кубокілометрах. Стік з басейну за одну секунду називається витратою стоку ( $Q$ ). Товщина стоку на площі, з якої він збігає, називається шаром стоку ( $h$ ), який вимірюється у мм і розраховується за формулою:

$$h = \frac{M}{F \cdot 1000},$$

де  $F$  – площа водозбору,  $\text{км}^2$

Витрата ( $Q$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$ ) з одиниці водозбірної площі ( $\text{км}^2$ ) називається модулем стоку ( $q$ ), який вимірюється у  $\text{л}/\text{с} \cdot \text{км}^2$ :

$$q = \frac{Q \cdot 1000}{F}, \quad q = \frac{M \cdot 1000}{F \cdot T},$$

де  $T$  – термін стоку,  $\text{с}$

Тоді:

$$q = \frac{h \cdot 1000}{T}$$

Середньорічний стік називається нормою і може дорівнювати середній витраті, середньому шару або модулю.

#### 5.2.4. Мінливість стоку

Для проектування протиерозійного захисту, що має розраховуватися на максимальний стік, який може проявитися один раз за певну кількість років, недостатньо знати тільки середні показники стоку. Необхідно використовувати поняття забезпеченості чи ймовірності перебільшення.

Забезпеченість стоку – частота прояву стоку розрахованої величини за певний термін, яку визначають у відсотках. Якщо стік буває не менше певної величини один раз за 10 років, то забезпеченість дорівнює 10%, 5 разів за 100 років – 5%. Але це вірно для сніготанення. Для злив (маються на увазі поодинокі зливи) замість років береться кількість злив, яких за рік може випадати декілька.

Це питання важливе і ще до кінця не вирішене. Далі ми повернемося до нього. Для розрахунку забезпеченості низка спостережень розташовується у порядку зменшення і далі використовується формула:

$$P = \frac{m}{n} \cdot 100\%,$$

де  $P$  – забезпеченість, %;  $m$  – порядковий номер числа у ряду, що зменшується;  $n$  – загальне число членів ряду.

Тобто, забезпеченість останнього члена (найменшого) ряду дорівнює 100%. Але при подовженні спостережень може виявитися ще менше значення і ймовірність 100% не реальна, тому:

$$P = \frac{m}{n + 1} \cdot 100\%$$

При проектуванні гідротехнічних протиерозійних споруд розрахунки ведуться на забезпеченість 5-10%, лісомеліоративні й агротехнічні заходи – 10-25%.

Проблема визначення розрахунковим методом об'єму стоку певної забезпеченості ще вимагає поглиблених досліджень. Лідером в цьому питанні нині є професор В.П. Герасименко, який працює в ВНДІ землеробства, лабораторія захисту ґрунтів від ерозії (м. Курськ) (Методичні рекомендації, 1985). Нижче будуть наведені деякі наші розробки, які адаптовано до умов України і потреб розробників проектів протиерозійного впорядкування агроландшафтів.

### 5.2.5. Розрахунок швидкості руху води вздовж схилу

Зливові опади і повеневі води формують у приводороздільній частині схилу калюжі і дрібні цівки з маленькими швидкостями руху води. При їх рухові вздовж схилу йде злиття в окремі великі цівки, глибина і швидкість яких збільшується у міру віддалення від водорозділу. При подальшій концентрації стоку і збільшенні потужності цівок відбувається поглиблення річища потоків із формуванням рівчаків і навіть ярів.

Припустимо, що вода починає рухатись суцільним тонким шаром. Визначимо смугу повздовж схилу завширшки 1 м. За період надходження опадів між двома перерізами  $x$  і  $x+dx$  надходить  $r$  опадів за одиницю часу, а всмоктується  $K$ . Тоді для смуги означеної ширини:

$$\frac{dQ}{dx} = r - K,$$

де  $Q$  – витрата води

$$Q = V_x \cdot w = V_x \cdot h \cdot 1,$$

де  $h$  – глибина шару води.

У міру концентрації стоку в окремі струмки глибина води буде збільшуватися пропорційно зменшенню площі схилу, яка знаходиться під водою:

$$H = h \frac{F}{F_b},$$

де  $H$  – глибина води в струмках;  $F$ ,  $F_b$  – відповідно загальна площа і площа схилу під водою.

Відношення  $F/F_b$  називається коефіцієнтом мікророзчленованості схилу ( $m'$ ).

Тоді:

$$Q = V_x \frac{H}{m'}$$

Визначимо  $V_x$  за формулами Шезі і Базена через  $H$ ,  $I$  і  $n_b$ :

$$V_x = \frac{87 \cdot H \cdot I^{0.5}}{n_b}$$

Тоді:

$$Q = \frac{87 \cdot H^2 \cdot I^{0.5}}{n_b \cdot m'}$$

$$\frac{174 \cdot H \cdot I^{0.5}}{n_b \cdot m'} dH = (r - K) dx,$$

або після інтегрування:

$$\frac{87 \cdot H^2 \cdot I^{0.5}}{n_b \cdot m'} = (r - K) \cdot x$$

$$H = \frac{[(r - K) \cdot m' \cdot x \cdot n_b]^{0.5}}{9.3 \cdot I^{0.25}}$$

Тоді:

$$V_x = \frac{9.3 [(r - K) \cdot x \cdot m']^{0.5} \cdot I^{0.25}}{n_b^{0.5}}; \quad r - K = \sigma \cdot r,$$

де  $\sigma$  - коефіцієнт стоку

$$V_x = \frac{9.3(r \cdot \sigma \cdot x \cdot m')^{0.5} \cdot I^{0.25}}{n_B^{0.5}}; \quad V_x = V_{\Delta x} \left( \frac{H}{\Delta} \right)^{0.17},$$

де  $V_{\Delta x}$  – донна швидкість;  $\Delta$  - розміри виступів шорсткості

$$V_{\Delta x} = \frac{133(r \cdot \sigma \cdot x \cdot m')^{0.42} \cdot I^{0.29} \cdot \Delta^{0.17}}{n_B^{0.58}}$$

$m'=2,5$  – вирівняний схил при оранці поперек схилу;  $m'=5,0$  – теж при оранці повздовж схилу

Вказане вище рівняння дає змогу розрахувати максимальну швидкість на відстані  $x$  від водорозділу. Середня швидкість потоку на відрізьку від 0 до  $x$  дорівнює 0,65 від максимальної.

Рівняння одне з основних у процедурі (технології) ґрунтово-ерозійної експертизи землевпорядних рішень.

### **5.3. Критичні швидкості водного потоку, які відповідають різним рівням змиву**

#### **5.3.1. Фізичний сенс критичних швидкостей**

На дні розташована частка, яка має середній діаметр  $d$ . На передню грань частки сила потоку впливає позитивно, а тильну – негативно через створення за часткою зони вихорів і циркуляцій. Сума цих сил називається лобовою силою ( $P_l$ ), яка намагається перевернути частку через точку опори. Величина лобової сили пропорційна квадрату донної швидкості потоку  $V_{\Delta}$ , площі зрізу частки і щільності рідини ( $\rho$ ):

$$P_l = a_1 \cdot \rho \cdot d^2 \cdot \frac{V_{\Delta}^2}{2g},$$

де  $a_1$  – коефіцієнт пропорційності;  $g$  – прискорення вільного падіння.

Крім того, на частку діє підйомна сила  $P_n$  і архімедова сила  $P_g$ .

При досягненні деякої швидкості, коли частка переходить у стан несталої рівноваги, сума моментів лобової і підйомної сили дорівнює моменту сили, що утримує частку на місці. Найбільша швидкість потоку,

за якої ще не відбувається переміщення частки, називається нерозмиваючою або незсуваючою швидкістю  $V_H$ :

$$V_{\Delta H} = B \cdot \sqrt{\frac{g \cdot (\rho - \rho_0) d}{\rho_0}},$$

де  $B$  – емпіричний коефіцієнт;  $\rho$  - щільність частки;  $\rho_0$  – щільність рідини

Найбільш відома формула Гончарова:

$$V_{\Delta H} = 1.25 \sqrt{\frac{2g \cdot (\rho - \rho_0) d}{3.5\rho_0}}$$

Слід відзначити, що поняття “нерозмиваюча швидкість” не має фізичного сенсу щодо реальних ґрунтів.

Найбільшою мірою цій вимозі (фізичний сенс) відповідає так звана розмиваюча швидкість потоку ( $V_p$ ), під якою розуміється така найменша швидкість за якої настає безперервний відрив ґрунтових часток, що веде до початку ерозії ґрунту. На такому визначенні базується візуальний метод знаходження розмиваючої швидкості потоку для пов’язаних і достатньо сильно зв’язаних ґрунтів. Дійсно, при збільшенні швидкості потоку спостерігається така поведінка часток на дні, за якою можна визначити мінімальну швидкість, за якої настає стале переміщення часток потоку. Можна вважати, що:  $V_p = 1.41 V_H$ .

### **5.3.2. Метод розрахунку критичних швидкостей потоків для ґрунтів**

Експериментальне визначення розмиваючих швидкостей потоку є досить тривалою процедурою при наявності спеціального обладнання. Це питання теоретично досить добре опрацьовано. Роботи Ц.Е.Мірцхулави (1967, 1970), М.С.Кузнєцова (1981) дозволяють довіряти розрахунковим значенням розмиваючих швидкостей.

Формула нерозмиваючої швидкості заснована на уявленні, що критична швидкість потоку прямо пропорційна кореню квадратному з

діаметра частки, але це не завжди вірно у всьому діапазоні розмірів часток, які зустрічаються в ґрунті. Для часток ґрунту, які мають розмір менше за 0,02 мм характерне виникнення сил зчеплення. У ґрунті виділяється внутрішньо агрегатне зчеплення, яке дає про себе знати при контакті ґрунту з водою у водотривкості агрегатів; і міжагрегатне, яке виникає у місцях контакту ґрунтових агрегатів одне з одним. Зчеплення виникає не тільки внаслідок взаємотяжіння часток, але й під впливом клейких речовин і корневих систем рослин.

У більшості випадків у ґрунтах проявляються усі сили зчеплення, результуючу яких можна визначити експериментально гідроцівковим методом (Булигін, Думін, Куценко, 2002). Показники зчеплення, що визначаються чи розраховуються, включаються у структуру формули критичної швидкості водних потоків.

М.С.Кузнєцов (1981) на підставі робіт Ц.Е.Мірцхулави (1967, 1970) розробив формулу розмиваючої швидкості, яка найбільш повно враховує особливості протиерозійної стійкості ґрунтів. У наступних главах ця формула буде розглянута детально.

### **Контрольні запитання**

1. Закономірності руху рідини.
2. Основні гідравлічні характеристики потоку.
3. Режими течії.
4. Закономірності руху рідини.
5. Коефіцієнт шорсткості поверхні.
6. Розподіл швидкостей водних потоків за вертикаллю.
7. Поняття – вододільна лінія, водозбірна площа, басейн.
8. Метод розрахунку критичних швидкостей потоків для ґрунтів.
9. Елементи балансу води для басейну.
10. Показники стоку.
11. Мінливість стоку.
12. Розрахунок швидкості руху води вздовж схилу.
13. Фізичний сенс критичних швидкостей.

## ГЛАВА 6. ФАКТОРИ ВОДНОЇ ЕРОЗІЇ ҐРУНТІВ

Ерозія ґрунтів - результат складної взаємодії природних факторів і господарської діяльності людини. При цьому останнє існує якби у двох “обличчях”: вона головна (а в більшості випадків – єдина) причина ерозії і вона ж – провідний фактор. Фактори ерозії можна поділити на дві групи. Перша група – фактори, які формують поверхневий стік води: клімат (режим, кількість і енергія опадів, температурний режим ґрунтів, діяльність поверхні, повітря та інше) і геоморфологічні параметри місцевості, її рельєф. Друга група – фактори, які визначають рівень еродованості ґрунтів, його динаміку у часі і просторову варіабельність (фактор ґрунту), ступінь захисту рослинністю, господарську діяльність людини. Співвідношення цих двох груп факторів визначає початок і розвиток ерозійних процесів.

### 6.1. Кліматичні фактори

Клімат впливає на інтенсивність ерозії безпосередньо (прямо) і побічно. Безпосередній вплив клімату характеризується значенням таких показників: шар опадів, режим і інтенсивність дощу, енергія крапель, шар снігу й інтенсивність його танення, глибина промерзання ґрунту. Побічно клімат впливає через зміну ерозійної стійкості ґрунту. Наприклад, багаторазовий перехід температури повітря взимку через 0<sup>0</sup>C призводить до розпилення структурних агрегатів, що значно підвищує ерозійну і дефляційну небезпеку. На процес деагрегації істотно впливає коливання вологості ґрунту: висихання-намокання. Відомо, що рівень вологозабезпеченості певною мірою визначає інтенсивність ерозії ґрунту. А.Аллісон і Д.Палмер (1984) вважають, що в природних умовах найбільше мілкозему виноситься там, де за рік випадає 25-35 см атмосферних опадів. Такої кількості води достатньо для того, щоб виник значний поверхневий

стік, і занадто мало, щоб сформувати задовільний захист рослинного покриву. Для умов України кількість річних опадів становить 400-500 мм. Найбільша інтенсивність ерозії спостерігається у перехідній зоні між Степом і Лісостепом.

За даними Г.А.Ларіоновим (1991) питома витрата і об'єм поверхневого стоку - одного із основних агентів водної ерозії - при інших рівних умовах визначаються інтенсивністю і шаром опадів. Максимальна витрата поверхневого стоку забезпечується при максимальній інтенсивності опадів за відрізок часу, який дорівнює часу схилового добігання. Останній залежить від довжини схилу і гідравлічної шорсткості поверхні ґрунту. Відповідно до “Инструкций по определению расчетных гидрологических характеристик при проектировании противоэрозионных мероприятий на Европейской части СССР” (1979) середній час добігання для орних схилів степової зони дорівнює 30 хв.

Традиційно ерозіознавці приділяли й приділяють значну увагу показникам, які кількісно оцінюють ерозійну здатність опадів. Одним із найбільш відомих показників є так званий фактор R з універсального рівняння ерозії США - ерозійний індекс опадів. Він дорівнює добутку загальної кінетичної енергії і максимальної інтенсивності дощу за 30 хв. і визначає сумарний ефект удару крапель дощу та турбулентності потоку при транспортуванні ґрунтових частинок. Проте емпірична суть показника R не дає можливості для його використання в теоретичних моделях ерозії, які обґрунтовані фізично. Використання емпіричної моделі для опису будь-якого деградаційного процесу, і особливо такого загрозливого і динамічного як ерозія, нині повинно розглядатися як вимушений захід через недостатню вивченість його природи й закономірностей, оскільки дослідника чекає небезпека нескінченного її удосконалення. Тут можна навести як приклад одне порівняння. Уявимо собі, що не було Ньютона і не існує фізичних законів, що він відкрив. Як би вирішувалася задача щодо визначення часу падіння фізичного тіла, яке має велику вітрилість?

Скільки б було необхідно знати емпіричних коефіцієнтів - поправок на вітер, температуру, атмосферний тиск і інше, які можна визначити тільки шляхом проведення активних експериментів із конкретним об'єктом? А якщо взяти інший об'єкт (тіло) дослідження? Це нескінчений, а головне малопродуктивний процес. Геній Ньютона позбавив нас від цих труднощів.

В теоретичних моделях ерозії найбільш перспективним є використання прямих фізично обумовлених показників (шар, інтенсивність, енергія тощо), злив рідкої повторюваності. Докладніше цей тезис буде розкрито у наступних главах. Шар повенеких вод при сніготаненні визначається багатьма показниками, що мають яскраво виражений стохастичний характер: потужність снігу, інтенсивність його танення, глибина промерзання і вологість ґрунту, агрофон тощо. Тому зробити задовільний прогноз шару талого стоку дуже складно, а може й не потрібно. Щоб оцінити ерозійну небезпеку при сніготаненні необхідно знати тільки показники шару талого стоку й інтенсивність сніготанення рідкої повторюваності. Для цього нами розроблені відповідні карти, за якими ці показники легко визначаються.

Ерозія ґрунту під час дощу зумовлюється підсумковим впливом потоку води і дощових крапель, що падають. Краплі дощу руйнують ґрунтові агрегати, різко підвищують турбулентність потоку, що підвищує його розмиваючу і транспортуючу здатність. Крім того, вони навантажують потік ґрунтовими частками, які відриваються при сплесках. Дощові краплі мають велику кінетичну енергію, але більша її частина (близько 2/3) витрачається на ущільнення ґрунту. Удари крапель піднімають у повітря десятки тон ґрунту на одному гектарі, частина якого виноситься потоками води. На схилі при розбризкуванні ґрунту результуюча втрата ґрунту спрямована донизу, що визначається більш довгим стрибком ґрунтової частки донизу, ніж уверх по схилу.

Кінетична енергія дощової краплі залежить від її розміру й швидкості. Відомо, що через деякий час рух краплі у повітрі стає постійним, тобто рівномірним. Максимальна швидкість падіння визначається станом атмосфери й розміром краплі. В.В.Сластихін (1964) запропонував наступну залежність:

$$V_k = 13\sqrt{d_k},$$

де  $V_k$  – швидкість падіння дощової краплі, м/с;  $d_k$  – діаметр краплі, см.

Для практичних цілей можна використовувати такі дані:

Діаметр краплі, мм	0,1	0,3	0,5	1	2	3	4	5	6
Кінцева швидкість, см/с	27	117	206	403	649	806	883	909	930

Постійна швидкість падіння великої краплі досягається при її падінні з висоти біля 20 м, дрібної – з меншої.

На кінетичну енергію крапель дощу істотно впливає вітер. Вітер може прискорювати падіння крапель у 5 і більше разів. Розмір краплі знаходиться у певній залежності від інтенсивності дощу. В таблиці 6.1. наведені характерні інтенсивності дощів, розміри крапель і швидкості їх падіння.

Таблиця 6.1

**Розмір і швидкість дощових крапель залежно від інтенсивності дощу  
(Мірцхулава, 1970)**

Характер опадів	$r$ , мм/хв.	$d_k$ , мм	$V_k$ , м/с
Туман	-	0,01	0,003
Густий туман	0,0003	0,1	0,25
Дощ:			
дрібний	0,0042	0,2	0,75
легкий	0,016	0,45	2,0
помірний	0,066	1,0	4,0
сильний	0,25	1,5	5,0
дуже сильний	0,66	2,1	6,0
Злива	1,67	3,0	7,0

## 6.2. Топографічні фактори

Рельєф земної поверхні є сукупністю її геометричних форм, які утворилися в результаті складної взаємодії земної кори з водною, повітряною і біологічною оболонками Землі. С.С.Соболев (1948) писав, що “рельєф являється вершителем судеб ерозионного процесса”. Дійсно, завдяки перепаду височин атмосферні опади, що надійшли на земну поверхню, одержують потенційну енергію, яка трансформується в живу силу водних потоків і здійснює роботу відриву й транспортування часток породи чи ґрунту. Тому дослідження ролі рельєфу в розвитку ерозійних процесів було і є в полі зору багатьох вчених. Але ця наукова проблема ще далека від свого розв’язання.

За Г.А.Ларіоновим (1991) при узагальненні емпіричних даних в емпіричних моделях ерозії вплив похилу (I) і довжини схилу (L) на середній змив ґрунту (W) в загальному випадку описується у вигляді рівняння:

$$W = \alpha_p \cdot I^n \cdot L^p$$

де:  $\alpha_p$  - вплив інших факторів на змив; n і p - регресійні коефіцієнти.

Ерозійна робота виконується за рахунок живої сили схилових потоків, тому вплив рельєфу на змив ґрунту все ж таки має непрямий характер і може виявлятися через ті гідравлічні характеристики водних потоків, які безпосередньо залежать від довжини і крутості схилів, їх форми, густоти й структури гідрографічної мережі. Вплив форми профілю схилу на змив ґрунту відзначався багатьма дослідниками. В загальному вигляді цей вплив описується елементарними правилами.

На схилі опуклої форми змив більший, ніж на прямому, а на ввігнутому - менше. Були спроби дати кількісну характеристику цього явища. Наприклад, Б.В.Поляков (1946) рекомендував такі коефіцієнти для обліку впливу форми схилу на змив: 0,5 - для ввігнутого і 1,5 - для

опуклого. Але термін "опуклий" і "ввігнутий" схил дає лише загальне уявлення про його форму. Тому усе різноманіття схилів і вплив форми їх профілю на змив ґрунту постійними коефіцієнтами може бути оцінено дуже приблизно. Проте це питання має велике значення при проектуванні протиерозійних заходів.

Підрахунки енергетичного балансу сучасних рельєфоутворюючих процесів свідчать, що головне джерело енергії - променева сонячна енергія, яка переважає енергію ендоземних процесів на три порядки. У зв'язку з цим заслуговує на увагу погляд О.В.Позднякова і І.Г.Черваньова (1990), які вважають, що вплив на рельєф "з позиції сили", тобто без урахування внутрішньої структури, характеру зв'язків, місця рельєфу в системі географічної оболонки, співвідношення біологічного і абіогенного витоків будови земної поверхні, не приносить очікуваних результатів. "Штучні рельєфи" вимагають постійної уваги або періодичної перебудови поверхні, створення інженерних споруд й інших заходів, які перетворюють рельєф у штучну забудову, що не може бути системою в первинному розумінні. Самореалізація рельєфу може бути зрозуміла лише в системі самоорганізації географічного ландшафту, а на орних і/або інтенсивно використовуваних землях - ще і з урахуванням зовнішнього антропогенного впливу на ландшафт. Це положення особливо актуальне при створенні протиерозійного захисту агроландшафтів, які за своєю стійкістю й збалансованістю повинні наближатися до природних ландшафтів. Одним із найбільш домінуючих процесів, що формують рельєф земної поверхні, є ерозія ґрунту і підґрунтя, яка у свою чергу залежить від довжини (L) і крутизни схилів.

Вплив окремих елементів рельєфу та їх комплексів на хід ерозійних процесів вивчали видатні вчені сучасності (Соболев, 1948; Холуп`як, 1961; Федотов, 1975; Скородумов, 1976; Сурмач, 1976; Гаршенъов, 1980; Іванов, 1983; Ларіонов, 1993 та інші). Опрацьована значна кількість емпіричних залежностей, показників та коефіцієнтів, які відображають вплив фактора

рельєфу на ерозію ґрунтів. Але більшість положень, які були прийняті при розробці залежностей залишаються суперечливими і потребують подальшого уточнення. Невиправдано велика увага надається вивченню впливу на ерозію ґрунтів форми схилів та їх експозиції. Мабуть, це непродуктивний, і навіть безвихідний шлях. Так, вплив форми схилу можна врахувати, якщо розбити схил на елементарні ділянки, що дає змогу позбутися всієї низки емпіричних коефіцієнтів. Вплив експозиції фактично автоматично враховується через параметри ерозійної стійкості ґрунтів (тут буде доречно пригадати класичний вираз В.В.Докучаєва, що ґрунт є дзеркалом рельєфу) і кліматичні показники, які визначають ерозійну здатність повеневих вод і злив.

Отже, довжина схилу та ухил земної поверхні досить повно відображають вплив рельєфу на ерозію ґрунтів. Дуже важливо, що ці показники фізично обумовлені і для оцінки ерозійної небезпеки ділянки чи всієї місцевості. Вони використовуються безпосередньо без емпіричних залежностей. Безперечно, рельєф - дуже важливий фактор, який визначає небезпеку і розвиток ерозії, але не варто його і переоцінювати. Особливо небезпечним є створення конструкції протиерозійного захисту сільськогосподарських угідь тільки на підставі параметрів рельєфу (наголосимо, що саме такий підхід має значне поширення в проектах протиерозійного захисту, що розробляються). В кращому випадку, таке впорядкування не дозволить досягти бажаних результатів (припинити ерозію), а частіше - обумовить прискорення ерозійних процесів.

Таке коротке резюме щодо впливу фактору рельєфу має бути доповнене деяким поясненнями.

Рельєф землі не тільки визначає особливості формування стоку талих і дощових вод і, відповідно, процесів ерозії і просторовий розподіл еродованих ґрунтів. Він, своєю чергою, формується під впливом ерозії ґрунтів і підґрунтя.

Стік формується у межах водозбору – території, яка обмежена водороздільною лінією. Елементами водозбору є вододіли, схили і гідрографічна мережа. Вододільним простором або водорозділом (на відміну від вододільної лінії) на рівнині є міжріччя, яке не має стоку у будь-яку річну систему. Тобто це простір, який прилягає до вододільних ліній. Гідрографічною мережею називають мережу понижень, за якими проходить стік поверхневих вод. У плані (надір) ця мережа понижень має вигляд розвиненого дерева. Розрізняють такі елементи суходільної мережі (Козьменко, 1954; Арманд, 1955):

**Улоговина** – верхній ланцюг гідрографічної мережі, який прилягає до найбільш високих частин водозборів і має невелику глибину (0,5-2 м), похилі схили, що повільно переходять у плакорний простір водозбору. Схили улоговин навіть у самих крутих місцях не бувають більші за 3-8<sup>0</sup>. Водозбір улоговин, як правило, не перевищує декількох десятків гектарів. Улоговини у більшості випадків розорюють.

**Лощина (виярок)** – елемент гідрографічної мережі, який відрізняється від улоговин більш різким контурами, глибиною й ухилом схилів (8-15<sup>0</sup>), а також геологічною будовою берегів. Потужність підгрунтя і ґрунтів залежить від експозицій: на південних схилах вона менша у порівнянні з північними (протилежними). Річища потоку на дні лощини не буває. Лощини вже не обробляють, їх доцільно засівати травами.

**Балка (байрак)** - це витягнута западина, яка відокремлена від примережевого схилу добре визначеною бровкою і має зовнішню асиметрію берегів, ґрунтів і підгрунтя. На крутих сонячних схилах ґрунти й підгрунтя мають малу потужність, а можуть бути і відсутні. На тіньових берегах, які є більш похилими, формується потужний шар лесу або лесоподібного суглинку. Глибина балок зазвичай дорівнює 6-20 м, ширина – 60-200 м, ухил берегів – 10-15<sup>0</sup> (може доходити до 35<sup>0</sup>), площа водозбору – від 250 га до декількох тисяч гектарів. Характерною особливістю балки є, звичайно, добре виразне річище тимчасового водотоку на її дні. На схилі

балок спостерігаються тераси. З глибоких балках витікають підґрунтові води. Широкі днища вкриті трав'янистим покривом. Балки впадають у річні долини. Вважається, що балка – це яр, який зупинився у своєму розвиткові. Більшість балок – продукт так званої стародавньої геологічної ерозії під впливом талих вод льодовиків.

*Долина ріки* – найбільш стародавній ланцюг гідрографічної мережі, який відрізняється від балки наявністю постійного водотоку і пов'язаних з ним характерних форм рельєфу: заплавл, притерасових западин, прирічищних валів.

Формування гідрографічної мережі на рівнинах відбулося у льодовиковий період, коли гігантські потоки води розмивали поверхню, намітали покривні породи, які вкрилися рослинністю і трансформувалися у ґрунти (Козьменко, 1954).

Переважну частину території водозборів займають схилі землі. Схили різняться за формою, довжиною, ухилом і експозицією. Виділяється повздовжній і поперечний профілі схилів. За формами повздовжнього і поперечного профілів схили бувають прямі, опуклі й увігнуті. Зустрічаються схили складної форми: опукло-увігнуті, увігнуто-опуклі і східникові. При опуклій формі поперечного профілю схилу стік на цьому схилі розсіюється; при увігнутій формі – збирається.

*Довжина схилу* – відстань від водорозділу до бровки елементу гідрографічної мережі. Довжина схилів істотно залежить від ступеня розчленованості території, яку можна характеризувати коефіцієнтом розчленованості  $K$ :

$$K=L/S,$$

де  $L$  – довжина долинної і балочної мережі, км;  $S$  – площа певної території, км<sup>2</sup>.

Довжина схилу ( $l$ ) дорівнює:

$$l = \frac{1}{2K}, \text{ км}$$

Тобто, чим більше  $K$ , тим менша середня довжина схилів.

За класифікацією М.М. Заславського (1987) схили поділяються на:

надмірно короткі	<50 м
дуже короткі	100 м
короткі	до 200 м
середні	до 500 м
підвищеної довжини	до 1000 м
довгі	до 2000 м
дуже довгі	до 4000 м
надмірно довгі	>4000 м

Ухилом (похилом) місцевості (I) називається величина, що дорівнює співвідношенню висот двох точок на лінії найбільшого ухилу схилу (b) до горизонтальної проекції відстані між ними ( $\Delta h$ ):

$$I = \frac{\Delta h}{b} = \operatorname{tg} \alpha, \operatorname{tg} 1^{\circ} = 0.0175$$

Пропонується наступна класифікація схилів за ухилом (Брауде, 1955):

слабоположисті	<1°
положисті	<2°
похилі	2-5°
похило-круті	5-9°
круті	9-20°
дуже круті	20-30°

Базис ерозії – горизонтальна поверхня, на рівні якої ерозія припиняється. Для яру, наприклад, базисом ерозії може бути рівень річища балки, заплави чи меженний рівень води ріки. Абсолютним базисом ерозії є рівень світового океану.

### 6.3. Ґрунтові і літологічні фактори

Ґрунт - це той об'єкт, який саме і піддається руйнуванню ерозійними процесами. Тому його властивості і стан в більшості випадків є домінантою серед факторів ерозії. Розбіжності між прогнозуючими

(розрахунковими) і фактично визначеними даними ерозійних втрат ґрунту визначаються не стільки недостатнім урахуванням гідромеханічних факторів (які всебічно вивчаються протягом багатьох десятиріч), а скільки тим, що дотепер недостатньо враховувалися характеристики ґрунту і підґрунтя, які визначають ерозійну стійкість. Тому надзвичайно важливо одержати залежності показників, які визначають її параметри.

Стойкість або, навпаки, піддатливість ґрунту до впливу активних агентів ерозії (дошовим краплинам, водним потокам) - складна комплексна характеристика ґрунту. Це знайшло відображення як в тлумаченні цієї ґрунтової характеристики, так і в методах щодо її визначення. В англійській літературі усталився термін "змиваємість ґрунту", який вперше запропонований Х.Е.Мідлтоком (Midlton, 1930), що еквівалентно нашому "ерозійність". У поширеній формі у наш час (erodibility) він вперше наводиться у роботі Х.Л.Кука (Cook, 1936). У вітчизняній літературі більш поширений термін "протиерозійна стійкість ґрунту", який вперше запропонований С.С.Соболевим і С.І.Пономарьовою (1945). Дещо пізніше В.Б.Гуссак (1950) запропонував термін "еродуємість", котрий за змістом протилежний першому.

У ці поняття вкладено дуже різний зміст, починаючи від деяких суто ґрунтових характеристик (гранулометричний склад, агрегатність, вміст органічної речовини, склад ґрунтового поглинального комплексу, співвідношення окислів кремнію до полуторних окислів, співвідношення коефіцієнту дисперсності до гранулометричного показника структурності, водотривкість агрегатів ґрунту, гідрофільність тощо) до інтенсивності змиву чи розмиву ґрунту в певних стандартних умовах.

Показники, що характеризують ерозійну стійкість, можна поділити на чотири види: 1)- критична розмиваюча швидкість; 2)- швидкість розмиву ґрунту чи підґрунтя цівкою води в стандартних умовах; 3)- кількість змитого ґрунту, який відноситься до ерозійного потенціалу опадів чи об'єму (шару) стоку; 4)- відносна характеристика, яка дорівнює

співвідношенню перерахованих вище показників до аналогічних показників ґрунту, які прийняті за еталон.

Ерозійна стійкість в Універсальному рівнянні ерозії кількісно характеризується так званим фактором К, який відображує той факт, що за інших рівних умов ерозія різних ґрунтів має різну інтенсивність. Безпосереднє вимірювання фактора К потребує значної витрати праці й коштів, складного обладнання. Тому автори Універсального рівняння ерозії розробили цілу низку рівнянь множеної регресії, які застосовуються для широкого спектру ґрунтів і перетворюються у номограми. З моменту одержання цих номограм західні ерозіознавці (і не тільки західні) і дотепер ведуть інтенсивні дослідження з їх уточнення та вдосконалення. Тобто, в принципі, процес удосконалення емпіричних залежностей (Універсальне рівняння ерозії - яскравий приклад) - нескінченний. Для виконання різних доповнень Універсального рівняння ерозії витрачаються величезні наукові сили. Тільки в США (і тільки на стадії розробки структури рівняння) для цього використані результати спостережень на стокових майданчиках об'ємом більше за 10000 майданчи́ко-років.

У той же час були отримані результати досліджень на експериментально-теоретичному рівні з меншими витратами коштів і часу порівняно з розробкою емпіричної моделі. В літературних джерелах широко представлені методики кількісного визначення показника еродуємості ґрунту, що опрацьовані вченими колишнього СРСР, які за своєю суттю близькі до методології Універсального рівняння. Як приклад, можна назвати роботи Г.І.Швебса (1974, 1981) і А.Б. Лавровського (1985, 1990), що відзначаються завершеністю й можливістю до практичного застосування на території України.

Ц.Є.Мірцхулава (1970, 1988) і М.С.Кузнєцов (1981) зробили досить повний огляд результатів досліджень багатьох авторів, що присвячені піддатливості (або, навпаки, опірності) ґрунту ерозії шляхом вимірювання деяких фізичних, хімічних і фізико-хімічних його властивостей.

Розпорошені ґрунти швидше піддаються змиву у порівнянні зі структурними. Сталі по відношенню до ерозії ґрунти морфологічно характеризуються слабо виразною диференціацією на генетичні горизонти і поступовим переходом одного горизонту у другий, структурністю (агрегатністю), доброю водопроникністю.

Для хімічного складу таких ґрунтів характерне збагачення їх органічною речовиною і полуторними окислами ( $\frac{\text{SiO}_2}{\text{R}_2\text{O}_3} < 2$ ).

Водопроникність ґрунту є важливою характеристикою водно-фізичних властивостей ґрунтів. Вона може розглядатися як непрямий показник стану води по поверхні ґрунтів, і, відповідно, протиерозійної стійкості і змиву дрібнозему. Має місце тісний позитивний зв'язок між водотривкістю структурних агрегатів, вмістом гумусу і водопроникністю (Качинський, 1970; Назаров, 1981; Блек, 1973).

Аналіз показує, що склад і якість структурних агрегатів (перш за все водотривкість) і зв'язність їх один з одним - домінуючі агрофізичні параметри, що визначають ерозійну стійкість ґрунтів.

Методики визначення ерозійної стійкості можна поділити на:

1) Методики, що засновані на визначенні зміни стійкості ґрунту до розмиву цівкою води. Вперше запропонували цю методику В.В.Охотін і О.А.Смірнова (1931). Найбільш повно її розробив і запропонував до широкого використання Г.В.Бастраков, що досить ретельно викладено в його монографії. Протиерозійну стійкість ґрунту в даній точці він пропонує характеризувати безрозмірним критерієм, який дорівнює співвідношенню ерозійної стійкості, яка, в свою чергу, визначається співвідношенням потужності горизонтальної цівки води до швидкості розмиву циліндричного зразка, до добутку цілої низки коефіцієнтів, які враховують площу водозбору, шорсткість поверхні, ухил, водопроникність, максимально можливий стік в даній місцевості. Методика Г.В. Бастракова дозволяє оцінювати ерозійну стійкість ґрунту в

одинацях системи СІ, що, безумовно, є значною перевагою.

2) Методики визначення ерозійної стійкості ґрунтів за допомогою штучного дощування (фізичного моделювання зливової ерозії). Ця методика використовувалась американськими дослідниками при визначенні фактору К Універсального рівняння, багатьма вітчизняними ерозіознавцями. Використовується вона і для визначення параметрів еродуємості моделі WEPP. До цієї групи надходять методики визначення кількісних параметрів ерозії у натурних умовах на стокових майданчиках. До того ж, дані, що одержані на стокових майданчиках, є опорними і повної заміни їм поки що немає (Сурмач, 1976; Швєбс, 1981, Ерозия почв, 1984).

3) Умови змиву й розмиву, які наближаються до природних, дозволяють формувати спеціальні прилади - ерозійні лотки, в які розміщується ґрунт. Глибокі дослідження в лотках провели В.Б.Гуссак (1959), Ц.Є.Мірцхуліва (1967,1970) і М.С.Кузнєцов (1981). Останній наводить досить вичерпну історію питання і називає провідних дослідників ерозійної стійкості ґрунту методом розмиву його в лотках. Стійкість ґрунту до змиву характеризується величинами нерозмиваючої і розмиваючої (критичної) швидкостями водного потоку.

Концептуально інтенсивність змиву визначається співвідношенням фактичної швидкості руху води по поверхні схилу до розмиваючої швидкості. Чисельник співвідношення залежить від водопроникності і гідрологічної шорсткості діяльної поверхні. Знаменник визначається водотривкістю структурних агрегатів чи гранулометричних часток і їх зв'язністю.

Таким чином, ґрунт як фактор ерозії достатньо характеризується параметрами агрегатного складу й водопроникності - найважливішими агрофізичними властивостями ґрунтів (Булігін, 1990). Принципово важливо, щоб ці параметри ґрунтів, які визначають ерозійну стійкість, застосовували при математичних моделях ерозії, що використовують для

оцінки небезпеки і прогнозу розвитку ерозії, безпосередньо без введення будь-яких непрямих залежностей. Цей основний критерій повинен бути провідним при оцінці працездатності й адекватності цих моделей, тому що властивості ґрунту - домінуючий фактор ерозії, що багатьма дослідниками ігнорується або не усвідомлюється.

### **6.3.1. Вплив властивостей ґрунтів на формування дощового стоку**

Поверхневий стік при випаданні дощу виникає, коли його інтенсивність перевищує водопроникність ґрунту, яка з часом зменшується.

Теоретично ймовірні три варіанти формування стоку:

- стік виникає практично зразу після початку зливи ( $t_n=0$ ), що трапляється при перебільшенні інтенсивності опадів ( $r_1$ ) початкової водопроникності ґрунту ( $K_0$ );
- стік з'являється на час ( $t_n$ ), коли водопроникність урівнюється з інтенсивністю опадів ( $r_2$ );
- стік взагалі не формується, коли інтенсивність опадів досягає сталого значення водопроникності ( $K_{ст}$ ).

Другий сценарій найбільш імовірний. Водопроникність ґрунту поділяється на дві стадії: всмоктування і фільтрація. При заповненні ґрунтових шпарин (перша стадія) відбувається формування суцільного рівномірного потоку по капілярах (друга стадія). Високогумусовані ґрунти, які мають високу водотривкість структурних агрегатів, мають найбільшу водопроникність, яка зменшується при переущільненні. Але слід зазначити одну особливість – майже всі ґрунти України мають меншу водопроникність порівняно з показниками зливи 10%-ної забезпеченості. Тобто, ні один ґрунт не може сам себе захистити від поверхневого стоку.

### 6.3.2. Особливості формування стоку при сніготаненні

Сніготанення залежно від погодних особливостей весни може бути радіаційним і адвективним.

*Радіаційне сніготанення* відбувається вдень при ясній погоді за рахунок поглинання сонячного випромінювання. Воно починається після сходу і закінчується до заходу сонця. Максимум сніготанення припадає на час, коли спостерігається максимум сонячного сьйва.

*Адвективне сніготанення* відбувається при хмарній погоді за рахунок притоку теплових повітряних мас. Цей процес різко підсилюється рідкими опадами і може відбуватись продовж цілої доби (тобто і вночі).

На початку сніготанення шорсткість каналів у масі снігу, за якими тече вода, значно висока, тому в потоках превалює ламінарний режим. По мірі зростання інтенсивності сніготанення, рух води стає все більш турбулентним. На режим сніготанення істотно впливає лісосмуга. Замет перед лісосмугою спочатку працює як дамба. Потім вона може бути прорізана стоком, що призводить до появи високої ймовірності яружної ерозії. Крім того, присмуговий простір набагато пізніше (тиждень і більше) можна буде обробляти. Тому проблема конструкції лісосмуг має не тільки агролісомеліоративний аспект, а й ерозійний. Система лісосмуг має забезпечувати якомога рівномірніший розподіл снігового покриву.

### 6.4. Біогенні фактори

Рослини по різному впливають на процеси ерозії. Дрібні корінці скріплюють ґрунтові агрегати, збільшують їх водотривкість, створюють міцні еластичні зв'язки між ними. Рослинність, крім того, побічно впливає на протиерозійну стійкість ґрунтів, що позначається на зміні гідрологічного й біологічного режимів ґрунту.

Безпосередній вплив рослинності на протиерозійну стійкість досить ретельно вивчив Ц.Е.Мірцхулава (1967). За його даними, люцерна і райграс сприяють збільшенню показника протиерозійної стійкості, розмиваючої швидкості потоку у 1,4-2,0 рази. Протиерозійна ефективність

рослин в першу чергу визначається розміром мички корневих систем. Тому просапні культури майже не сприяють збільшенню розмиваючої швидкості. Зернобобові збільшують її приблизно у 1,2 рази, зернові – у 1,3, бобові без злаків – в 1,7 разів, лучні рослини – в 3 рази. На процеси ерозії істотно впливає також надземна частина рослин. Листя і стебла рослин, особливо дерев, затримують частку опадів. За даними О.О.Молчанова (1960) крони дерев у хвойних лісах затримують до 53% річних опадів. У літні місяці ліс може зменшити надходження дощових опадів у ґрунт на 20-30%, у тому числі лісова підстилка – на декілька мм.

Головне, що добре розвинутий рослинний покрив зберігає ґрунт від ударів дощових крапель, збільшує водопроникність ґрунту, створює високу гідрологічну шорсткість поверхні, зменшує швидкість схилового потоку. Рослинність є потужним важелем впливу людини на процеси ерозії ґрунтів.

П.Г.Захаров (1971) пропонує розмістити (в напрямку зменшення) рослинність за протиерозійною ефективністю в такій послідовності:

- 1) лісові дерево-чагарникові насадження;
- 2) трав'яниста природна рослинність і багаторічні сіяні трави;
- 3) плодові дерева й чагарники при задернені поверхні ґрунту;
- 4) посіви сільськогосподарських однорічних культур:
  - а) злаково-бобові;
  - б) зернові;
  - в) бобові;
  - г) просапні.

Для кількісної оцінки протиерозійної ефективності рослинності опрацьована досить значна кількість емпіричних показників. Як найбільш типовим можна назвати пропорцію І.С.Костянтинова (1977), за якою ступінь захисту ґрунту рослинністю визначається за формулою:

$$K_z = \frac{C_n - C_k}{C_n},$$

де:  $K_3$  – коефіцієнт захисту ґрунту;  $C_{п}$  – змив з чорного пару;  $C_{к}$  – змив з поля, яке зайняте культурою.

### 6.5. Антропогенні фактори

Вплив господарської діяльності людини на процеси ерозії важко переоцінити. Дія цього фактору виявляється побічно через інші фактори ерозії ґрунтів. В процесі господарської діяльності людина змінює результуючу суми факторів ерозії ґрунтів, як правило, у бік різкого її прискорення. Тобто, як це було викладене раніше, господарська діяльність є причиною сучасних ерозійних процесів і провідним її фактором.

Фактор протиерозійних заходів - це співвідношення кількості втрат ґрунту при їх запровадженні до втрат в умовах обробітку повздовж схилу або по відношенню до вирівняної поверхні чорного пару. В.Д.Панников (1980) досить повно визначив вимоги до протиерозійних заходів. Гідрологічний (а, отже, і ґрунтозахисний) ефект будь-якого протиерозійного заходу залежить, головним чином, від впливу на інтенсивність і тривалість інфільтрації води в ґрунт при зливових опадах або сніготаненні. За інших рівних умов стік води буде меншим при таких способах обробітку, які створюють більшу шорсткість поверхні і високу її шпаруватість. Ущільнення, вирівнювання поверхні, знищення рослинних решток неминуче збільшує поверхневий стік води і змив ґрунту. Вплив обробітку на властивості ґрунту, які визначають ерозійну стійкість, вивчало багато вчених. Мабуть, в ерозіознавстві цьому питанню присвячена найбільша кількість публікацій. Аналіз цих робіт виявив чітку тенденцію, що однозначно оцінити ефективність певного агротехнічного заходу неможливо. Пригадаємо для прикладу, як зайшла у глухий кут наукова дискусія про великомасштабний полтавський експеримент щодо впровадження безполіцевих технологій обробітку під науковим керівництвом професора Національного аграрного університету М.К. Шикіули. Опоненти так і залишилися кожен при своїй думці. Дещо

відрізняються від такого "безапеляційного" погляду деякі роботи, серед яких слід назвати монографію Г.Канта (1980), який вважає, що полицева оранка є в організації робіт "вушком голки" (самим вузьким місцем). Тобто, обираються будь-які шляхи для того, щоб обійти чи збільшити його. Полицева оранка - одне із самих грубих втручань в природну структуру ґрунту, негативні післядії якого важко передбачити на значний термін. Але Г.Кант вважає, що зректися оранки повністю не можна.

Безсумнівним можна вважати, що оцінка ефективності як окремих заходів, так і технологій в цілому повинна виконуватися імовірнісним методом. Відомо, обробіток ґрунту перш за все антропогенно впливає на ландшафт. Доречно пригадати висновок великого американського ерозіолога К.Гудзона (1974) про те, що масштаби ерозії більшою мірою залежать від способів обробітку ґрунту, ніж від його властивостей.

На кінець ХХ ст. визначився цілеспрямований процес розробки теоретичних залежностей інтенсивності ерозійних процесів від параметрів рослинного покриву чи рослинних решток і технологічного впливу на ґрунт. Наприклад, мають місце досить успішні спроби аналітично описати фізику краплі дощу при потраплянні на рослинність і подальший її рух по поверхні ґрунту; процеси руху в ґрунті води від атмосферних опадів.

### **Контрольні запитання**

1. Фактори водної ерозії ґрунтів.
2. Кліматичні фактори.
3. Топографічні фактори.
4. Ґрунтові і літологічні фактори.
5. Вплив властивостей ґрунтів на формування дощового стоку.
6. Особливості формування стоку при сніготаненні.
7. Біогенні фактори.

## **ГЛАВА 7. ФАКТОРИ ВІТРОВОЇ ЕРОЗІЇ ҐРУНТІВ**

### **7.1. Кліматичні фактори**

#### **7.1.1. Загальні відомості про атмосферу**

Земна атмосфера представляє собою механічну суміш газів, що називають повітрям, до якого ще надходять тверді (пил) і рідинні частки. Стан атмосфери кількісно оцінюється за метеорологічними величинами: температура, тиск, щільність, вологість, швидкість вітру тощо. Крім того, існує таке поняття як атмосферне явище, під яким розуміється фізичний процес, що різко змінює стан атмосфери. До атмосферних явищ належать опади, хмари, туман, гроза, пилові бури тощо. Фізичний стан атмосфери, який характеризується сукупністю метеорологічних величин і атмосферних явищ, має назву погоди. Статистичний багаторічний режим погоди називається кліматом.

Шар атмосфери потужністю 10-15 км від поверхні землі називається тропосферою. Температура повітря у тропосфері зменшується на 0,6°C на кожні 100 метрів. Тут знаходиться уся атмосферна волога і до 80% атмосферного повітря. Шар атмосфери, що прилягає до земної поверхні, де має місце постійність турбулентних потоків за висотою, називається приземним шаром. Безпосередньо у поверхні, тобто у просторі між елементами нанорельєфу поверхні ґрунту, постійність турбулентних потоків за вертикаллю порушується.

#### **7.1.2. Циркуляція атмосфери**

Головна причина руху повітря – неоднорідне нагрівання атмосфери Сонцем. Друга причина глобального руху атмосфери – обертання Землі навколо своєї осі. Систему великомерилкових повітряних течій над Землею називають загальною циркуляцією атмосфери.

Циклон – область пониженого тиску в атмосфері, який у перерізі сягає декілька тисяч кілометрів. Циклон характеризується системою вітрів,

що дують від периферії до центру проти годинникової стрілки у північній півкулі. При циклоні переважає хмарна погода.

Антициклон – область підвищеного тиску в атмосфері з вітрами від центру до периферії. Для антициклона характерна малохмарна й суха погода. Значний внесок у загальну циркуляцію атмосфери вносять так звані місцеві вітри.

За певних умов усі складові загальної циркуляції можуть супроводжуватися вітровою ерозією ґрунтів, що викликає запилення атмосфери. У метеорології явище переносу часток ґрунту сильним вітром називається пиловою бурєю.

### **7.1.3. Режим вітрів**

Швидкість вітру закономірно змінюється протягом доби, що позначається на інтенсивності процесів вітрової ерозії ґрунтів. Зазвичай, швидкість вітру підвищується до полудня, а на вечір зменшується. Але бувають випадки, коли під час глобальної пилової бурі (наприклад, 1969 р.) сильний вітер може дути без перерви 100 і більше годин. Швидкість вітру має сезонну динаміку. Найбільші швидкості вітру характерні для кінця зими – початку весни. Саме цей період найбільш дефляційно небезпечний.

Швидкість вітру вимірюється на висоті флюгера метеостанції (10 м над поверхнею) спеціальними стаціонарними приладами і є важливою характеристикою вітрового режиму території, яка враховується при протиерозійному упорядкуванні території. Одним із найбільш поширених методів його оцінки є визначення так званої рози вітрів, яка являє собою діаграму розподілу числа випадків вітрів за основними румбами. Роза вітрів дозволяє виявити переважаючий напрям вітру, який не завжди співпадає з найбільш небезпечним, а саме таким, що може викликати вітрову ерозію чи суховії. Більш інформативним, ніж роза вітрів щодо оцінки небезпечних напрямів вітру є годограф вітрів. Годограф вітрів

(запропонований О. С.Медновим і О. І.Знаменським) - векторна діаграма, яка відображає усі випадки спостережень певною метеостанцією вітрів більших за 5 м/с. Результати кожного вимірювання зображуються у вигляді вектору будь-якого масштабу. Початок кожного наступного вектору починається з кінця попереднього. Але ще більш інформативною є векторна діаграма, де довжина векторів за румбом ( $r_j$ ) пропорційна кубу швидкості вітру, яка перебільшує критичну для ґрунтів:

$$r_j = \sum_{i=1}^n \bar{u}_i^{-3} f_i$$

де  $j$  – напрям за 16 румбами (в США за нульовий приймається східний румб);  $\bar{u}_i$  – середня швидкість вітру для  $i$ -ї групи швидкостей;  $f_i$  – частка швидкостей  $i$ -ї групи  $j$ -го румба від загального числа випадків вітру усіх напрямів.

Найнебезпечнішим вважається той напрям  $j$ , для якого вектор  $r_j$  буде найбільшим. Порівняння динаміки  $r_j$  за місцями з динамікою захищеності ґрунту рослинністю дозволяє з достатньою точністю визначити найбільш небезпечний напрям вітрів, який може викликати вітрову ерозію ґрунтів.

#### 7.1.4. Режим атмосферних опадів і температури

Вологий ґрунт є дефляційно стійким. Процеси зволоження – висушування й переходу через  $0^\circ\text{C}$  істотно впливають на механічну стійкість ґрунтових агрегатів. За П.С.Трегубовим, вплив процесів замерзання-розмерзання на порядок вищий за плив процесів зволоження – висушування. Коли без сталого снігового покриву буває неодноразовий перехід через  $0^\circ\text{C}$ , створюються умови для проявлення процесів вітрової ерозії.

## **7.2. Топографічні фактори**

Взаємодія елементів рельєфу з повітряним потоком підкорюється законам аеродинаміки. Виступи на земній поверхні регресійно впливають на повітряний потік. Зміна швидкості вітру під впливом елементів рельєфу кількісно характеризується певним коефіцієнтом. Основне правило: на навітряних схилах збільшується швидкість вітру, на підвітряних – зменшується. Відповідно спостерігається зростання інтенсивності дефляції ґрунтів.

Порядок розподілу дефльованих ґрунтів на схилі принципово відрізняється від порядку розподілу змитих: ступінь змитості ґрунтів збільшується зверху вниз, а ступінь дефльованості – знизу вгору на навітряних схилах.

Форма й ухил схилів також впливають на хід вітрової ерозії ґрунтів аналогічно впливу на процеси водної ерозії. Дефляція інтенсивніше проходить на опуклих схилах, слабкіше – на увігнутих схилах. Збільшення ухилу навітряних схилів збільшує дефляцію ґрунтів.

## **7.3. Ґрунтові і літологічні фактори**

Властивості ґрунтів, які впливають на процеси вітрової ерозії можна поділити на дві групи: перша - властивості, що безпосередньо впливають на протидефляційну стійкість, друга - властивості, що побічно впливають на інтенсивність вітрової ерозії.

До першої групи належать агрегатний склад, щільність агрегатів, міжагрегатне зчеплення, до другої – комплекс властивостей, які визначають параметри властивостей першої групи. Часто дослідники розробляють регресійні рівняння, в яких у якості залежних змінних визначають властивості першої групи, а у якості аргументів – другої групи. Параметри ґрунтів, що визначають їх дефляційну стійкість мають значну динаміку протягом року. Домінантним фактором вітрової ерозії є

господарська діяльність. Технологічний процес вирощування сільськогосподарських культур може різко збільшити дефляційну небезпеку. Важливими факторами дефляційної стійкості ґрунтів є кореневі системи рослин і вміст гумусу.

Противдефляційна стійкість ґрунтів має фізичний сенс, аналогічний протиерозійній стійкості. Вона характеризує здатність ґрунту протидіяти здуваючому впливу вітру. При цьому широко використовується ціла низка емпіричних показників. Одним з таких показників є дефлюємність (більш відома як еродуємність), яка характеризується величиною втрат ґрунту під впливом повітряного потоку з одиниці площі за певний термін. Противдефляційна стійкість вважається достатньою, коли швидкість початку масового руху ґрунтових часток на висоті флюгеру перевищує швидкість 10%-ї забезпеченості в даній місцевості. В Україні, за Г. О. Можейко (2001) прийнято 20%-у забезпеченість швидкості під час вітру пилових бур. У протилежному випадку (критична швидкість менше швидкості вітру певної забезпеченості) противдефляційна стійкість ґрунту вважається недостатньою, що вимагає проведення противдефляційних заходів.

#### **7.4. Рослинність**

Рослинність – найбільш впливовий фактор вітрової ерозії, який у широких межах піддається управлінню, що використовується при формуванні противдефляційного захисту і розробці ґрунтоохоронних технологій. При взаємодії з рослиною структура повітряного потоку змінюється - збільшується турбулентність і зменшується середня швидкість. Шар, в якому збільшується турбулентність, називається турбулентним слідом, що формується за групою рослин і виконує роль буфера. Характер зміни повітряного потоку залежить від швидкості вітру й конструкції рослинного покриву. Чим більше висота рослинного покриву,

тим довше його “вітрова тінь”. Якщо рослини розташовані на полі таким чином, що їх “вітрова тінь” перекривається, можна вважати, що це поле надійно захищене від дефляції. Більш ретельно це питання викладено в методичних посібниках, розгляд яких – предмет практично-лабораторних занять.

Критерієм оцінки протидефляційної ефективності лісосмуг є площа захисної зони, де швидкість вітру знижується не менше ніж на 10%. На полях, які захищені системою поперечних лісосмуг, рослини менше страждають від посухи, а ґрунти захищені від дефляції.

### **Контрольні запитання**

1. Кліматичні фактори.
2. Загальні відомості про атмосферу.
3. Циркуляція атмосфери.
4. Режим вітрів Режим атмосферних опадів і температури.
5. Топографічні фактори.
6. Ґрунтові і літологічні фактори.
7. Рослинність.

## **ГЛАВА 8. ВЛАСТИВОСТІ, КЛАСИФІКАЦІЯ, КАРТОГРАФУВАННЯ І МЕЛІОРАЦІЯ ЕРОДОВАНИХ ҐРУНТІВ**

### **8.1. Зміна властивостей ґрунтів під впливом ерозії і деякі напрями їх поліпшення**

Результатом ерозії є комплекс еродованих і намитих ґрунтів. Ці ґрунти мають специфічні морфологічні ознаки і господарське призначення. Тому вони потребують особливого підходу щодо обліку, картографії й оцінки. Еродовані ґрунти під впливом ерозійних процесів втратили частину (в деяких випадках повністю) генетичного профілю. Логічно припустити, що для таких ґрунтів характерне зменшення вмісту гумусу та інших біофільних речовин, зниження рівня родючості і погіршення екологічних функцій. Для еродованих ґрунтів характерне, крім того, наближення до денної поверхні горизонтів карбонатів, гіпсу та інших ґрунтових новоутворень. Змінюється колір орного шару, який залежить від ступеня еродованості ґрунту відповідно до його генетичних особливостей. Для чорноземів у середньозмитих ґрунтах з'являється буруватий колір, сильнозмитих – бурий. За деякими авторами, при еродуванні йде селекція гранулометричного складу у бік опіщанення. Але це не можна назвати загальною закономірністю, якщо не спостерігається зменшення вмісту фізичної глини вниз за профілем ґрунту. Ерозія зумовлює деградацію ґрунтів майже за всіма показниками: зменшується водотривкість агрегатів, збільшується рівноважна щільність, зменшується загальна шпаруватість, значно погіршуються воднофізичні показники (зменшується загальна водоемність, збільшується частка непродуктивної вологи), різко зменшується водопроникність і вміст біофільних речовин (у тому числі основних поживних елементів). Еродовані ґрунти перетворюються у бедленди, де біологічна активність досягає нуля. Сильноеродований ґрунт є лише його артефактом (як небіжчик є артефактом живої людини).

Аналогічно у міру еродування ґрунтів деградуєть ландшафти і біогеоценози в цілому.

В аграрному аспекті згадані негативі зміні властивостей еродованих ґрунтів призводять до погіршення їх поживного режиму, зменшення врожайності та якості сільськогосподарської продукції. За даними багатьох авторів, в середньому на слабоеродованих ґрунтах врожайність зменшується на 20%, середньозмитих – до 60%, сильнозмитих – до 80%. Чим інтенсивніша сільськогосподарська культура, тим більший недобір врожаю відбувається на еродованих ґрунтах. Так, ячмінь може зменшити врожайність на 20 %, а при тих же ґрунтово-кліматичних умовах цукровий буряк – на 80%.

На еродованих ґрунтах гостро лімітуючим фактором є нестача поживних речовин, тому на них високу віддачу мають добрива, які діють набагато (у відносних показниках) ефективніше, ніж на повнопрофільних ґрунтах. Врожайність культур на еродованих ґрунтах за рахунок добрив може збільшитися більше ніж у 2 рази. У міру збільшення ступеня еродованості ґрунтів ефективність добрив зростає. За нашими даними, на еродованих ґрунтах підвищується коефіцієнт гуміфікації. Крім того, за його величиною можна судити про ступінь еродованості, оскільки його визначення на орних ґрунтах є складним завданням. Цей факт необхідно знати, тому що загальні розрахунки щодо вмісту поживних речовин у гної можуть порушити адекватність системи добрив. Справа в тому, що замість поглинання поживних речовин рослинами, вони будуть законсервовані у новоствореному гумусі. Буде вірно, якщо гній на еродованих ґрунтах розглядатиметься не як добриво, а як меліорант для відновлення родючості цих ґрунтів. Норми внесення гною слід витримувати ті, що рекомендуються для повнопрофільних ґрунтів. Для підвищення біологічної активності відновлення біоти еродованих ґрунтів, в тому числі макрофауни, перспективні сидерати. Але слід знати, що вони не підвищують вміст гумусу, оскільки для його утворення необхідний лігнін,

якого у зелених рослинах немає. Еродовані ґрунти бідні на більшість мікроелементів, які у доступній формі знаходяться в гумусових речовинах, на які збіднені ці ґрунти. На колишніх чорноземах ерозійні процеси наблизили карбонатний горизонт до орного шару, що різко зменшує доступність майже всіх, крім молібдену, мікроелементів. Отже, на еродованих ґрунтах мікродобрива будуть високоефективними. Тільки вони мають бути внесені методом обробітку насіння і позакореневого (по листках) підживлення. Безальтернативними як за ефективністю, так і за ціною є комплексні мікродобрива, що випускає дніпропетровський НПЦ “Реаком” (Булигін, 2003).

В окремих випадках на особливо цінних землях для відновлення еродованих ґрунтів використовується гумусова меліорація (землювання), в результаті якої відновлюється потужність гумусового горизонту. Але слід пам'ятати, що 1 мм на 1 га має вагу біля 10 тон. Тобто, для формування втраченого 30 см шару необхідно 3000т на 1 га гумусового горизонту. Тому цей захід застосовують лише на присадибних, дачних і подібних ділянках. До того ж у всіх рекомендаціях йдеться про те, що необхідний ґрунт слід брати з дна балок, заплави тощо. В результаті знижується базис ерозії і може бути новий “спалах” ерозії. А за рекомендаціями вивести з обробітку в Україні 10 млн.га орних земель широкомасштабна гумусова меліорація не має сенсу. Господарське значення (в позитивному аспекті) намитих ґрунтів дуже обмежене. У кращому випадку на них можна сформувати культурні сіножаті. Негативний аспект від надходження змитого ґрунту у водні об'єкти заплави, інженерну інфраструктуру дуже істотний. Розмір збитку від цього явища порівнюється зі збитком, який завдає ерозія ґрунтам безпосередньо.

## **8.2. Класифікація еродованих ґрунтів**

Існує цілий ряд класифікацій ґрунтів за ступенем еродованості. Але, як свідчить практика, принципово нової інформації не виникає від того, за

якою класифікацією за ступенем еродованості буде оцінюватися певний ґрунт. Більш важливо (і принципово) визначити, чи справді цей ґрунт еродований і який шар ґрунту втрачено. Тому розглянемо два підходи до класифікації за ступенем еродованості, що були загально прийняті в колишньому СРСР, і сьогодні без істотних змін використовуються в Україні.

Найпоширеніша класифікація, де основною ознакою є частка втраченого генетичного профілю ґрунту під впливом ерозійних процесів. Додатковими ознаками в цій класифікації є забарвлення орного шару, глибина залягання включень і новоутворень, наявність на поверхні рівчаків від тимчасових потоків, природних і штучних реперів. Найбільш відомі підходи, які можна віднести до цієї класифікації, сформулювали С.С.Соболев (1948, 1961) і Г.П.Сурмач (1954, 1992). Друга класифікація заснована на зменшенні запасів гумусу у ґрунті. Найбільший вклад у її формування зробив М.М.Заславський (1972).

У відповідності з класифікацією С.С.Соболева еродовані ґрунти поділяються на слабо-, середньо-, сильно і дуже сильно еродовані.

**Слабоеродовані ґрунти.** До них належать ґрунти, у яких втрачено не більше  $\frac{1}{2}$  генетичного горизонту Н (ми використовуємо українську індексацію генетичних горизонтів ґрунтів). При цьому розорується нижня частина горизонту Н. Якщо глибина оранки перевищує нижню межу горизонту Н, в орний шар надходить горизонт НР, що відображується на кольорі поверхні ґрунту у відповідності із забарвленням горизонтів Н і НР.

**Середньоеродовані ґрунти.** До них належать ґрунти, в яких втрачено більше половини або повністю генетичний горизонт Н. В орний шар надходить генетичний горизонт НР, а може і Ph, якщо потужність НР менше глибини основного обробітку. Поверхня ґрунту набуває забарвлення цих горизонтів – для чорноземів це, як правило, буруватий колір.

**Сильноеродовані ґрунти.** До них належать ґрунти, у яких втрачений горизонт НР і розорюється РН. Поверхня ґрунту набуває бурого кольору.

**Дуже сильно еродовані ґрунти.** Це колишні ґрунти, які повністю втратили генетичний профіль і розорюється материнська порода (Р). Колір орного шару – це колір Р.

Намиті ґрунти класифікують за потужністю наносів: слабонамиті – до 20 см, сереньонамиті – 20 – 40 см, ильнонамиті – більше 40 см.

### **8.3. Класифікація лінійних форм ерозії**

До лінійних форм ерозії належать розмиви, які не ліквідуються звичайними агротехнічними заходами обробітку ґрунту. Для їх ліквідації необхідне інженерне планування чи засипання іншим ґрунтом. Щодо материнської форми, наприклад, до балки, розмиви (яри) бувають:

- донні, які знаходяться за тальвегом балки,
- верхівкові, що є продовженням тальвегу на вододілі,
- схилові, які впадають в балку під деякими кутом до тальвегу.

Найпоширеніші донні і схилові яри. Розмиви мають свою еволюцію від початкових до кінцевих форм розмивів. Залежно від стадії розвитку схилових верхівних розмивів виділяють рівчаки, промоїни і яри.

До рівчаків належать розмиви у ґрунті глибиною 0.2 – 0.6 м, які зарівнюються при оранці. Вони можуть масово з'явитися після зливи на схилі, що оброблений поздовж, чи з посівом повздовж схилу просапних культур. У рівчака свого профілю немає.

До промоїн належать розмиви глибиною до 3 м і шириною до 8 метрів, які вже ж таки не можна зарівняти звичайними агротехнічними заходами, які все ж таки не мають свого повздовжнього профілю, а повторюють профіль схилу. Для цього необхідно привезти ґрунт з іншого місця.

Яр – розмив, який на відміну від рівчаків і промоїн має свій власний (увігнутий чи східчастий) повздовжній профіль, що відрізняється від профілю схилу. Глибина ярів сягає 30 метрів, а ширина – 50 метрів. Більшість ярів (до 80%) не перевищують 0.5 км у довжину, але зустрічаються яри із середньою довжиною (0.5 – 2 км) і довші (2 – 5 км).

Яри, що розташовані на землях сільськогосподарського призначення за інтенсивністю розвитку поділяють на 3 групи: повільної швидкості до 1 м/рік, середньої швидкості – 2 – 3 м/рік, високої швидкості - > 3 м/рік.

Найшвидше ростуть яри при помилках в організації мережі інфраструктури, лісосмуг, лісозаготівлі, інженерних робіт.

Ширина яруги пов'язана з глибиною: глибокі яри завжди широкі, у свою чергу, глибина врізу визначається глибиною місцевого базису ерозії й формою схилу. Глибокі яри формуються на опуклих схилах.

#### **8.4. Особливості картографування еродованих ґрунтів**

Масштаб ґрунтово-ерозійної карти залежить від мети картографування. Для робіт з проектування протиерозійно упорядкованих агроландшафтів складають карти масштабу 1:10000. Для оцінки розвитку ерозії на сільськогосподарських землях опрацьовують карти більшого масштабу: для адміністративних районів – 1:250000, 1:50000, 1:100000, для областей – 1:200000, для всієї країни – 1:500000, 1:1000000, 1:2500000. Карти певного господарства опрацьовують методом ґрунтового обстеження. Перша проблема при ґрунтово-ерозійному обстеженні – визначення повнопрофільного ґрунту (еталона, “ключа”). Зазначимо, що розв'язання проблеми є непростим завданням. При картографуванні еродованих ґрунтів виникає потреба визначення комплексів ґрунтів різного ступеня еродованості та намитості. Для потреб інженерного формування екологічно сталих агроландшафтів слід дотримуватися нашого правила – якщо в робочу ділянку потрапляє декілька ґрунтових відмін, розрахунки ведуться з використанням параметрів, які має найгірший в

протиерозійному відношенні ґрунт на цієї ділянки. Перед виходом у поле на основі топографічних карт доцільно розробити комп'ютерний варіант цифрової моделі рельєфу у векторному вигляді, що дасть змогу в автоматичному режимі проводити районування за ухилом, довжиною схилу, а головне – точно прив'язувати до системи реальних координат ґрунтові розрізи, що надає можливості розробляти статистичні моделі залежностей параметрів ґрунтового покриву від місцеположення, а значить, на підставі кольорових обстежень складати точні комп'ютерні ґрунтово-ерозійні карти. Ґрунтово-ерозійні обстеження слід проводити з використанням новітніх технологій і неконтактних методів обстеження і насамперед аеро-, космознімків, геоінформаційних систем і технологій, GPS-прив'язки (Булігін, Неарінг, 1999).

#### **Контрольні запитання:**

1. Зміна властивостей ґрунтів під впливом ерозії і деякі напрями їх поліпшення.
2. Врожайність культур за рахунок добрив на еродованих ґрунтах.
3. Класифікація еродованих ґрунтів.
4. Намиті ґрунти.
5. Класифікація лінійних форм ерозії.
6. Особливості картографування еродованих ґрунтів.
7. Ґрунтово-ерозійні обстеження.

## **ГЛАВА 9. ПРИРОДА І ЗАКОНОМІРНОСТІ ЕРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ**

Визначення природи і закономірностей усякого процесу, особливо руйнуючого будь-яку систему, є обов'язковою умовою для опрацювання науково обґрунтованого управління й прогнозу. Особливо актуальним це положення є для ерозії ґрунтів, яку безсумнівно можна віднести до найбільш загрозливих життєдіяльності людства явищ. На жаль, ще значна кількість аспектів природи і закономірностей розвитку ерозійних процесів не розкрита. Мабуть, в деякій мірі, саме цим пояснюється відсутність практично значимих успіхів у справі охорони сучасних ландшафтів від руйнування ерозією. Крім того, на практиці майже не використовуються сучасні досягнення вчених, які вивчають ерозійні процеси. Наприклад, пригадаємо, що в США в лабораторіях ерозії ґрунтів Служби природних ресурсів (колишня Служба охорони ґрунтів) одержано істотні результати у вигляді фізично обумовлених математичних моделей ерозії, баз даних, картографічного матеріалу, а впроваджуються в сільськогосподарське виробництво лише окремі другорядні фрагменти цих робіт. Тут справа закінчується застосуванням агротехнічних протиерозійних технологічних операцій.

### **9.1. Ерозія ґрунтів як "тінь" світового землеробства**

Ерозія ґрунту - це процес руйнування його поверхневого шару під впливом води чи вітру. Існує досить обґрунтована думка щодо розмежування термінів "водна" і "вітрова" ерозія. Замість останнього більш доцільно використовувати поняття "дефляція". Під водною ерозією розуміється сукупність процесів, які зумовлюють змив ґрунту, транспортування вниз по схилу і відкладення ґрунтових інгредієнтів під впливом енергії дощових крапель і (або) стікаючої по поверхні води. Всі ці

три складові частини водної ерозії (або просто ерозії) чітко детермінуються. Термін дефляція (лат. deflatio - видування, розвіювання) відображає тільки видування мілкозему з поверхні ґрунту чи породи. Процеси переносу (транспортування) ґрунтових часток і їх відкладення цим терміном не охоплюються. До того ж, ці процеси важко детермінуються і, як правило, не зумовлені особливостями конкретного ландшафту, а визначаються глобальними атмосферними явищами. Наприклад, видутий мілкозем при пилових бурях 1969 року осів за тисячі кілометрів від міста його надходження у повітря. Тому, використання терміну "дефляція" буде більш коректним, ніж термін "вітрова ерозія".

Ерозія - це латинське слово (erosio - роз'їдання), що безпосередньо означає зниження потужності будь-якого тіла. Таким чином, якщо швидкість ґрунтоутворювального процесу вища за інтенсивність ерозійних втрат ґрунту, то можна впевнено констатувати відсутність ерозії. При зменшенні цього співвідношення нижче одиниці має місце початок ерозійного процесу. Тому не може бути "нормальної" ерозії, як це спадає на думку деяким авторам. Ерозія ґрунту або має місце або відсутня. У тому випадку, коли фактичного зменшення потужності ґрунтового профілю не спостерігається, говорити про будь-які ерозійні процеси не має сенсу. Для ґрунтового покриву в цьому випадку буде доцільним використання терміну "денудація". Тому можна говорити про допустимі (критичні) втрати ґрунту, але не ерозію, яка починається лише тоді, коли темпи ґрунтових втрат вищі за швидкість ґрунтоутворення. Це означає, що відпадає необхідність використання не тільки терміну "нормальна", а і терміну "прискорена" ерозія.

Можна без перебільшення віднести ерозію й дефляцію ґрунтів до найбільш руйнівних процесів довкілля, які безпосередньо загрожують життєдіяльності людства. Ґрунтовий покрив є своєрідним "екраном життя" на Землі, як озоновий екран у стратосфері. Ґрунт - це такий ресурс, що дуже легко пошкоджується й руйнується. Він потребує ретельного

бережливого освоєння, охорони і глибокого всебічного вивчення. Необхідно завжди пам'ятати, що без його корисних природних властивостей існування людської цивілізації може бути важким і навіть неможливим. Тільки за останню тисячу років внаслідок ерозії і соціально-економічних причин втрачено 2 млрд. гектарів орних земель, що на 46% більше сучасної площі ріллі. Щорічно на Землі втрачається 7-8 млн. гектарів родючих земель. В той же час, за даними ФАО ООН (1983) площа придатних до сільськогосподарського використання ґрунтів дорівнює 3,2млрд.га. Нині використовується 40,3% цих ґрунтів. В Європі до сільськогосподарського виробництва залучено 88% придатних земель. Введення нових земель в культуру землеробства вимагає значних витрат - понад 1100 доларів на 1 гектар цілини.

Ерозія ґрунтів - це соціальне явище, продукт життєдіяльності суспільства. Природні ж фактори є, як правило, не причиною ерозійних процесів, а лише передумовою, при наявності якої можливе виникнення й розвиток ерозії під впливом діяльності людини. У будь якому випадку, це судження не викликає заперечень щодо так званої сучасної ерозії. При цьому не мається на увазі геологічна ерозія, яка була обумовлена таненням льодовиків, що сформували сучасний макрорельєф.

Протягом всієї вивченої історії людства, тобто за останні 10000 років, розквіт і падіння багатьох цивілізацій супроводжувалися змінами у вмісті органічної речовини і елементів живлення у землях сільськогосподарського призначення. Крім того, саме розвиток землеробства призвів до зародження й становлення перших цивілізацій. В історії людської цивілізації визначаються три часових цикли, пов'язані з основними етапами антропогенно-техногенного впливу на ґрунтовий покрив:

- 10000 років землеробської культури;
- останні 300 років колонізації континентів - промислової революції, широкої експансії товарного сільського господарства;

- останні 50-60 років демографічного вибуху, науково-технічної революції, післявоєнного розвитку колишніх колоній, різкого розширення сільськогосподарського виробництва.

Запаси вуглецю органічної речовини ґрунтового покриву земної кулі оцінюються у  $30 \cdot 10^{14}$  кг, що в 4 рази перебільшує запас вуглецю в живих організмах або сучасний вміст  $\text{CO}_2$  в атмосфері. Наведені цифри свідчать про істотність впливу балансу вуглецю органічної речовини ґрунту на глобальні потоки вуглецю (матриці життя) на Землі, що з особливою гостротою ставить питання про важливість охорони ґрунтів від деградації і передусім - ерозії.

Людство вже пройшло межу, за якою загальні принципи природокористування було б необхідно докорінно переглянути. Рішення, які ми приймаємо, повинні відповідати двом умовам: бути не тільки результативними з позиції найближчих цілей, але і надійними щодо безпеки довкілля. Реалізація цієї умови потребує зміни відкритої системи зв'язків суспільного виробництва у систему закриту. Економія за рахунок природних ресурсів, спрямованість вирішення завдань сьогодення без урахування вимог збереження повноцінних природних систем призведуть до значних сучасних втрат і гарантовано незрівнянно більших збитків у найближчому майбутньому.

Особливо це стосується збереження родючості ґрунтів і чистоти вод, що в першу чергу лімітується інтенсивністю ерозійних і дефляційних процесів ґрунтового покриву. Ще великий В.В.Докучаєв (1883) писав: "Куда же девался тот гумус, который с водоразделов и всякого рода резко очерченных холмов. Несомненно, что весьма значительная часть его для почв и земледелия совершенно погибла, сделавшись достоянием болотин и войдя в состав речных и озерных отложений; другая часть его лежит теперь также совершенно непроизводительно в виде намывного чернозема при основании крутых склонов". Ерозія ґрунтів не якась природна катастрофа, що "звалилась" зовні на сільське господарство, вона -

закономірний і неминучий результат хижацьких методів землекористування. Тому надійна охорона ґрунтів від ерозії передбачає радикальні зміни цих методів. Постало питання про нову систему землеробства, яка надасть ґрунтово-екологічним критеріям в оцінці діяльності землекористувачів пріоритетного значення.

Ґрунтовий покрив України еродує більшими темпами навіть у порівнянні з територією колишнього СРСР. Щорічно тільки з орних земель України змивається 500 млн. тонн ґрунту, з яким втрачається 24 млн. т гумусу, 1 млн. т азоту, 700 тис. т фосфору, 10 млн. т калію. За областями середньорічний змив із ріллі дорівнює від 8 до 30 т/га. Дуже часто мають місце катастрофічні виявлення ерозії, коли тільки за одну зливу з поля змивається ґрунту 200 т/га і більше. Максимальний рівень внесення органічних і мінеральних добрив (172 кг діючої речовини і 8 т/га гною), що був досягнутий в країні на кінець 80-х років компенсував втрати гумусу від ерозії на 60-90%, а поживних речовин - на 40-50%. Еродованість сільськогосподарських угідь вже сягає 40%. При цьому, кожного року площа еродованих ґрунтів збільшується на 80 тис. га. Повний збиток від ерозії, який складається з втрат ґрунту (прямий збиток), зниження врожайності культур (непрямий збиток) і збитків довкіллю (зовнішній збиток) вже перевищує 10 млрд. доларів США за рік, що близько до національного бюджету України. Крім того, в державі знаходиться 19 млн. га дефляційно небезпечних сільськогосподарських угідь, в тому числі ріллі – 16 млн. га. З них уже дефльовано 5,9 млн. га сільгоспугідь, в тому числі ріллі - 5,4 млн. га.

До того ж, за даними Інституту ґрунтознавства та агрохімії ім.О.Н.Соколовського зростає не тільки інтенсивність ерозії і дефляції, а й інших взаємопов'язаних із ними деградаційних процесів ґрунтового покриву:

- дегуміфікація - від 0,6 до 1,0 т/га щорічно; 0,4% в середньому втрачено за останні 35-40 років (3,5 і 3,1% відповідно у 1960 і 1996 рр.);

- від'ємний баланс елементів живлення сягає 100 кг/га і більше;
- переущільнення - майже на всій площі ріллі;
- забруднення - до 20% земель, особливо міських, приміських та індустріальних районів знаходяться у кризовому стані (перевищує чи дорівнює гранично допустимі концентрації (ГТК)).

Головні проблеми в землекористуванні та охороні земель, які не вирішуються й стають хронічними:

- відсутність стратегії у землекористуванні та охороні земель, порушення законів землеробства, екологічної рівноваги, зневажання концепцією сталого землекористування;
- відсутність дієвих національних, галузевих і регіональних програм з охорони земель;
- фетишизація форм власності на землю і зневажання технологіями раціонального використання земель (ніяка, навіть сама прогресивна приватна форма власності не замінить технологій вирощування культур і охорони ґрунтів);
- екстенсивність використання земель;
- відсутність з 1991 року будь-яких конкретних кроків щодо:
  - виведення земель із ріллі, площа якої надмірна і не обґрунтована ні з економічної, ні з екологічної точки зору;
  - консервації деградованих земель;
  - впровадження агролісомеліоративних заходів, гідротехнічних меліорацій, реконструкції осушуваних і зрошуваних систем, хімічних меліорацій;
  - рекультивації;
  - розширення природно-заповідних територій.
- відсутність налагодженої постійно діючої інформаційної системи щодо стану і динаміки ґрунтів (моніторинг), навіть у зонах із кризовим станом;

- відсутність ефективних екологічних важелів у землекористуванні, недосконалість нормативно-правової бази;
- відсутність стабільного й ефективного механізму фінансування заходів з охорони земель;
- галузевий підхід до використання земель, зниження рівня керованості у землекористуванні - основні причини деградації й екологічних негараздів.

Питання про наслідки, які зумовлюються ерозією, мабуть, найбільш опрацьоване науковцями протягом ХХ століття. І.А.Крупенніков (1995) узагальнив негативні екологічні наслідки ерозії ґрунтів чорноземного ґабітусу:

- а) втрати ґрунту на слабозмитих ґрунтах - 1-2 тис. т/га, середньозмитих - 3-4 тис. т/га; сильнозмитих - 5-6 тис. т/га;
- б) від'ємний баланс гумусу;
- в) вторинна карбонізація ґрунтів - збільшення рН і зв'язування рухомого фосфору;
- г) фізична деградація ґрунтів;
- д) деградація ґрунтової біоти;
- е) падіння бонітету ґрунтів;
- є) аридизація ґрунтів - ерозійна посуха;
- ж) небезпечна трансформація ґрунтового покриву;
- з) фундаментальне порушення гармонії біосфери й ландшафтів.

## **9.2. Поняття ґрунтоохоронного агроландшафту**

В ідеалі наукові терміни, поняття й дефініції повинні мати однозначне тлумачення, тобто вони повинні бути коректними в математичному виразі. Безперечно, за цим показником можна певною мірою судити про зрілість наукової дисципліни. В такому контексті недостатньо опрацьовані поняття, які відносяться до ландшафтів і,

відповідно, до агроландшафтів. Це об'єкт дослідження фізичної географії, і тому буде логічно, якщо для підтвердження наведемо деякі думки провідних фізико-географів щодо визначення ландшафту.

Німецький географ І.Є.Неєф (1974) вважає, що в географії занадто часто припускаються визначення (терміни), мала ступінь точності яких не дозволяє звіритися на їх прогностичну надійність. Термін ландшафт запозичений з німецької мови (Land - земля; scaht - суфікс, який означає взаємозв'язок). В науковій літературі він був запропонований у 1805 році німецьким географом А.Гоммейером. Тому Є.Неєф вважає, що слово ландшафт означає, перш за все, взаємозалежність явищ в географічному просторі, але воно не несе ніякої інформації про те, що саме взаємопов'язане, і, головне, яким чином здійснюється цей зв'язок. Цей недолік створює найбільші труднощі в питаннях дефініції. Неєф вважає, що поняття "ландшафт" не можна передати за допомогою такого чинника як межа ландшафту. Географічна реальність, географічний контініум цього не припускають. Ландшафту, як об'єкту, який відокремлений від довкілля, не існує. Тому безперспективні усі зусилля "безпомилково" провести межі ландшафту.

Ф.М.Мільков (1990) представив найбільш вичерпне зведення розбіжностей тлумачення географічного ландшафту:

1. Ландшафт - територіально відокремлена ділянка земної поверхні, яка характеризується єдністю і тісним взаємозв'язком складових його компонентів (А.А.Григор'єв, Н.О.Солнцев, С.В.Колеснік, О.Г.Усаченко та інші). У вузькому регіональному тлумаченні ландшафт наближається до того, що інші автори розуміють під конкретним фізико-географічним районом.

2. Ландшафт - узагальнене типологічне поняття фізико-географічних комплексів (Б.Б.Полинов, Н.О.Гвоздецький, Е.М.Мурзаєв, М.О.Кочай, О.Є.Федіна).

3. Ландшафт - загальне поняття, синонім регіональних і

типологічних комплексів таксономічного рангу. Його можна порівнювати з такими поняттями, як клімат, ґрунт, рельєф, при визначенні яких не маються на увазі конкретні території. З цих позицій ландшафт визначається як сукупність взаємозумовлених і взаємозв'язаних предметів і явищ природи, які постають перед нами в образі тих чи інших історично створених географічних комплексів, які безперервно розвиваються (Ф.М.Мільков, Д.Л.Арманд, Ю.К.Єфремов). В ДОСТі (ДОСТ 17.8.01.-86 "Охорона природи. Ландшафти. Терміни і визначення") передбачено використання терміну "ландшафт" тільки як загального поняття: "Територіальна система, яка складається із взаємодіючих природних або природних і антропогенних компонентів і комплексів більш низького таксономічного рангу". Ф.М.Мільков - прихильник третього тлумачення ландшафту, зазначає, що воно зараз найбільш поширене і до того ж співпадає з думкою Е.Неефа (1974). З останнім можна погодитися у тому, що дискусія щодо термінів не поглиблює географічних дисциплін, а введення нових понять лише ускладнює плутанину, що існує.

Тому залишимо уточнення і опрацювання дефініцій ландшафту спеціалістам фізичної географії - це не є метою цього посібника, але визначитись щодо конкретного тлумачення термінів все ж таки необхідно. Можна погодитися з Ф.М.Мільковим щодо перспективності використання третього тлумачення. В той же час, не має різких принципових розбіжностей між всіма трьома тлумаченнями. Вони взаємодоповнюють одне одного. Тому не буде помилкою визнати, що визначення як меж, так і масштабів ландшафту повинно обумовлюватися науковою метою. В такому випадку ландшафтні межі - це, передусім, геоморфологічні профілі (Проблеми теор. геоморф., 1988).

Дефініція антропогенного агроландшафту (як і його різновиду - агроландшафту) має ще більш невизначений характер, що логічно, оскільки воно похідне від терміну "ландшафт". Відповідно вищезгаданого ДОСТу під терміном "Антропогенний ландшафт" мається ландшафт, який

складений із взаємодіючих природних і антропогенних компонентів, які формуються під впливом діяльності людини і натурних процесів. Аналогічне визначення АЛ наводить Ф.М.Мільков (1990, с.198). Він визначає класи АЛ: промисловий, дорожній, сільськогосподарський, лісний, рекреаційний та інші. Але, на жаль, в Україні практично не збереглися недоторкані природні ландшафти. Для підтвердження цієї думки можна навести цілий ряд публікацій, наприклад, роботу Г.І.Швебса (1988), яка має узагальнюючий інтегральний характер. Виходить, що природний ландшафт після втручання людини автоматично переходить у ранг АЛ, з чим погодитися не можна. Якщо ми використовуємо слово "антропогенний", воно повинно бути еквівалентним розумності і раціональності через те, що з'являється це поняття після втручання Homo sapiens. Тому не можна будь-який сільськогосподарський ландшафт, який у більшості випадків у нашій країні створювався стихійно без достатнього наукового обґрунтування, переводити у ранг антропогенного. Не можна варварське відношення до природних ландшафтів, від яких залишилися лише руїни, назвати розумним. Не виправляє положення й додання слова "культурний" АЛ, що рекомендують Г.П.Дубінський і В.І.Бураков (1985, с. 15), тому що це слово носить ще більш неоднозначний характер, ніж термін "ландшафт".

Отже, антропогенний - означає розумний, науково обґрунтований, екологічно безпечний. Дамо антропогенному сільськогосподарському ландшафту назву "агроландшафт" (термін вже сталий, але теж використовується безсистемно) і залишимо аббревіатуру агроландшафту, як і антропогенного агроландшафту - АЛ. Слід зазначити, що в цьому підручнику мова йде тільки про агроландшафт.

Пошуки визначення АЛ виявили, на наш погляд, найбільш придатне формулювання, яке запропонував В.І.Бураков (1988, с. 4): "АЛ - це інтегрована антропогенно-природна територіальна система, яка спеціально проектується і створюється для цілей екологічно раціонального й

економічно ефективного ведення сільськогосподарського виробництва, охорони і неухильної прогресуючої оптимізації його природних підвалин”. Фактично вперше ставиться питання не тільки про адаптацію сільськогосподарського виробництва до ландшафтних умов, а і про можливість істотного його покращення в умовах АЛ у порівнянні з природними. Це принциповий момент підіймає на більш високий щабель теорію формування ґрунтоохоронно- і меліоративно упорядкованих агроландшафтів у порівнянні зі стратегією адаптивного землеробства.

Проектування, формування й експлуатація АЛ має декілька аспектів, але серед них домінуюче місце займає ґрунтовий аспект. Руйнування природного ландшафту починається з деградації ґрунтового покриву, а ґрунт, за яскравим виразом Д.Л.Арманда (1975, с.212) є пам’яттю ландшафту. Серед деградаційних процесів, що руйнують ґрунти, провідна роль належить ерозії. Тому найпершою функцією АЛ є розрив парагенетичних зв’язків ерозійних процесів, що дозволяє припинити ерозійні втрати ґрунту при веденні сільськогосподарського виробництва.

Природна географічна оболонка (ландшафт) зберігає властивості до саморозвитку; техногенне ж середовище з ландшафтами, які піддалися маргінальним процесам, в тому числі й виснажені сільськогосподарські угіддя, під впливом праці і „натхнення” людини втрачає цю здатність і самотійно може тільки руйнуватися (С.В.Калесник, 1968). Прикладів безліч. Закинута рілля миттєво заростає бур’янами, а далі йде поступове відновлення регіональної природної рослинної. До речі, знання закономірності такої зміни з ризиком помилки не більше в 1 рік дає визначити термін останнього розорювання. Так, степові перелоги через 12-15 років вкриваються нещільнокущовими злаками, що приходять на зміну бур’янів, потім починається опанування щільнокущових злаків і степ набуває рис цілини. В лісовій і лісостеповій зонах вирубки чи згарища спочатку вкриваються малоцінною лісовою рослинністю, під покровом якої оселяються дерево-чагарникові породи-піопери (береза, осина,

чагарники), потім, коли вони створять певний мікроклімат і певне затінення поверхні ґрунту, з'являються основні породи: ялина, сосна, дуб, ялиця, клени, липа, береза та інші, які створюють зімкнуті насадження. Історично творчість людини щодо природно-територіальних комплексів у більшості випадків має деградаційний характер.

Не випадково в Україні (країна стародавнього землеробства) домінують сільськогосподарські угіддя, де природна рослинність фактично знищена і генетичні ландшафтні зв'язки, які в природних умовах складаються в систему, здатну до самовідновлення і певної буферності, до різних впливів з зовні та з середини, розірвані.

Тому актуальним стає питання узагальнюючих інтегральних показників оцінки стану сучасних ландшафтів. В біогеоценології використовується лісотипологічний принцип, який ґрунтується на знанні того, що певні типи лісу оселяються в конкретних ландшафтних умовах. За класифікацією В.М.Сукачова, „мшара” означає заболочену місцевість з дуже бідними ґрунтами (піски, уламки первинних порід) з насадженнями сосни, берези. В Україні Г.О.Можейко (2000, 238-245) класифікував степові ландшафти на підставі едафічної сітки Алексєєва-Погребняка і лісотипологічної класифікації кліматів Д.В.Воробйова.

Академік, філософ-гуманітарій Д.С.Ліхачов (1984) пише, що росіянин з даних часів вважав, що воля і широкий простір – єдине ціле. Тому йому потрібна відкрита, з широким простором природа. Так, у билині про Микулу Селяниновича говориться, що він йде за плугом з кінця в кінець поля, що його приходиться здоганяти три дні на молодих бухарських конях. Тобто, в 11-13 ст. оспівувалася неоглядна широта полів, що й миле російській душі. Недарма в степових районах, особливо Таврії, на Дону, Кубані і Північному Казахстані поля нерідко перебільшують 600 га. Психологічно пов'язаний розвиток важкої і широкозахватної техніки вже вступив у гостре протиріччя з закономірностями розвитку ландшафтів.

Незаперечно, є підстави вважати, що оптимальні розміри полів визначаються перш за все ґрунтовими умовами та особливостями рослинницьких технологій (вид, сорт, рівень забезпеченості поживними речовинами тощо). Кожен ландшафт має свою чітко насичену просторову диференціацію, яка підлягає обов'язковому обліку, так як стабільність культурного ландшафту, здатність його зберігати стабільність свого балансу, природне самовідновлення та стійкість до господарського втручання людини визначається саме цим різноманіттям. Рілля, особливо та, що інтенсивно використовується, є головним дестабілізуючим фактором агроландшафту і спроможна за певних обставин перетворити його у бедленд. Отже, для підтримки продуктивності і стабільності всієї екосистеми необхідні дві умови: оптимальне співвідношення угідь в ландшафті та прискорення колообігу енергії, тобто прогресивне збільшення надходження енергії (техніки, наукових знань і засобів для розширення і збільшення біологічної продуктивності ландшафтів). За Г.О.Можейко (2000) ріллю можна вважати основним елементом „хаосу” в ландшафті при наявності наступних ознак:

1. Оголена поверхня ґрунту сприймає на себе підсилений у декілька разів потік сонячної радіації. Це збільшує швидкість розкладу гумусу, призводить до переходу його в „старий”, беззворотньо коагульований гумус, який стає інертним до формування ґрунтових агрегатів і має майже нульовий рівень поглинальної здатності, що різко погіршує агрофізичний стан ґрунтів. За 20 сторіччя після В.В.Докучаєва орні чорноземи типові і звичайні втратили біля 50 % гумусу, каштанові – 30%. Зменшення вмісту гумусу, погіршення агрофізичних параметрів, оголення поверхні зумовлюють „спалах” водної ерозії і дефляції.

2. Природні біогеоценози щорічно втрачають певну частину своєї біомаси. Вона складається з надземної фітомаси, природного опаду відмерлих рослин і ризосфери (коренева система). Жива маса починає нагромаджуватися вже ранньою весною. Розкладання опаду минулого року

відбувається за сприятливих умов, що зумовлює підвищенню вмісту „свіжого” активного гумусу. В травні вже починається надходження нового опаду. Його кількість збільшується до липня, коли настає другий період так званого спокою. На поверхні цілинних земель знаходиться „повстина” чи підстилка, яка разом з живою рослинністю оберігає ґрунт від прямої дії сонячної радіації та атмосферних опадів.

Тобто, в цілинних ґрунтах процес ґрунтоутворення, нагромадження і відновлення гумусу відбувається безперервно. Біомаса, що сформувалася, майже вся використовується на відновлення родючості ґрунтів і продуктивності всього ландшафту.

Розорювання цілинних земель і сівба однорічних культурних рослин істотно розривають цей безперервний колообіг енергії і насамперед за рахунок вилучення основної частини біомаси з врожаєм, різкого зменшення кількості рослинного опаду.

3. Зміна природної рослинності, яка складається з декількох ярусів і тому найбільш повно поглинає енергію сонячного випромінення, рослинністю одного виду і сорту, яка не має ярусності і тому менш ретельно використовує сонячну енергію, що призводить до підвищення частки відбитої енергії і перегріву поверхні ґрунту.

Біомаса цілини практично завжди значно вища, ніж на орних землях.

4. Коренева система цілинної рослинності також має чітку ярусність, на відміну від посівів культурних рослин. Вони розміщені ніби за поверхнями ґрунтової товщі. Завдяки такому розміщенню коріння в Степу і Лісостепу повністю використовується ґрунтова волога у потужному кореневмісному горизонті (майже 10 м). Штучна рослинність не справляється з потоками вологи, які спрямовані вгору і тому зумовлює вторинне засолення і осолонцювання; не може вона ефективно засвоювати атмосферну вологу навіть у посушливих умовах, що зменшує кількість сформованої біомаси.

В останні роки усе більше дослідників звертаються до питання відновлення методології і методичної бази ґрунтової картографії. Так, Н.П.Сорокіна (2000) вказує на давно назрівшу необхідність відновлення методичної бази ґрунтово-картографічних досліджень, Д.Г.Тихоненко (Картографія ґрунтів, 2001) зазначає, що традиційні методи картографічного відображення ґрунтів з використанням досвіду ґрунтознавця не відповідають сучасним вимогам і завданням ґрунтової картографії.

Для методологічних підходів традиційної картографії ґрунтів характерна значна суб'єктивність і слабка відтворюваність, оскільки точність границь картографічних виділів цілком залежить від досвіду і уявлень про географію ґрунтів конкретного ґрунтознавця. Використання матеріалів дистанційних зйомок зробило процес картографування ґрунтів більш об'єктивним і технологічним. Однак проблема створення ґрунтових карт, складених тільки з використанням дистанційних матеріалів, усе ще далека від досконалості (Симаков, Савин, 1998).

Водночас реформування аграрного сектора економіки зрозпаюванням земель і введенням приватної власності на них посилює вимоги щодо інформації про стан земельних ресурсів з метою забезпечення їх ефективного використання.

Створення і функціонування ефективної державної служби охорони земель крім адміністративно-правового, вимагає всебічного, адекватного й оперативного інформаційного забезпечення, кількісної оцінки і прогнозу розвитку земель як природно-господарського ресурсу. Основою державної земельної інформаційної системи баз знань насамперед повинен бути комплекс сучасних картографічних матеріалів про ґрунтовий покрив. Без нього не може бути і мови про складання об'єктивного земельного кадастру, грошової оцінки і відповідного земельній податковій політиці моніторингу і т.д. Необхідність проведення обстеження і кількісної оцінки земельних ресурсів визначена Наказом Президента України від 01.08.01 р.

№ 575 «Про поліпшення картографічного забезпечення державних і інших потреб в Україні».

Основу інформаційного поля відносно стану ґрунтів на нинішній день становлять матеріали великомасштабних обстежень ґрунтів, проведених в 1957-1961 рр., і їхнього наступного коригування. Вони виконані відповідно до постанови Ради Міністрів Української РСР від 08.09.56 р. № 1093, у якому визначена мета і задачі обстежень всієї території УРСР, а саме: забезпечити правильне застосування системи сівозмін, добрив, обробки ґрунту, меліорацій і інших заходів з підвищення родючості ґрунту і врожайності сільськогосподарських культур у колгоспах і радгоспах. Науково-методичне керівництво роботами з дослідження ґрунтів, контролю за якістю їхнього виконання й узагальнення всіх матеріалів згідно з наказом Міністерства сільського господарства УРСР від 23.10.56 р. № 648 було покладено на Український науково-дослідний інститут ґрунтознавства (нині - Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства й агрохімії ім. А.Н.Соколовського» УААН). Слід зазначити, що великомасштабне обстеження ґрунтів 1957-1961 рр. було для свого часу прогресивним кроком світового рівня в напрямку розвитку сільськогосподарського виробництва. На той час таких детальних ґрунтових картографічних матеріалів не мали навіть розвинуті західні країни.

Після закінчення обстежень 1957-1961 рр. пройшло вже понад 40 років. За цей час ґрунтовий покрив зазнавав змін, характер і масштаб яких неможливо оцінити об'єктивно на базі зазначених картографічних матеріалів. Крім того, вони мають ряд принципових недоліків, пов'язаних з методологією і технічними можливостями 50-х років. Основний - переважно якісна інформація про ґрунтовий покрив, отримана на основі морфологічної оцінки ґрунтового профілю.

Традиційні задачі великомасштабної ґрунтової картографії можна об'єднати в три основні групи: 1) інвентаризація земельних ресурсів; 2)

раціональне землекористування; 3) моніторинг ґрунтів. В сучасних умовах вони повинні бути максимально зорієнтовані на забезпечення потреб землекористувача (землевласника) і реалізацію державної політики в області охорони земель. Рішення цих задач неможливе без нової методологічної бази картографування.

Основний недолік сучасного генетичного картографування - узагальнення внаслідок класифікації. У результаті цього при використанні різних класифікацій можна одержати різні ґрунтові карти, а при використанні будь-якої класифікації частина інформації губиться, оскільки при будь-якому узагальненні зберігається лише класифікаційно значима інформація. Цей недолік ґрунтових карт був відзначений ще на початку ХХ століття Г.Ф.Нефедовим (1998), який писав: «... не можна підкоряти задачі ґрунтової картографії задачам ґрунтової класифікації». Особливо актуальним як у ті роки, так і нині є його вислів: «Тепер же в ґрунтознавстві - час точного, об'єктивного вивчення ґрунтів, складання точних, досить об'єктивних і відчужених далеких яких би то не було фантастичних узагальнень і довільного групування ґрунтових карт».

Низька інформативність сучасних великомасштабних карт пов'язана з недостатнім використанням для індикації ґрунтів і ґрунтового покриття ґрунтово-ландшафтних зв'язків, слабкою розробкою регіональних систем ландшафтно-індикації, помилками індикаційних залежностей, які використовуються в цей час. Роль дистанційних методів зондування поверхні Землі у визначенні ґрунтово-ландшафтних зв'язків, а також в індикації ґрунтів і агроекологічних умов, одержанні даних про по стан сільськогосподарської рослинності важко переоцінити. Незважаючи на це, проблема створення ґрунтових карт лише з використанням дистанційних методів усе ще далека від свого кінцевого розв'язання.

Результати наших досліджень підтверджують принцип нерівномірності ґрунтових карт у різних її місцях залежно від отриманих ландшафтно-індикаційних зв'язків. Так, щодо оцінки вмісту гумусу в

чорноземах Південнодонецького Степу в часі і просторі можна скласти кілька сценаріїв картографування і подальшого картографічного моніторингу, розроблених на основі моделей ландшафтної індикації кількісних характеристик ґрунтів за даними багатоспектрального сканування (БСС) супутника Landsat-4, цифрової моделі рельєфу (ЦМР), польових і аналітичних досліджень тестової території .

Перша група моделей ландшафтно-індикаційних зв'язків, придатна для просторово-часового картографування вмісту гумусу, поділяється на такі сценарії:

- 1) моделі невисокої точності - можуть бути отримані при використанні ЦМР незалежно від рослинного покриву;
- 2) моделі середньої точності - можуть бути отримані за результатами БСС відкритої поверхні чорноземів;
- 3) моделі високої точності - досягаються при використанні даних БСС і ЦМР на полях, не покритих рослинністю.

У цих та інших сценаріях, що будуть розглянуті далі, використання БСС можливо лише на полях, позбавлених рослинності.

Друга група моделей придатна для точної індикації вмісту гумусу в «точках», прив'язаних до системи географічних координат, і відповідно для тимчасового моніторингу гумусного стану ґрунтів.

Це такі сценарії, що поділяються за точністю на два рівні:

- 1) середній рівень - прогноз за даними аналізів гранулометричного складу в зразках, відібраних із шару 0-10 см і прив'язаних до системи координат незалежно від присутності рослинного покриву;
- 2) високий рівень - модель отримана за рахунок інформації БСС чорноземів у «точках» з відомим гранулометричним складом.

Інформативність ґрунтово-картографічних матеріалів може бути значно підвищена при використанні індикаційної моделі визначення вмісту фізичної глини за даними БСС. Залежно від мети завдань,обсягів фінансування, необхідної точності може бути обраний той чи інший

сценарій ґрунтового картографування або можуть створюватися нерівномірні картограми вмісту гумусу і (або) фізичної глини.

Визначено також три сценарії розрахунку гумусованості (потужності) профілю за ландшафтно-індикаційними моделями різної точності, а саме:

1) низькоінформативний - базується на використанні наступних даних: а) ухил місцевості; б) вміст гумусу і фракцій гранулометричного складу ( $G_c$ ) у шарі ґрунту 0-10 см;

2) середньоінформативний - за даними ЦМР (ухил, експозиція) і аналітичних досліджень ( $G_c$ ) шару ґрунту 0-10 см;

3) високоінформативний - заснований на спільному використанні даних, що визначають середньоінформативний сценарій розрахунку гумусованості, і даних багатоспектрального сканування.

Сценарії ґрунтового картографування умовно поділено на дві групи:

1) суцільне картографування; 2) картографічний моніторинг.

Умовність такого розподілу в тому, що сценарії придатні для рішення задач картографування, а за умови повторного обстеження в часі - і для ґрунтового моніторингу. При цьому перший сценарій може бути використаний для моніторингу переважно в межах картографічних одиниць, а другий - у «точках», прив'язаних до географічних координат.

Алгоритм одержання сучасних картографічних матеріалів був відпрацьований на прикладі створення великомасштабної ґрунтової карти філії «Краматорський» агрофірми «Шахтар» Донецької області складається з наступних пунктів:

- формування шарів інформації в земельній географічній інформаційній системі (ГІС): а) дані багатоспектрального сканування високої дозволяючої здатності, б) цифрова модель рельєфу, в) план землеустрою;

- підготовка картографічних матеріалів для польового обстеження по розробці ландшафтно-індикаційних моделей;

- польове обстеження ґрунтів з точною прив'язкою ґрунтових розрізів і місць відбору зразків до географічних координат системою глобального позиціонування (GPS-12);
- аналітичне обстеження ґрунтів;
- розробка регіональних моделей ландшафтної індикації і вибір оптимальних сценаріїв ґрунтового картографування;
- створення кількісних електронних ґрунтово-картографічних матеріалів.

При розробці проектів агроландшафтного облаштування території агрогрупи можуть бути легко трансформовані в типи земель з різною агроекологічною оцінкою: однорідні, неоднорідні сумісні і несумісні. На однорідних землях використовується однаковий комплекс агроприйомів, при цьому різниця в продуктивності сільськогосподарських культур не істотна; на неоднорідних сумісних - комплекс агротехнічних заходів близький, але продуктивність культур має різницю; на несумісних - необхідно використовувати різні агротехнічні (агромеліоративні) заходи, різниця в продуктивності істотна.

Такий підхід до агроекологічної оцінки земель набуває особливу актуальність при розробці проектів агроландшафтного облаштування території, оскільки саме у межах окремих робочих ділянок важливо мати однорідні землі, у крайньому випадку - неоднорідні сумісні. Необхідно також враховувати наявність у межах робочих ділянок несумісні землі, оскільки рух сільськогосподарської техніки здійснюється лише в одному напрямку.

Ґрунтова карта несе інформацію про ґрунтові розрізи і відібрані із шару 0-10 см поверхневі зразки, які прив'язані до системи координат. При супроводі ґрунтової карти картограмами яскравості багатоспектрального сканування, вмісту гумусу, гумусованості ґрунтового профілю, з'являється можливість організації ефективного ґрунтового моніторингу як у «точках», так і в межах окремих картографічних одиниць (за зміною яскравості в

межах ареалу і зміною меж самих ареалів). Крім ґрунтової карти технологія ГІС дозволяє створювати зокремлені карти і картограми, синтезовані карти і картограми. Серед них – картограми гумусованості, гранулометричного складу, потужності профілю, яскравості різних каналів космічного зображення, карти ухилів, експозиції, висоти над рівнем моря, ерозійної стійкості тощо. Ці картограми можна створювати за тим чи іншим з розроблених сценаріїв ґрунтового картографування й одержувати шари інформації різного ступеня чи інформативності, створювати ґрунтові карти і картограми різної точності в окремих її місцях.

На підставі вищевикладеного можна сформулювати деякі принципи теорії і методології сучасного ґрунтового картографування:

1. В основу ґрунтового обстеження повинні бути покладені кількісні критерії оцінки ґрунтового покриву.

2. Ґрунтово-картографічні роботи повинні проводитися на базі новітніх технологій (ГІС, ДЗЗ, GPS, сучасних аналітичних систем, цифрових моделей рельєфу).

3. Польові і аналітичні дослідження ґрунтів повинні бути спрямовані переважно на розробку регіональних ґрунтово-ландшафтних зв'язків і на їхній основі - індикаційних моделей для визначення основних кількісних характеристик ґрунтів.

4. Стратегію картографування планувати за сценаріями ґрунтового картографування.

5. При повторних у часі дослідженнях використовувати сценарії для моніторингу ґрунтів у «точках», прив'язаних до географічних координат.

6. Цифрові електронні карти і картограми повинні містити інформацію, призначену для цілей інвентаризації земель, раціонального землекористування, ґрунтового моніторингу й ін.

7. Проведення картографування ґрунтового покриву вимагає інформаційного забезпечення в області землекористування, основу якого

повинна складати база даних земельних ресурсів, тобто земельна інформаційна система.

Створення нових великомасштабних карт ґрунтового покриття України повинне проводитися з обов'язковим обліком даних принципів, як обов'язковою умовою раціонального і вискоєфективного використання земельних ресурсів.

Про провідну роль ґрунтознавства серед наук про довкілля і його меліорацію писав ще великий В.В. Докучаєв: “В центрі сучасного вчення про співвідношення між так званою живою і мертвою природою знаходиться ґрунтознавство...” (Соч., т. 3, с. 374). Тут же фундатор ґрунтознавства висловлює думку, що ґрунти - дзеркало, яскраве і достатньо правдиве відбиття безпосереднього результату сукупної вельми тісної, вікової взаємодії між водою, повітрям, землею з одного боку, рослинними і тваринними організмами - з іншого, цими найважливішими і найвидатнішими ґрунтоутворювачами. Роботи В.В. Докучаєва про меліорацію сільськогосподарських ландшафтів розпочали становлення природно-меліоративної науки, яка одержала потужний імпульс розвитку в трудах видатних вітчизняних вчених ґрунтознавців - учнів і послідовників В.В.Докучаєва. У передмові до 6 тому творів Докучаєва (т.6, с. 11-13) Л.У.Прасолов і І.В.Тюрін цілком підтверджують справедливість передбачення засновника генетичного ґрунтознавства, що ядром вчення про меліорацію ландшафтів повинно бути поставлено і визнано сучасне ґрунтознавство. Таку ж думку втілювали І.П.Герасимов і В.М.Фрідланд (1989). Однією із головних заслуг В.В.Докучаєва вони вважають його вчення щодо центрального положення ґрунту в системі довкілля. Це, в свою чергу, призвело до найбільш цікавих синтетичних поглядів на природне середовище, в якому живе і працює людина. Цей тезис розвиває Г.В.Добровольський (1989), який зазначає, що наука про ґрунти та їх екологічні функції в екосистемах і біосфері повинна зайняти центральне місце серед екологічних дисциплін сучасності. Він вважає, що головною

метою екологічного напрямку ґрунтознавства повинна бути розробка екологічних основ стратегії охорони, використання і підвищення біологічної продуктивності ґрунтового покриву Землі для підтримання сталості біосфери.

У книзі "Наши степи прежде и теперь", 100-ліття виходу у світ якої наукова громадськість відзначила навесні 1992 року, В.В. Докучаєв писав: "Віковий досвід місцевих мешканців і низка наукових досліджень достатньо погоджено свідчать, що наша чорноземна смуга, безперечно, піддається хоча і дуже повільному, але неухильному прогресуючому висиханню" (Соч., т.6, с. 87-89). Визначено причини цього явища, серед яких домінують ерозійні процеси, і запропонований план поліпшення сільськогосподарських ландшафтів:

1. Регулювання рік.
2. Зменшення весняної повені.
3. Припинення надходження в річну долину мілкозему і грубих наносів.
4. Регулювання ярів і балок.
5. Регулювання водного господарства в відкритому степу:
  - а) система ставків, у тому числі для зрошення;
  - б) живоплоти у канавах;
  - в) суцільне заліснення малопродуктивних земель;
  - г) колодязі для зрошення.
6. Опрацювання нормативів співвідношення ріллі, луків, лісів і вод відповідно місцевим кліматичним умовам і сільськогосподарським культурам.
7. Остаточне визначення прийомів обробітку ґрунтів.

В.В. Докучаєв фактично сформулював алгоритм упорядкування АЛ. На жаль, за 100 років після великого вченого майже нічого не зроблено.

Слід погодитися з В.І.Бураковим (1988) в тому, що базовий етап створення АЛ – ґрунтоохоронне і меліоративне упорядкування території.

На цьому етапі формується ландшафтно стабільна ґрунтоохоронна меліоративна (ГОМ) структура АЛ шляхом раціональної організації всієї території сільськогосподарських угідь і введення в ландшафт ГОМ заходів постійної дії (ЗПД). Саме система ЗПД є несучою ("нульовим" циклом) конструкцією АЛ.

ґрунтоохоронний АЛ складається з двох основних блоків:

1. Система ЗПД, яка включає агролісомеліоративні насадження, гідротехнічні протиерозійні споруди, інфраструктуру для безпечного скиду поверхневого стоку в екстремальні моменти водовіддачі і систему транспортної інфраструктури;

2. Технологічний блок, який включає ґрунтоохоронні технології вирощування сільськогосподарських культур і вискоєфективного використання сінокосів і пасовищ; науково обґрунтовану структуру земельних угідь і посівних площ та інші складові технологічного процесу сільськогосподарського виробництва.

Другий блок не може гарантовано виконувати регулярно і постійно протиерозійні функції, тому основне ґрунтоохоронне навантаження лягає на систему ЗПД. Саме вона забезпечує "неухильно прогресуючу оптимізацію його природних підвалин". Підтвердження цієї думки можна знайти в працях В.М.Сукачова, який впевнено довів, що рослинність істотно впливає на місце розташування та змінює його умови. Тому дійсно можна говорити, що кожен біоценоз має свій власний клімат, який значною мірою формується самим біоценозом. (Избр. тр. т.3, с. 60).

Тобто, головним будівельним матеріалом системи ЗПД - несучого каркасу АЛ, є живе дерево, і тому створення дійсної системи ЗПД можливо лише за умов створення системи позахисних деревно-чагарникових смуг, які взаємодіють одне з одною і перекривають своїм меліоративним впливом міжсмуговий простір.

Отже, поняття АЛ вміщує в собі і перекриває поняття ґрунтоохоронної системи землеробства. АЛ, як антропогенно-природна

система, повинен проектуватися, конструюватися і управлятися переважно інженерними методами на розрахунковій кількісній основі. Найважливішою функцією АЛ, крім різкого збільшення ефективності сільськогосподарського виробництва, є надійний захист ґрунтового покриву від деградації і, насамперед, від ерозійних процесів.

### **9.3. Механізм ерозійних процесів**

Вершина свідомої діяльності людини - вирішення питань, що постають перед нею, шляхом математичного аналізу. Це є ідеал, до якого повинна прямувати кожна природознавча дисципліна (Степанов, 1986). Перефразувавши Г.Галілея, можна сказати, що науковці, які покликані вивчати ландшафтну сферу, повинні виміряти все, що можна виміряти, і зробити вимірювальним те, що не піддається вимірюванню. Особливо актуально це для такої дисципліни, як ерозіознавство, предметом якого є процеси ерозії. Саме в такому контексті необхідно оцінювати ступінь вивченості природи й механізму ерозійних процесів.

Ступінь пізнання природи ерозії значною мірою визначає успіх у справі створення надійного протиерозійного захисту ґрунтів в сучасних агроландшафтах. Це судження, яке є фактично аксіомою, підтверджує стару і всебічно перевірену істину, що не має нічого більш практичного, ніж добра теорія. Тому будь-який успішний крок у напрямку розвитку теорії ерозійних процесів вітається фахівцями. Роберт Хортон (1948) вважає, що процес водної ерозії можна поділити на три групи елементарних процесів: 1) зміщення або відрив матеріалу й переведення його у рухливий стан; 2) транспортування матеріалу в рідинному потоці; 3) відкладення перенесеного матеріалу. Такий поділ у принципі підтримується більшістю дослідників. Кожен з елементарних процесів відрізняється факторами, які мають сильну динамічність у часі й варіабельність у просторі, чим визначаються більш ніж скромні успіхи в

математичному моделюванні ерозії ґрунтів. Г.І.Швебс (1974) слушно зазначає, що водна ерозія ґрунтів є складним процесом взаємодії водних потоків і ґрунту, який визначається характером стоку, його транспортуючими можливостями, що пов'язане з водністю, морфологічними умовами поверхні і властивостями підґрунтя.

Інтенсивні дослідження ерозії американськими науковцями дали їм змогу окреслити загальну схему ерозійного процесу. Руйнування ґрунту водою починається, головним чином, завдяки процесам удару краплі й надходження матеріалу в струмки поверхневого стоку. Струмкові ґрунтові втрати у точці схилу можна описати системою балансу між кількістю відірваних часток ґрунту й каламутністю потоку, яка лімітується спроможністю потоку транспортувати мілкозем, що має назву несучої здатності потоку.

Роботи цілогоряду вчених колишнього СРСР внесли значний вклад у розкриття механізму ерозійних процесів. До них слід віднести таких грандів науки, як В.Б.Гуссак, Ц.Є.Мірцхулава, М.С.Кузнецов, Г.І.Швебс, Х.Л.Холуп`як, М.Н.Заславський, М.І.Маккавєєв, Т.О.Ларіонов, Г.В.Бастраков, В.П.Герасименко. Але за останній час (починаючи з кінця 80-х років) стосовно вивчення механізму ерозії почали домінувати американські науковці, які опрацювали концепцію розподілу на струмкові і міжструмкові ерозійні області, що є конструктивним, хоча і дещо сумнівним, підходом до математичного моделювання ерозії. В оригінальному описі (Meuser та інш., 1975) області схилу диференціюються на зони з домінуючим площинним мілким потоком і відповідно прямого впливу дощових крапель і зони з маленьких “каналів”, де концентруються потоки, які мають назву струмки. Такий підхід надає істотні переваги для моделювання, дослідження процесів ерозії і математичного обробітку. Але він базується на точному визначенні розподілу домінуючих процесів. Насправді ж вони перекриваються. Глибина потоку може більш вірно описана через показники частотного розподілу глибини потоку. При цьому

процес має тенденцію до формування струмкових або міжструмкових зон залежно від глибини потоку. Але незважаючи на це, вихідна концепція струмкових-міжструмкових зон, які є джерелом седиментів, на сьогодні є базовою у сучасних дослідженнях ерозії і опрацюванні моделей імітації ерозійних процесів. Струмочки розглядаються як основні елементи інфраструктури транспортування седиментів вздовж схилу. Глибина потоку в струмках вважається відносно великою (порядку сантиметрів) у порівнянні з глибиною широких площинних потоків (порядку міліметрів). Руйнування ґрунту в струмках здійснюється, головним чином, за рахунок розмиву, тоді як основний механізм руйнування у міжструмковій області зумовлений енергією крапель дощу. Міжструмкові області розглядаються як головний постачальник седиментів в струмкові області.

Для випадку незмінних умов з використанням струмково-міжструмкової концепції ерозії рівняння формування седиментів може мати такий вигляд:

$$dG/dx=D_r+D_i,$$

де:  $G$ , - кількість седиментів на одиницю потоку,  $\text{кг}/\text{м}^2$ ;  $D_r$ , - величина струмкової ерозії на одиницю площі донья струмкової мережі,  $\text{кг}/\text{м}^2$ ;

$D_i$ , - надходження седиментів з міжструмкової області в струмок (як і для струмкової ерозії, на одиницю площі струмкової області),  $\text{кг}/\text{м}^2$ .

На базі означеної концепції розроблена модель ерозії WEPP, в якій наведене вище рівняння застосовується для струмків, які гідравлічно описані як невеличкі потоки прямокутної форми.

Foster (1982) одержав функцію струмкового руйнування на підставі даних Meyer та інших (1975). Ця залежність була одержана в результаті обробки даних по струмковій ерозії (а не за точковими даними) і припущенні про рівномірний ухил. Рівняння функцій використовується в моделі WEPP для розрахунку руйнування струмками:

$$D_r=K_r \cdot (r-r_c),$$

де:  $K_r$ , - параметр струмкової еродуємості, кг/с;  $\tau$  - тиск зсуву, н/м<sup>2</sup>;  $\tau_c$  - значення критичного тиску зсуву, н/м<sup>2</sup>.

Залежність величини міжструмкової ерозії ( $D$ , кг/м<sup>2</sup>·с) від ефективної інтенсивності дощу ( $I$ , мм/год.) описується рівнянням:

$$D_i = K_i \cdot I^p \cdot S_f$$

де:  $K_i$  - емпіричний коефіцієнт міжструмкової ерозійної стійкості;  $p$  - коефіцієнт регресії;  $S_f$  - фактор ухилу, який розраховується за рівнянням, яке використовується в моделі WEPP:

$$S_f = 1,05 - 0,85e^{-4S \sin \alpha}$$

Швидкість руйнування ґрунту водним потоком є функцією кількості седиментів в потоці. Цей найважливіший аспект необхідно враховувати в рівнянні балансу седиментів. У кожній точці простору й часу водний потік має певну кількість енергії. Енергія потоку витрачається як на руйнування ґрунту, так і на транспортування седиментів. Два екстремальних випадки ілюструють вплив навантаження седиментів в потоці на потенційну швидкість руйнування ґрунту:

- а) чистий водний потік:  $G/T_c = 0$
- б) кількість седиментів досягає транспортуючої ( $T_c$ ) здатності потоку:  $G/T_c = 1$

У випадку потоку чистої води по відкритій поверхні ґрунту вся можлива енергія може бути витрачена на руйнування ґрунту, тобто швидкість руйнування ґрунту буде максимальною. Ця енергія має назву ємності руйнування ( $D_{rc}$ ). Другим екстремальним є випадок, коли ємність руйнування потоку досягає насичення і вся його енергія витрачається на транспортування седиментів, які вже знаходяться у потоці. При цьому неможливе подальше руйнування ґрунту і, відповідно, швидкість руйнування  $D_r = 0$ . В інтервалі між цими двома екстремумами  $D_r$  змінюється

від 0 до  $D_{rc}$ . Означене описується рівнянням, яке являє собою зворотну залежність між швидкістю струмкового руйнування і використовується в моделі WEPP:

$$D_r = D_{rc} \cdot (1 - G/T_c)$$

Вище згадувалося про модель ерозії WEPP (Water Erosion Prediction Project), яка є теоретичною і, на наш погляд, найбільш досконалою у світі. Але практичне її використання ще не можливе через відсутність розробок щодо її адаптації й верифікації в умовах України. Ця важлива задача повинна домінувати в програмах сучасних досліджень українських ерозіознавців, оскільки розробити оригінальну вітчизняну модель подібного класу Україна поки що неспроможна. У США на її опрацювання витратили не один мільярд доларів. Тобто, на жаль, в Україні ще рано говорити про те, що модель WEPP вийшла з наукових лабораторій.

Але, безперечно, без математичної моделі ерозії інженерне створення ґрунтоохоронного агроландшафту неможливе.

Ерозіознавцями колишнього СРСР напрацьована достатня кількість математичних, логіко-математичних і фізичних моделей, які можна використовувати для прогнозування інтенсивності ерозії ґрунту. Вони досить докладно представлені в монографіях Г.І.Швебса і Г.О.Ларіонова (1993). З цих моделей ерозії, враховуючи сучасний рівень вивченості природи та механізмів ерозійних процесів, з метою одержання кількісних характеристик ефективності протиерозійного впорядкування агроландшафтів найбільш доцільним буде застосування гідромеханічної моделі ерозії Ц.Е.Мірцхулави (1970). Але ця модель у тому вигляді, в якому представив її автор, має також певні істотні недоліки, які можна усунути введенням в її зміст і алгоритм деяких наших модифікацій. Їх необхідність, насамперед, зумовлена тим, що прогнозування (а розрахунок конструкції протиерозійного захисту агроландшафтів - це теж саме, що прогнозування ерозії при різних рівнях напруженості протиерозійних заходів з врахуванням певної імовірності проявлення її факторів) не є

спробою передбачити дрібниці майбутнього. При прогнозуванні необхідно виходити з діалектичної детермінації явищ майбутнього, з того, що необхідність проторує собі шлях через випадковість, і тому до явищ майбутнього потрібен тільки імовірнісний підхід з врахуванням широкого набору можливих варіантів. Тільки при такому підході прогнозування може бути ефективно використано для вибору найбільш бажаного оптимального варіанту при обґрунтуванні мети, програми проекту, рішення взагалі.

Перевага гідромеханічної моделі ерозії полягає в тому, що вона досить повно відбиває фізичну суть ерозійних процесів і у порівняно з іншими вітчизняними моделями, найбільш адекватно враховує вплив ґрунтового фактору на інтенсивність ерозії, що є вирішальною перевагою, оскільки виходячи з функціонального завдання протиерозійного захисту, ґрунт, як фактор ерозії, повинен вважатися центральною ланкою в його конструкції.

Основні питання, що повинні бути вирішені на базі гідромеханічної моделі для прогнозу ерозії, такі:

- величини параметрів, які обумовлюють початок ерозії, особливо придонну швидкість, за якою відриваються ґрунтові окремість (частки-агрегати);

- інтенсивність ерозії;
- кількість ґрунту, яка змита за певний термін;
- прогнозування поясу відсутності і інтенсивної ерозії на схилі.

При вирішенні цих питань можна не враховувати цілу низку другорядних факторів і можливі деякі припущення:

- ґрунти на певній ділянці схилу мають однакові властивості, оброблені за єдиною технологією, що обумовлює однорідність рослинності і нанорельєфу, постійність гідрологічних і кліматичних факторів як на всьому схилі, так і у часі; інфільтраційна здатність не змінюється й дорівнює середньому значенні на розрахунковій ділянці і в певному

інтервалі часу;

- на певну територію випадає рівномірна кількість опадів;

інтенсивність опадів приймається постійною, яка дорівнює середньому значенні за розрахунковий термін;

- на схилах, що не мають рослинності і довжина яких перевищує 10 м, переміщення вниз по схилу ґрунтових часток і агрегатів у процесі “розбризування” під ударною дією крапель (у якості агента переносу) можна не враховувати (Ерозія ґрунтів, 1984);

- при прогнозуванні змиву ґрунту на період сніготанення розрахунок проводиться на шар стоку з імовірністю перебільшення  $P=10\%$  і максимальну інтенсивність за годину з імовірністю перебільшення  $P=1\%$ , які можна визначати за спеціальними гідрологічними картами (Здоровцов, 1985; Інструкція, 1979 та інші); це дозволить не ускладнювати розрахунки введенням коефіцієнтів, які враховують промерзання, вологість і інфільтраційну здатність ґрунту, через те, що розрахунок ведеться на ситуацію, яка наближається до екстремально небезпечної;

- ухил певної ділянки постійний і дорівнює середньому;

- кінетична енергія дощових крапель повністю витрачається на відрив ґрунтових часток і агрегатів від маси ґрунту, тобто на руйнування зчеплення між агрегатами; вплив енергії крапель на турбулентність водного потоку побічно враховується коефіцієнтами, які надходять в рівняння донної розмиваючої швидкості в гідромеханічній моделі ерозії; коефіцієнт стоку достатньою мірою характеризує інші впливи дощових крапель на поверхню ґрунту без рослинності чи її решток (ущільнення, замулення шпарин та інші).

Прогноз твердих втрат ( $qX_2T$ ) пропонується виконувати за формулою гідромеханічної моделі ерозії:

$$qX_2T = 0,011 \cdot \gamma \cdot \omega \cdot d \cdot \left[ \frac{308 \sigma^{0,6} \cdot I^{0,6} \cdot i^{0,7} \cdot m_1^{1,4} \cdot n_0^{0,6} \cdot X_2^{1,6}}{V_{\Delta \text{доп}}^2} + \frac{0,000013 \cdot V_{\Delta \text{доп}}^{3,32}}{I \cdot \sigma \cdot i^{1,16} \cdot m_1^{2,32} \cdot n_0} - X_2 \right] \cdot \frac{T}{X_2},$$

де:  $\gamma$  - щільність складення твердої фази ґрунту, т/м<sup>3</sup>;  $\omega$  - середня частота пульсаційної швидкості, сек<sup>-1</sup>. Вона може бути визначена за числом Струхалє:  $\omega = 0,73 \cdot V/H$ , де  $V$  - середня швидкість схилового стоку,  $H$  - глибина потоку. При відсутності спеціальних досліджень її можна прийняти такою, що дорівнює 10 сек<sup>-1</sup>;  $D$  - середній діаметр агрегатів (окремоостей, що відриваються), м;  $I$  - середня інтенсивність опадів, м/сек. Шар опадів (злива) і термін їх випадання повинні відповідати величинам з певною імовірністю перебільшення;  $\sigma$  - коефіцієнт стоку;  $i$  - ухил поверхні ( $\text{tg}\alpha$ );  $m_1$  - коефіцієнт, який враховує відхилення характеру руху рівного шару води за Костяковим (1960). Для вирівняного прямого схилу, який обробляється за горизонталями  $m_1=1$ , вздовж схилу -  $m_1=2$ , при істотній струмковій мережі на схилі -  $m_1=3$ , та у випадку обробітку схилу повздовж -  $m_1=4$ ;  $n_0$  - коефіцієнт шорсткості, який визначається за формулою:

$$n_0 = \frac{(0,7 \cdot \bar{d})^{1/6}}{22,2},$$

де  $\bar{d}$  - середньозважений діаметр водостійких агрегатів, м;  $X_2$  - довжина ділянки активної ерозії повздовж лінії стоку, яка дорівнює довжині схилу, м;  $V_{\Delta \text{доп}}$  - допустима (нерозмиваюча) швидкість на висоті виступів шорсткості ( $\Delta$ ), м/сек;  $T$  - термін випадіння еродуючої частки опадів, сек.

Допустиму (нерозмиваючу) швидкість визначають через розмиваючу швидкість ( $V_{\Delta \text{доп}}$ ), як величину, що має фізичний сенс:

$$V_{\Delta \text{доп}} = \frac{V_{\Delta \text{раз м}}}{1,4}$$

Розмиваючу швидкість визначають за формулою М.С.Кузнецова (1981):

$$V_{\Delta \text{раз м}} = 1,55 \cdot \sqrt{\frac{g}{1,46} \cdot (\gamma - \gamma_0) \cdot \left(1 - \frac{P}{100}\right) \cdot \bar{d} \cdot (\text{Cos}\alpha - \text{Sin}\alpha)},$$

де: P - шпаруватість структурних агрегатів (для чорноземів 32-48%);  $\alpha$  - кут ухилу схилу, град.;  $\gamma_0$  - щільність води;  $\gamma$  - щільність твердої фази ґрунту;  $g = 9,81 \text{ м/сек}^2$

Розрахунки за гідромеханічною моделлю ерозії нами реалізовані у вигляді прикладної комп'ютерної програми з необхідними базами даних, які дозволять прогнозувати ерозію на території України. Подібні програми обов'язково повинні включатися до навчальних курсів дисциплін, що пов'язані із землекористуванням.

Алгоритм розрахунків, що більш докладно представлений в наших методичних вказівках, можна вважати додатком до цього посібника (Прогноз ерозії ґрунтів для цілей проектування протиерозійно упорядкованих агроландшафтів. Укладач С.Ю. Булігін. - Київ: НАУ, 2004. - 44 с.).

Фізичне моделювання ерозійних процесів і спостереження за ними у відповідних природних умовах дають змогу зробити кількісні судження щодо адекватності математичних моделей реальним процесам та навпаки. Такий шлях сприяє поглибленому дослідженню природи ерозійних процесів. При цьому деякою мірою виконується один із фундаментальних принципів пошуку істини в природознавстві - принцип додатковості, який сформульований і обґрунтований генієм ХХ століття Нільсом Бором. Тому цей момент, безумовно, не можна обминути, коли мова йде про математичні моделі ерозії, які повинні виконувати роль розрахункового інструменту проектування протиерозійного упорядкування агроландшафтів як інженерного процесу.

Гідромеханічну модель ерозії фактично можна вважати теоретичною, оскільки вона може бути описана інтегральною залежністю відношення швидкості потоку води по поверхні ґрунту до критичної розмиваючої швидкості. Але певна перевірка її на адекватність і проведення процедури верифікації необхідні. Для цього був виконаний комплекс робіт з вимірювання інтенсивності ерозії методом стокових майданчиків, натурних замірів рівчаків за С.С.Соболевим (1961). Як приклад наводяться результати серії активних експериментів з використанням симуляторів зливної ерозії і фізичного імітаційного моделювання ерозії від водного потоку без урахування кінетичної енергії дощових крапель. У табл. 9.1 наведені результати фізичного моделювання зливної ерозії дощувальною установкою, яка виготовлена нами і працює на принципі закиду цівки води на височину більш 7 метрів з наступним вільним падінням крапель, що дає змогу одержати модельний дощ, спектр і енергія крапель якого наближаються до природних. Моделювання зливної ерозії виконувалось в полі чорного пару з попереднім визначенням усіх параметрів, які входять до гідромеханічної моделі ерозії.

У подальших дослідженнях використовувався імітатор зливної ерозії “Ера-2” (Краснов та інш., 1983), який дає можливість створювати зливи, що за основними параметрами (плювіографічні характеристики, величина, спектр, швидкість і енергія крапель) наближаються до природних. Величину крапель визначали методом фільтрувального забарвленого паперу, швидкість падіння крапель - методом лазерної зйомки в НВО “Радуга”. Створювали зливу 10%-ої забезпеченості для Лівобережного Лісостепу з ерозійно небезпечним шаром 56 мм і середньою інтенсивністю 1,4 мм/хв. Максимальна інтенсивність зливи дорівнювала 4 мм/хв. (Лавровський та інш., 1985).

Моделювання зливної ерозії виконували в полі чорного пару за тиждень після сильної природної зливи шаром 71 мм і середньої інтенсивності 1 мм/хв. Розбіжності між варіантами дослідів по змиву

грунту при моделюванні були неістотними і знаходились у межах помилки.

Таблиця 9.1

**Порівняння прогнозних даних змиву чорнозему звичайного малогумусного слабоеродованого важкосуглинкового ( $gX_2T$ ) з результатами фізичного моделювання ерозії (середнє з 3-х повторень)**

№ п/п	Технологія обробітку	Фактичний змив, т/га	Шар дощу, мм	Інтенсивність, м/с	Коефіцієнт стоку	$\bar{d}$ , мм	$n_0$ , м/сек	$V_{\Delta доп}$	$gX_2T$ , т/га
1.	З полицевою оранкою	3,0	71	1,9	0,27	0,35	0,0101	0,055	2,85
2.	З глибоким плоскорізним обробітком	2,5	78	2,9	0,17	0,49	0,0116	0,064	1,38
3.	Щільова технологія	2,5	72	2,5	0,36	0,54	0,0118	0,066	2,15
4.	Поверхнева технологія	6,5	71	2,2	0,35	0,54	0,0118	0,066	2,15

У середньому змив ґрунту дорівнював 7 т/га. Прогнозний змив на базі гідромеханічної моделі ерозії для різних варіантів також істотно не відрізнявся. В середньому він становив 3,5 т/га.

Розбіжності між фактичними і розрахунковими даними зумовлені впливом потужної кірки, що була сформована природною зливою. Тому зразки ґрунту для визначення  $\bar{d}$  необхідно було брати саме з неї, а не із шару 0-20 см, як це було зроблено.

Окремі результати фізичного моделювання ерозії імітатором “Ера-2” на різних агрофонах наведені в таблиці 9.2.

При моделюванні ерозії методом напуску води краплями дощу без енергії середній фактичний змив дорівнював 2,54 т/га ґрунту. Прогнозні величини змиву наведені в таблиці 9.3. Істотних розбіжностей також немає.

Таблиця 9.2

**Порівняння прогнозних даних змиву ґрунту з даними, що отримані  
при фізичному моделюванні (середнє з 4-х)**

<b>Агрофон</b>	<b>Розрахунковий змив, т/га</b>	<b>Коефіцієнт протиерозій -- ного захисту агрофону</b>	<b>Розрахунковий змив з агрофону, т/га</b>	<b>Фактичний змив т/га</b>
Багаторічні бобово-злакові трави. Проективне покриття 100%	4,05	20	0,2	0,2
Озима пшениця повної зрілості. Проективне покриття 95%	4,05	10	0,4	0,8
Теж + контурні бороздки у міжряддях до 10-15 см	4,05	40	0,1	0

Таблиця 9.3

**Значення прогнозного змиву ґрунту від водного потоку**

<b>Варіанти технологій</b>	<b>Питомий розхід води, м/м·сек</b>	<b>Коефіцієнт стоку</b>	<b>Час подачі води, сек</b>	$\bar{d}$ , м	$gX_2T$
1	0.000333	0,50	500	0,0007	3,75
2	-	0,39	500	0,0006	3,57
3	-	0,81	500	0,0009	3,56

Дані про фактичний змив є базовими для процедури верифікації математичних моделей ерозії, а останні, в свою чергу, дають змогу точніше інтерпретувати перші. Це судження можна прокоментувати на прикладі аналізу результатів обліку ерозійних втрат ґрунту, що одержані методом стокових майданчиків.

У 1977 році в умовах стаціонарного польового дослідження на схилі 3-5 ПС експозиції (ґрунт - чорнозем звичайний малогумусний слабоеродований) був зафіксований стік повеневих вод на рівні 10%-ої забезпеченості для Лівобережного Північного Степу. На контрольному

варіанті (полицева оранка) в полі чорного пару він дорівнював 35,2 мм; інтенсивність сніготанення - 4 мм на годину. Сніготанення почалося в результаті швидкого наростання позитивних температур з одночасним випадінням дощу. Довжина стокового майданчика ( $X_2$ ) дорівнювала 250 м. Значення  $\bar{d}$  - 0,001 м. Зафіксований фактичний змив у розмірі 5,1 т/га. Прогнозне (розрахункове) значення змиву ґрунту досягло 7,6 т/га. У 1988 році ці значення відповідно дорівнювали 1,2 і 4,8 т/га.

На перший погляд прогнозні значення змиву істотно завищують результати: у першому випадку в 1,5, а в другому - в 4 рази. Але спостереження за умовами проходження стоку свідчать, що значна його частина пройшла по льодяній кірці. Особливо це стосується 1988 року, коли денна тепла сонячна погода змінювалася приморозками вночі.

Тому не можна говорити про істотні розбіжності між розрахунковими й фізичними значеннями змиву ґрунту - значення першого вказують на потенційну величину останнього. Спроба формалізації усіх умов сніготанення призведе до того, що теоретична модель ерозії перетвориться в емпіричну. Без сумнівів, для кількісного обґрунтування протиерозійного упорядкування агроландшафту важливіше знати мінімальну величину змиву, ніж враховувати усі можливі умови сніготанення.

Отже, модифікована гідромеханічна модель, яка базується на певному рівні вивченості природи ерозійних процесів, з теоретичного боку достатньо опрацьована для того, щоб на її основі проводити кількісну оцінку ерозійної небезпеки при різних рівнях протиерозійного захисту.

## Контрольні запитання

1. Швидкість ґрунтоутворювального процесу.
2. Терміни "нормальна" і "прискорена" ерозія.
3. Повний збиток від ерозії.
4. Головні проблеми в землекористуванні.
5. Негативні екологічні наслідки ерозії ґрунтів чорноземного габітусу.
6. Поняття ґрунтоохоронного агроландшафту.
7. Дефініція антропогенного агроландшафту.
8. Оптимальні розміри полів.
9. Матеріали великомасштабних обстежень ґрунтів.
10. Сценарії розрахунку гумусованості (потужності) профілю за ландшафтно-індикаційними моделями.
11. Принципи теорії і методології сучасного ґрунтового картографування.
12. Механізм ерозійних процесів.
13. Переваги гідромеханічної моделі ерозії.
14. Фізичне моделювання ерозійних процесів.

## ГЛАВА 10. РОЗВИТОК ЕРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ (ЗА ВИНЯТКОМ ГІРСЬКИХ ЛАНДШАФТІВ)

Досвід захисту ґрунтового покриву в Україні свідчить про те, що ця проблема немає простого рішення. За радянських часів витрачені величезні кошти й сили, але це дало змогу лише зменшити темпи прискорення інтенсивності ерозійних процесів.

Причини відсутності результативності цих дій можна поділити за деякими аспектами:

- кошти, що направлялися на захист ґрунтів від ерозії використовувались не за призначенням. Так, за роки найбільшої уваги до проблеми ерозії (1976-1985 рр.) 72,4% від загальної суми коштів використано на будівництво так званих “протиерозійних” ставків, залізобетонних конструкцій тощо, 10,5% - на рекультивацію земель, 5,0% - інші роботи (у тому числі і проектні), і тільки 12,1% - на попередження ерозії (терасування крутих схилів - 4,4% і створення полезахисних лісонасаджень - 7,7%). Рекультивація земель безпосередньо протиерозійного значення не має, а протиерозійна функція “протиерозійних” ставків у захисті ґрунтів від ерозії майже не істотна, тому що 88,6% ставків, що побудовані у замикаючих створах на малих річках і великих балках, не можуть достатньою мірою захищати від ерозійного руйнування більш високі елементи рельєфу.

- недосконалість структури земельних ресурсів за категоріями призначення і посівних площ на орних землях. На даний час в Україні має місце вкрай висока розораність території - більше за 56%, а площа орних земель займає 81,1% від сільськогосподарських угідь. Такого становища немає в жодній розвиненій країні. При цьому, розораність степової зони перевищує 60%, а в таких областях як Кіровоградська й Запорізька вона відповідно дорівнює 74,0 і 73,2%. За умов такої розораності загальної

території немає підстав навіть говорити про надійний протиерозійний захист ґрунтового покриву. До того ж природні кормові угіддя потенційно можуть дати значно більший вихід кормових одиниць у порівнянні зі схилливими орними еродованими землями, що забезпечує різке поліпшення екологічного стану довкілля і зменшення майже до нуля собівартості й поліпшення поживної якості кормів. Необхідно значно збільшити площу лісів, щоб Україна змогла самостійно задовольнити свої потреби у деревині без її імпорту.

За методичними рекомендаціями, що вийшли у 2000 році за редакцією академіка В.Ф. Сайка і мають офіційний характер, зменшення площі орних земель в областях, районах та в окремих господарствах повинно здійснюватись з урахуванням екологічних і економічних чинників. Відповідно до цього вилученню орних земель і переведенню в інші категорії угідь підлягають такі землі:

- рілля на схилах крутістю 3° і більше градусів (близько 3,694 млн. га, табл. 10.1);
- малопродуктивні землі, ведення землеробства на яких економічно не вигідно - матеріальні та енергетичні затрати перевищують вартість продукції (орієнтовна площа - понад 3 млн. га);
- раніше розорані землі гідрографічної мережі (біля 1 млн. га);
- землі, безпосередньо розташовані біля тваринницьких комплексів і навколо населених пунктів незалежно від їхньої якості (1,558 млн. га) - для створення сінокосів та пасовищ;
- забруднені радіонуклідами і важкими металами ґрунти (понад 500 тис. га).

Найпоширеніші ґрунти в цих групах земель:

1. Борові піски, дернові, дерново-приховано-підзолисті та слабкопідзолисті на давньоалювіальних і сучасних річкових відкладах.
2. Комплекси із солонцями, солончаками, сильносолонцюватими і солончакуватими, частка яких у фонових ґрунтах перевищує 20%.

3. Кам'янисті завалунені ґрунти.
4. Дернові, лучні, болотні та торфові ґрунти заплавл.
5. Немеліоровані, сильноглейові та поверхнево оглеєні ґрунти, на яких неможливо дотримуватись оптимальних строків проведення технологічних операцій по вирощуванню сільськогосподарських культур.
6. Будь-які ґрунти на схилах із вказаною крутизною і навколо тваринницьких комплексів та населених пунктів, виходячи з наявного й перспективного поголів'я худоби.

Після такої трансформації сільськогосподарських угідь в Україні в інтенсивному обробітку залишається 24,228 млн. га найпродуктивніших земель, частка ріллі в їх структурі становитиме 57,9% - найвища в Європі. (табл. 10.2, 10.3). На цій ріллі через технології вирощування сільськогосподарських культур необхідно сконцентрувати наявні енергетичні та матеріальні ресурси для виробництва необхідної кількості якісної продукції. Можна вважати оптимальним, коли відношення дестабілізуючих чинників (рілля, сади) до стабільних (природні кормові угіддя, ліси, лісосмуги) не перевищує одиниці. До цього розрахунку не належать урбанізовані та техногенно змінені території. Це означає, що розораність загальної території України не може перевищувати 40%, а частина ріллі від площі сільськогосподарських угідь - 50% (тобто у майбутньому доведеться ще дещо скоротити площу ріллі у порівнянні з даними таблиці 10.1). Провідні західні держави мають ще меншу розораність, ніж планується в нашій країні, і при цьому в них виникає необхідність у штучних заходах щодо зменшення обсягів сільськогосподарського виробництва.

Таблиця 10.1

## Переведення ріллі у природні кормові угіддя та заліснення,

тис. га

Зони, області	Еродовані схили, 3 <sup>0</sup> і більше	Малопродуктивні землі	Водоохоронна зона	Засолені	Інші	Всього	Відсоток, до землі в обробітку
<b>Зона Степу</b>	<b>1517,5</b>	<b>1165,4</b>	<b>477,2</b>	<b>326,4</b>	<b>660,2</b>	<b>4146,7</b>	<b>26,6</b>
Автономна Республіка Крим	43,6	81,5	21,5	110,9	51,2	308,7	25,6
Кіровоградська	244,2	80,6	35,3	0,6	143,8	504,5	29,1
Дніпропетровська	202,7	123,4	81,0	38,4	90,4	535,9	25,4
Запорізька	164,1	142,3	74,8	24,7	86,2	492,1	26,1
Одеська	360,8	75,2	48,9	23,0	42,6	550,5	26,5
Миколаївська	102,1	197,3	65,8	17,9	77,6	460,7	27,0
Херсонська	12,6	218,2	48,6	70,8	87,0	437,1	24,7
Донецька	173,9	174,6	63,4	22,2	39,6	473,7	28,5
Луганська	213,5	72,3	38,0	17,9	41,8	383,5	27,7
<b>Зона Лісостепу</b>	<b>1715,6</b>	<b>584,2</b>	<b>354,0</b>	<b>37,5</b>	<b>399,2</b>	<b>3090,5</b>	<b>25,8</b>
Вінницька	394,3	31,5	14,9	-	19,6	460,3	26,6
Київська	83,9	145,7	60,1	1,7	49,8	341,2	24,3
Черкаська	178,6	40,1	52,0	3,1	40,9	314,7	24,5
Полтавська	90,5	189,2	85,7	6,4	87,9	459,7	25,4
Харківська	253,5	86,2	57,1	25,6	63,1	485,5	24,8
Сумська	92,6	91,5	65,2	0,7	87,2	337,2	25,6
Хмельницька	349,8	-	-	-	23,9	373,7	29,9
Тернопільська	195,2	-	19,0	-	26,8	241,0	27,6
Чернівецька	77,2	-	-	-	-	77,2	22,7
<b>Зона Полісся</b>	<b>461,0</b>	<b>430,2</b>	<b>206,2</b>	<b>25,6</b>	<b>269,2</b>	<b>1392,2</b>	<b>26,2</b>
Чернігівська	20,9	198,1	78,5	25,6	91,3	414,4	29,3
Житомирська	35,2	132,4	66,5	-	77,6	311,7	28,3
Рівненська	81,9	41,8	16,5	-	25,9	166,1	24,9
Волинська	57,5	54,5	18,0	-	41,1	171,1	24,8
Львівська	171,5	3,4	9,4	-	23,9	208,2	24,7
Івано-Франківська	79,7	-	7,6	-	9,4	96,7	23,7
Закарпатська	14,3	-	9,7	-	-	24,0	12,0
<b>Всього по Україні</b>	<b>3694,1</b>	<b>2179,8</b>	<b>1037,4</b>	<b>389,5</b>	<b>1328,6</b>	<b>8629,4</b>	<b>26,3</b>

Таблиця 10.2

**Сільськогосподарське використання земельного фонду України, тис.  
га**

Зони, області	Всього землі	У тому числі сільськогосподарські угіддя	З них ріллі	Розораність, %	Переводиться у природні кормові угіддя і заліснення	Залишається в ріллі в усіх категоріях господарств	Розораність, %
<b>Зона Степу</b>	<b>25019,8</b>	<b>19159,9</b>	<b>15575,3</b>	<b>81,3</b>	<b>4146,8</b>	<b>11428,5</b>	<b>60</b>
Автономна Республіка Крим	2694,5	1824,2	1207,6	66,2	308,7	898,9	49,3
Кіровоградська	2458,8	2043,7	1774,5	86,8	504,5	1270,0	62,1
Дніпропетровська	3192,3	2512,9	2110,3	84,0	535,9	1574,4	62,6
Запорізька	2718,3	2242,1	1888,1	84,2	492,1	1396,0	62,3
Одеська	3331,3	2590,4	2078,0	80,2	550,5	1527,5	59,0
Миколаївська	2458,5	2013,0	1703,7	84,6	460,7	1243,0	61,7
Херсонська	2846,1	1965,5	1770,8	90,1	437,1	1333,7	67,8
Донецька	2651,7	2048,1	1659,3	81,0	473,1	1185,6	57,9
Луганська	2668,3	1920,0	1383,0	72,0	383,5	999,5	52,0
<b>Зона Лісостепу</b>	<b>20291,4</b>	<b>14580,2</b>	<b>11961,6</b>	<b>82,0</b>	<b>3090,5</b>	<b>8871,1</b>	<b>60,8</b>
Вінницька	2649,2	2020,1	1730,6	85,7	460,3	1270,3	62,9
Київська	2895,7	1684,3	1402,4	83,3	341,2	1061,2	63,0
Черкаська	2091,6	1456,3	1283,6	88,1	314,7	968,9	66,5
Полтавська	2875,0	2186,5	1809,2	82,7	459,7	1349,5	61,7
Харківська	3141,8	2422,6	1957,3	80,8	485,5	1471,8	60,7
Сумська	2383,2	1710,6	1318,2	77,1	337,2	981,0	57,3
Хмельницька	2062,9	1569,1	1247,5	79,5	373,7	873,8	55,7
Тернопільська	1382,4	1055,7	872,4	82,6	241,0	631,4	59,8
Чернівецька	809,6	475,0	340,4	71,7	77,2	263,2	55,4
<b>Зона Полісся</b>	<b>15043,6</b>	<b>8086,4</b>	<b>5320,6</b>	<b>65,8</b>	<b>1392,2</b>	<b>3928,4</b>	<b>48,6</b>
Чернігівська	3190,3	2108,8	1414,7	67,1	414,4	1000,3	47,4
Житомирська	2982,7	1594,8	1101,4	69,1	311,7	789,7	49,5
Рівненська	2005,1	927,1	665,7	71,0	166,1	499,6	53,3
Волинська	2014,4	1067,4	688,7	64,5	171,1	517,6	48,5
Львівська	2183,1	1275,6	842,0	66,0	208,2	633,8	49,7
Івано-Франківська	1392,7	637,6	408,0	64,0	96,7	311,3	48,8
Закарпатська	1275,3	465,1	200,1	43,0	24,0	176,1	37,9
<b>Всього по Україні</b>	<b>60354,8</b>	<b>41826,5</b>	<b>32857,5</b>	<b>78,5</b>	<b>8629,4</b>	<b>24228,1</b>	<b>57,9</b>

Таблиця 10.3

**Площа еродованих орних земель України,  
тис. га (дані за 1989-1999 рр.)**

Зони, області	Всього	У тому числі					
		тис. га	%	тис. га	%	тис. га	%
<b>Зона Степу</b>	<b>5843,8</b>	<b>4446,4</b>	<b>81</b>	<b>1184,8</b>	<b>15</b>	<b>255,6</b>	<b>4</b>
Автономна Республіка Крим	143,1	114,4	80	24,4	17	4,3	3
Кіровоградська	852,3	647,7	76	187,6	22	17,0	2
Дніпропетровська	838,6	712,8	85	109,1	13	16,7	2
Запорізька	642,2	359,6	56	179,8	28	102,8	16
Одеська	901,1	675,8	75	189,3	21	36,0	4
Миколаївська	362,0	257,0	71	94,1	26	10,9	3
Херсонська	145,2	116,1	80	21,8	15	7,3	5
Донецька	1024,8	768,7	75	204,9	20	51,2	2
Луганська	934,5	794,3	85	130,8	14	9,4	1
<b>Зона Лісостепу</b>	<b>3228,7</b>	<b>2428,1</b>	<b>73</b>	<b>657,8</b>	<b>21</b>	<b>142,8</b>	<b>6</b>
Вінницька	593,1	468,6	79	106,7	18	17,8	3
Київська	140,5	89,9	64	30,9	22	19,7	14
Черкаська	318,9	213,7	67	73,4	23	31,8	10
Полтавська	241,7	195,7	81	38,8	16	7,2	3
Харківська	791,2	688,4	87	94,9	12	7,9	1
Сумська	216,9	188,7	87	26,0	12	2,2	1
Хмельницька	482,4	294,2	61	168,9	35	19,3	4
Тернопільська	303,6	200,4	66	78,9	26	24,3	8
Чернівецька	140,4	88,5	63	39,3	28	12,6	9
<b>Зона Полісся</b>	<b>665,6</b>	<b>407,6</b>	<b>63</b>	<b>189,9</b>	<b>27</b>	<b>68,1</b>	<b>10</b>
Чернігівська	44,2	30,9	70	10,7	25	2,6	6
Житомирська	48,6	27,3	56	16,5	34	4,8	10
Рівненська	129,6	59,6	45	40,2	31	29,8	23
Волинська	123,0	76,3	62	33,2	27	13,5	11
Львівська	194,1	124,2	64	60,2	31	9,7	5
Івано-Франківська	91,0	60,1	66	24,6	27	6,3	7
Закарпатська	35,1	29,2	83	4,5	13	1,4	4
<b>Всього по Україні</b>	<b>9738,1</b>	<b>7282,1</b>	<b>75</b>	<b>1989,5</b>	<b>21</b>	<b>466,5</b>	<b>4</b>

Об'єктивним критерієм оцінки рівня продуктивності землеробства є надходження фотосинтетичної активної радіації (ФАР), кількість якої у розрізі регіонів наведено в таблиці 10.4. Засвоєння до 1% ФАР свідчить про суто екстенсивну систему землеробства. Приклади господарювання значної кількості українських сільськогосподарських підприємств показують, що тільки завдяки своєчасному і якісному виконанню робіт можна впевнено прогнозувати одержання рослинницької товарної продукції на рівні 2% ФАР. А це вказує на принципову можливість скорочення ріллі удвічі без зменшення обсягів виробництва рослинництва. Провідні західноєвропейські країни нині гарантовано використовують до 3% ФАР. Скорочення ріллі не призведе до зменшення товарної рослинницької продукції, якщо буде наведено елементарний порядок у використанні земель, які залишаються в інтенсивному обробітку. Виведення з інтенсивного сільськогосподарського використання малопродуктивних земель (деградованих, низько технологічних тощо) зумовлює не лише зменшення екологічного ризику, а й припинення розпорошення коштів, ресурсів і праці. Світовий досвід свідчить, що підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва можливе лише за умов інтенсивного використання високородючих ґрунтів і зниження вкладень у малопродуктивні землі.

Ігнорується чи недооцінюється висока природоохоронна ефективність полезахисного лісорозведення – творіння вітчизняної науки. На сьогодні практично зупинене садіння лісних смуг, не виконується їх технологічний ремонт. С.В.Зонн і А.П.Травлєєв (1989) вважають, що у лісостеповій і лісових зонах важливим є збереження або доведення лісистості відповідно до 30 і 40% від загальної площі, рівномірний розподіл лісів за територією для виконання теплорегулюючого впливу на ґрунти і посіви. В степовій і напівпустельній зонах ці вчені рекомендують довести лісистість до 8-10% від орних земель. Не погодитись з цими рекомендаціями досить важко.

Таблиця 10.4

**Можливий врожай основних сільськогосподарських культур  
залежно від коефіцієнту використання енергії і ФАР, ц/га**

Фактичний	Культура	Фактичний ц/га	Надходження за вегетаційний період	Врожай сільськогосподарських культур при коефіцієнті використання енергії ФАР (і)			
				1%	1,5%	2%	3%
Полісся	Озима пшениця	25-30	2,8	28,4	42,3	56,7	85,1
	Кукурудза на силос	270-300	2,5	180,0	270,0	363,0	543,0
	Картопля	180-250	2,6	143,0	213,0	283,0	425,0
	Ячмінь	23-25	2,1	25,7	39,1	50,8	76,5
Західний Лісостеп	Озима пшениця	28-35	2,9	29,3	44,7	58,6	87,9
	Кукурудза на силос	280-300	2,7	197,0	297,0	390,0	587,0
	Кукурудза на зерно	30-35	3,0	30,2	45,6	60,5	91,2
	Цукровий буряк	250-300	3,2	234,0	347,0	464,0	697,0
	Ячмінь	25-28	2,2	26,8	40,2	53,6	79,8
Право- бережний і Лівобережний Лісо- степ	Озима пшениця	30-40	3,0	30,2	45,6	60,5	91,2
	Кукурудза на зерно	35-45	3,2	32,6	48,4	64,6	97,2
	Кукурудза на силос	250-300	2,9	210,0	320,0	420,0	630,0
	Цукровий буряк	280-300	3,8	277,0	413,0	550,0	827,0
	Ячмінь	25-30	2,3	27,9	42,4	55,8	83,7
	Соняшник	15-18	3,4	16,8	25,2	33,6	50,4
Північний і Централь- ний Степ	Озима пшениця	26-38	3,3	33,5	50,7	67,0	100,0
	Кукурудза на зерно	35-40	3,4	34,4	51,6	68,8	103,2
	Кукурудза на силос	180-250	3,0	216,0	326,0	433,0	653,0
	Ячмінь	25-28	2,4	29,0	43,5	58,0	87,6
	Соняшник	15-20	3,6	17,7	26,6	35,5	53,2
Південний Степ і рівнинна частина Криму	Озима пшениця	25-35	3,5	35,3	53,5	70,7	106,0
	Кукурудза на силос	180-200	3,1	223,0	340,0	450,0	673,0
	Ячмінь	25-38	2,5	30,1	45,2	60,8	90,9
	Сорго на зерно	3-38	3,6	36,3	54,4	72,6	109,3
	Сорго на зелену масу	250-270	3,0	260,0	392,0	520,0	784,0

• Недосконалість організації території господарств (принципи організації плакорних територій були фактично скрізь перенесені на схили). Основні помилки: прямокутна форма полів, розташування

полезахисних лісосмуг і інших постійних рубежів вздовж схилів, ігнорування законів розвитку і трансформації ландшафтів. В Україні в основних землеробських регіонах природні ландшафти майже не збереглися. Тому вирішити проблему може лише конструювання протиерозійно і меліоративно упорядкованих агроландшафтів, які за ступенем буферності, авторегулювання і саморозвитку не повинні поступатися колишнім природним ландшафтам і мають бути з достатньою надійністю націлені на захист ґрунтового покриву при екстремальних проявах факторів ерозії й дефляції. Згідно з Указом Президента України від 3 грудня 1999 року №1529/99 “Про невідкладні заходи щодо прискорення реформування аграрного сектору економіки” характер і шляхи використання орних земель визначають самі власники землі та землекористувачі.

Слід зазначити, що вже мають місце дуже грубі помилки, які замість очікуваних результатів (різке збільшення обсягів сільськогосподарської продукції й процвітання сільських товаровиробників) зумовлюють різкий спалах ерозійних процесів, у тому числі лінійної ерозії, подальше зменшення родючості ґрунтів і, як наслідок, “вільне” падіння продуктивності земель. Для забезпечення успіху Земельної реформи в Україні необхідно терміново довести до всіх землекористувачів імператив збереження і відтворення родючості ґрунтів, охорони й поліпшення довкілля. Ще ніколи й ніде не мала успіху спроба підмінити науково обґрунтовані рослинницькі технології формою власності. Навпаки, остання повинна каталізувати прогрес в землеробстві.

Розподілу територій великих господарств за приватними і іншими землекористувачами має передувати протиерозійне й меліоративне упорядкування (хоча б у вигляді проектів) водозборів. Це спрацьовує на віки, оскільки економічні рубежі, зроблені на приватній основі, долаються лише революціями, яких наша країна не переживе. Розподіл землі необхідно робити саме за цими проектами, які в подальшому за державні

кошти реалізуються в натурі, тобто проводиться формування протиерозійного захисту заходами постійної дії: гідротермічні споруди, лісосмуги, інфраструктура стоку тощо. Тобто це справа далеко не однієї доби.

А є палке бажання зробити Земельну реформу миттєво, тому що земельні відношення - це в Україні велика політика, а політичні дивіденди потрібні саме сьогодні. Прийшов час схаменутися та замислитися, оскільки головна надія України - її землі, можуть стати її бідною. Вже достатньо конкретних прикладів. Ніколи і нікому не треба забувати, що земля - це основа життєзабезпечення нації.

- Недотримання ґрунтоохоронних технологій вирощування сільськогосподарських культур. У більшості випадків об'єктами господарювання використовуються лише окремі заходи без певної системи і глибокого обґрунтування. До того ж слід зазначити, що, незважаючи на відсутність постійного надійного протиерозійного ефекту, широке системне застосування ґрунтоохоронних рослинницьких технологій дозволило б різко зменшити ерозійні втрати ґрунту. Тим більше, що агротехнічні протиерозійні заходи добре вивчені і мають надійне наукове забезпечення. На жаль, наш агропромисловий комплекс недостатньо сприйнятливий до наукових розробок.

Істотною перешкодою впровадження ґрунтоохоронних заходів є відсутність системи ґрунтообробних протиерозійних знарядь. Практично відсутня техніка для роботи на схилах з ухилом більше 3<sup>0</sup>. Тому культури сіються вздовж схилу, що призводить до катастрофічних втрат ґрунту. Не можна конфігурацію полів прилаштовувати до конструкції машини. Все повинно бути навпаки. За 10-15 років сталася якісна зміна у системі сільськогосподарських машин, проте ґрунтовий покрив втрачає свої корисні властивості.

Відсутність прямої матеріальної зацікавленості землекористувачів у збереженні ґрунтів визначає хижацьке відношення до землі. Це

матеріальний і політично-соціальний базис сучасної антиприродної діяльності землеробця.

Земля - це безцінний дар природи. Здається, що цей вислів має єдине значення - берегти землю, оскільки вона не тільки предмет землеробської праці, а й основний засіб виробництва. Однак відсутність дійсної грошової оцінки землі створює парадоксальну ситуацію - основний засіб виробництва практично не має ціни. Багато років у справі захисту ґрунтів і інших компонентів довкілля сподівалися на свідомість керівників і звичайних працівників. Землекористувачі не несли і зараз не несуть будь-якої істотної відповідальності за збитки, які вони завдають ґрунтам. Їх робота оцінюється лише за рівнем рентабельності виробленої продукції. В таких умовах в першу чергу проводяться заходи, які націлені на збільшення врожаїв культур в рік їх застосування. Ґрунтоохоронна ж їх оцінка майже нікого не цікавить, тому що діє економічний механізм, який примушує господарника турбуватись тільки про найближчі результати. Вкрай необхідні економічні важелі, які забезпечать надійну і ефективну охорону "здоров`я" земель. Одержувати сільськогосподарську продукцію за будь-яку ціну вже неприпустимо. Темпи й рівень застосування компенсуючих, охоронних і меліоративних заходів повинні випереджати прискорення інтенсивності технологічного використання ґрунтів. Потрібні реальна ціна на землю, ефективна система оперативного моніторингу, державна екологічна політика. Особливо важливо розробити чітку й прозору методику визначення збитків від ерозії ґрунтів у грошових одиницях. Значення останнього аспекту різко зростає в умовах сучасного радикального реформування земельних відносин з введенням інституту приватної власності на землю. В умовах правової держави землекористувачу необхідно буде надати безумовні докази адекватності оцінки збитків, які завдані його діяльністю, або, навпаки, він повинен бути впевнений, що при поліпшенні стану ґрунту йому буде надана певна компенсація витрат на ґрунтоохоронні заходи. Дистанційні методи

зондування, особливо аерокосмічні зйомки ґрунтового покриву, для цих цілей незамінні.

Виникає необхідність поглибленого аналізу закономірностей розвитку ерозійних процесів на території України, формування наукових засад стратегії протиерозійного захисту сільськогосподарських угідь. Отже, виникла нагальна необхідність розробки, а головне - реалізації надзвичайних заходів з охорони ґрунтового покриву від руйнування. Не має підстав для надій, що перерозподіл землі серед "реальних власників" автоматично вирішить всі проблеми її раціонального використання.

З кінця 80-х років відсутній навіть той недосконалий контроль, що проводився за радянських часів Міністерством сільського господарства; призупинено всі поточні роботи із збереження родючості ґрунтів, захисту їх від ерозії і дефляції. Сьогодні держава ніяк не впливає на спосіб використання земель. У новітній історії людства вже були такі факти. Так, в ХХ столітті яскравим прикладом може бути соціально-економічна криза, яка охопила США у 20-30-ті роки. Створення Служби охорони ґрунтів значною мірою зумовило процес трансформації США у супердержаву з надзвичайно високим рівнем розвитку економіки і соціальної структури. Зараз очевидно, що це не було випадковим збігом обставин - Служба охорони ґрунтів грає роль надійного державного інструменту у справі розвитку агропромислового виробництва і раціонального використання земель. Деградація ґрунтів є прямим показником і критерієм оцінки деградації суспільства. Соціальний розвиток будь-якої країни можна безпомилково оцінювати за ступенем любові до своєї землі.

Таким чином, Україна повинна мати і неухильно реалізовувати глибоко і всебічно науково обґрунтовану ґрунтоохоронну політику, яка буде зобов'язувати і спрямовувати землекористувачів незалежно від форми власності на землю на охорону й відродження ґрунтів. Для опрацювання науково-методичної і технологічної бази охорони, економічно ефективного і екологічно безпечного використання земельних

ресурсів, системного моніторингу ґрунтових і пов'язаних з ними інших природних ресурсів, формування й здійснення Державної ґрунтоохоронної політики, необхідна організація і всебічний розвиток цілісної Служби охорони ґрунтів України, яка в завершеному вигляді повинна бути розвиненою діючою структурою, що побудована логічно, системно й ієрархічно - від адміністративного району до загальнонаціонального рівня і яка б мала у своїй системі науково-дослідні, проектно-конструкторські і контрольно-адміністративні установи, учбові структури, машинно-технологічні і аерокосмічні підрозділи із завданням безпосередньо виконувати необхідний комплекс робіт. Одномоментне директивне створення такої системи, безумовно, призведе тільки до дискредитації самої ідеї. Неможливо скласти Службу з окремих фрагментів у вигляді сучасних відомств і установ. Її формування має бути плановим та поступовим. Неприпустимо й безмірно розтягувати процес її організації. Мабуть, оптимальний термін - 4-5 років. Перший крок вже зроблено і Постановою Кабінету Міністрів у 2000 році в системі Міністерства аграрної політики створено науково-технологічний центр з охорони і відтворення родючості ґрунтів, що на 100% відповідає новій функціональній концепції Міністерства, при якому має створюватись і вся Служба в цілому. Останнє цілком реально, оскільки, по-перше, реалізація ґрунтоохоронних заходів можлива лише за умов їх залучення в технологічний цикл, а, по-друге, технології вирощування сільськогосподарських культур повинні гармонійно поєднуватись з протиерозійним захистом, що має бути сформований у системі заходів постійної дії. Під час створення Служби охорони ґрунтів США цей аспект був врахований, що зумовило її організацію при Міністерстві сільського господарства.

## **10.1. Принципи опрацювання загальних схем (концептуальних моделей) ґрунтоохоронних агроландшафтів**

Проблема ерозії ґрунтів має як мінімум два рівні: стратегічний (концептуальний) і тактичний (проектно-конструкторський). Рішення проблеми на першому рівні передбачає диференційовану кількісну оцінку розвитку ерозійних процесів та небезпеки й ступеня реалізації ерозії на всій території країни. Це дає змогу науково обґрунтовано визначатися із пріоритетами щодо здійснення протиерозійних робіт за регіонами, опрацювати відповідну інвестиційну політику. Крім того, стратегічне планування протиерозійного захисту передбачає наявність концептуальних моделей ґрунтоохоронно і меліоративно упорядкованих агроландшафтів (АЛ) і сценаріїв “бізнесових ігор” з гостротою проблеми ерозії і забезпеченістю ресурсами й кадрами. Реалізація стратегічних рішень і планів виконується через Національні програми і Генеральні схеми протиерозійного упорядкування АЛ, які мають силу законів і часовий проміжок планування на рівні 20-30 років.

Розробка й реалізація проектів протиерозійного упорядкування становлять суть тактики протиерозійних робіт. Тут не може бути загальних схем, оскільки всі роботи виконуються інженерними методами на кількісній розрахунковій основі з урахуванням імовірності проявлення ерозійних процесів та з відповідним ступенем надійності утворювальної конструкції протиерозійного захисту.

Інженерне конструювання протиерозійного захисту на певній території теж передбачає наявність концептуальних моделей АЛ. Необхідно визначити рівень небезпеки ерозії та інші складові, які зумовлюють напрямок розвитку ландшафту і сільськогосподарського виробництва. Проектування й формування АЛ має декілька аспектів, але домінуюче місце, безумовно, займає ґрунтовий аспект. Руїнування

ландшафту починається з деградації ґрунтового покриву, а ґрунт за Д.Л.Армандом є “пам`яттю” ландшафту.

Конструювання АЛ - достатньо складна комплексна проблема, яка має багато складових: кліматичні особливості об`єкту; небезпека проявлення таких негативних природних явищ як посуха, опустинення, заболочення; загальний характер ландшафтної ситуації: характер і глибина залягання первинних і метаморфічних порід, основні материнські породи, спрямованість основних ґрунтових процесів, характер рельєфу, напрямок і розвиток ерозійних і інших процесів і явищ, які потенційно спроможні впливати на АЛ після його створення. Тому для забезпечення проектних робіт необхідно мати ряд картографічних і фактичних матеріалів. А саме:

1. Карто схеми типів клімату країни і окремих регіонів за теплом, вологою й континентальністю.

2. Ландшафтні карти країни і регіонів, на яких визначені основні типи й комплекси типів ландшафтів.

3. Карти імовірності й інтенсивності посух і перезволожень.

4. Карти потенційної небезпеки водної ерозії.

5. Карти потенційної небезпеки дефляції.

Означені матеріали дадуть змогу оцінити стан об`єкту і визначити пріоритети при проектуванні та стратегічний напрямок конструювання АЛ. Так, якщо якийсь елемент ландшафту схильний до перезволоження, необхідно передбачити осушення й інші заходи проти оглеєних ґрунтів. При виходах на поверхню кристалічних порід не можна проектувати гідротехнічні земляні споруди. У багатьох випадках в сухому Степу при прямій небезпеці і прояву ерозії істотно впливають на проектні рішення особливості водно-сольового режиму ґрунтів.

## 10.2. Потенційна небезпека водної ерозії ґрунтового покриву України

Нині існує багато фактичної інформації про розвиток ерозії на землях України, який умовно можна поділити на три частини:

а) Інформація про фактичну еродованість. Ці дані певною мірою мають офіційний характер і використовуються в багатьох нормативних актах. Як приклад можна навести дані таблиць 10.3, 10.5).

Таблиця 10.5

### Поширення еродованих земель на схилах різної крутизни (% від загальної площі схилів) і втрати ґрунту на них, т/га

Ґрунти	Нееродовані ґрунти	Еродовані ґрунти				Втрати ґрунту з 1 га площі схилів
		слабо	середньо	сильно	всього	
0-1	83,75	15,16	1,02	0,07	16,25	1,07
1-3	35,59	52,62	10,86	0,57	64,05	8,20
3-5	16,29	59,92	20,71	3,05	83,68	10,01
5-7	3,91	32,60	57,79	5,70	96,09	22,10
7-10	-	14,94	63,83	21,23	100,0	30,80
10-12	-	4,56	51,92	21,23	100,0	38,90
> 12	-	-	58,45	41,45	100,0	39,20

Як видно з даних табл. 10.5, схили крутизною понад 3° еродовані більше як на 80%, а змив ґрунту становить понад 10 т/га. Така кількість ґрунту не може бути компенсована шляхом ґрунтоутворювального процесу. Дослідження Інституту механізації та електрифікації сільського господарства показали, що проведення обробітку ґрунту на схилах понад 3° призводить до збільшення витрат пального на 30-40%.

Але саме ця інформація викликає найбільші сумніви. По-перше, вона складена на підставі даних довгострокового ґрунтового обстеження 57-61-х років, які не відображають сучасний стан ґрунтів. По-друге, виникають досить обґрунтовані сумніви відносно адекватності методики визначення ступеня еродованості. По-третє, планування протиерозійних заходів на підставі цих даних - це боротьба з наслідками. Відомо, що профілактика завжди ефективніша за лікування.

б) Інформація про фактори ерозії (природні і господарськозумовлені): параметри опадів, вітру, рельєфу, залісненість і таке інше. Цей потік інформації досить важко систематизувати і аналізувати для виявлення найбільш значущих факторів, що визначають небезпеку ерозії й ступінь її реалізації. Підсумком цієї роботи мають бути певні логіко-статистичні моделі, які можна використовувати як розрахункову базу для формування стратегічних напрямків захисту ґрунтів від ерозії з обґрунтуванням відповідної інвестиційної політики і ґрунтоохоронного законодавства. Як і в будь-якій комплексній проблемі є доречним опрацювання кількох сценаріїв комплексних заходів, які визначаються вимогами до надійності протиерозійного захисту, фондо- і ресурсоозброєності, терміну окупності витрат тощо.

в) Логіко-статистичні “бізнесові ігри” проводяться за певними правилами. Головне з них - не можна поширювати дію моделей за межі зони, для якої вони були опрацьовані. Це робить легітимним лише метод інтерполяції. Екстраполяція тут не припустима. Отже, на підставі статистичних залежностей можна розробляти стратегію (генеральні схеми) і тактику (регіональні програми) захисту ґрунтового покриву від ерозії, але не можна розробляти проекти протиерозійного упорядкування конкретних територій земної поверхні. Останнє можливо при наявності математичних моделей, які мають фізичний смисл і досить задовільно відображають природу та закономірності ерозійних процесів. Стохастичний характер ерозійних процесів вимагає виконання умови - протиерозійний захист

ґрунтів повинен відповідати певному рівню надійності, імовірності безвідмовної роботи. Тому процес проектування доцільно проводити на підставі прогнозних моделей, які дають змогу кількісно враховувати потенційну небезпеку ерозії. Ступінь небезпеки ерозії визначає рівень надійності протиерозійного захисту, що можна виразити через систему концептуально-функційних моделей АЛ, в які входять загальна схема (алгоритм) розрахунків, перелік програмних і технічних заходів для безпосереднього забезпечення процесу проектування АЛ.

З урахуванням викладених положень колективом лабораторії охорони ґрунтів від ерозії Інституту ґрунтознавства та агрохімії під науково-методичним керівництвом і безпосередньою за участю автора розроблені база даних і комплект (атлас) комп'ютерних карт і картосхем.

Для кількісної оцінки раціонального використання земельних ресурсів України використаний факторний аналіз на підставі прикладного програмного пакету "Statgrafics". У якості залежних змінних (функцій) визначені: еродованість ріллі ( $Y_1$ , %), ерозійні фактичні втрати шару ґрунту за 1965-1995 роки ( $Y_2$ , %), КРЕН ( $Y_3$ , %). Одиницею вимірювань і розрахунків визначений адміністративний район із геофізичними координатами районного центру. У якості незалежних змінних (аргументів) було прийнято більш за 30 показників, які характеризують природні і господарські аспекти ерозійних процесів. Факторний аналіз дозволив визначити:

$$Y_1 = 0.15 + 1.17 \cdot X_1 + 13.1 \cdot X_2 - 0.12 \cdot X_3 - 0.02 \cdot X_4 + 0.02 \cdot X_5 + \\ + 0.1 \cdot X_6 + 0.001 X_7$$

де:  $X_1$  - еродованість ріллі на схилах крутизною  $0-2^0$ , %;  $X_2$  - середньозважене значення крутизни орних земель, град.;  $X_3$  - частка ріллі, що розташована на схилах до  $2^0$ , %;  $X_4$  - середньозважена довжина лінії стоку, м;  $X_5$  - площа полезахисних лісосмуг, га;  $X_6$  - зерновий клин, %;  $X_7$  - площа сінокосів і пасовищ, га

Коефіцієнт детермінації  $R^2 = 0.78$ ; помилка  $Y_1(X) = \pm 8.56$

Це рівняння дає змогу розглянути декілька сценаріїв “бізнесових ігор”, тобто розглянути варіанти значень  $Y_1$  при зміні факторів  $X_1$ - $X_7$ . Але доцільно наперед розглянути деякі псевдопротиріччя, які, на перший погляд, мають місце. Наприклад, збільшення площі полезахисних смуг призводить до збільшення площі еродованих орних земель. Реально це означає, що сучасна лісосмуга зроблена з істотними помилками (розміщення уздовж схилу тощо), які визначають грубі порушення в технологічному процесі. Вище йшлося про надзвичайно високу розораність території України - всі землі, що можна було обробити трактором, практично розорані. А це автоматично вивело малопродуктивні і технологічно збиткові земельні “залишки” під сінокоси й пасовища. Це розкриває причини позитивної залежності еродованості ріллі від площі природних кормових угідь. Мала і має місце ще одна особливість технологічного процесу використання орних земель. Практично в усіх регіональних програмах з системи землеробства рекомендується впровадження безполицевих технологій під зернові колосові після просапних культур, а під останні - після культур суцільного посіву (ті ж зернові колосові) рекомендується проводити полицеву оранку. Має місце подвійна помилка: здається, що впроваджуються протиерозійні технології, а протиерозійний ефект більш від’ємний, оскільки коли є достатня кількість пожнивних решток, вони заорюються, а коли їх майже немає (при розбитому в пил верхньому шарі ґрунту) - проводиться безполицевий обробіток.

**Перший сценарій** ґрунтується тільки на зміні землеустрою господарства. Наприклад, припустимо, що вся рілля розташована тільки на схилах до  $2^0$ , тобто  $X_3=100\%$ ,  $X_1=1^0$ . Підставляємо ці значення аргументів у наведену вище формулу і зразу значно зменшується еродованість ріллі.

**Другий сценарій.** Окрім дій за першим сценарієм планується зменшення довжини лінії стоку, що можливо за рахунок будівництва

гідротехнічних споруд, докорінної зміни системи полезахисних смуг, раціонального використання земель, що виводяться з обробітку.

**Третій сценарій** передбачає повнооб'ємне стратегічне планування захисту ґрунтів від ерозії, що вимагає крім виконання перших двох сценаріїв радикальної зміни технологічного блоку агроландшафтів.

Виконання кожного сценарію пов'язане з певними витратами, які можна легко прорахувати (у тому числі й терміни окупності витрат).

Наступні два рівняння дають можливість зробити істотні доповнення до означених сценаріїв:

$$Y_2=0.03+1.41 \cdot X_1+0.14 \cdot X_2-0.02 \cdot X_3+0.001 \cdot X_4-1.41 \cdot X_5- \\ - 0.001 \cdot X_6+0.011 X_7 \\ R^2=0.78 \quad Y_2(X)=\pm 0.14,$$

де:  $X_1$  - середньозважений ухил ріллі, град.;  $X_2$  - еродованість ріллі на схилах крутизною  $0-2^0$ , %;  $X_3$  - частка ріллі, що розташована на схилах до  $2^0$ , %;  $X_4$  - площа полезахисних лісосмуг, га;  $X_5$  - середньозважене значення діаметру водотривких агрегатів і/або часток, мм;  $X_6$  - довжина лінії стоку, м;  $X_7$  - середньозважена потужність гумусового горизонту ґрунтів Н, см.

$$Y_3=0.016+0.027 \cdot X_1+0.3 \cdot X_2-0.01 \cdot X_3-0.02 \cdot X_4-0.01 \cdot X_5+0.001 \cdot X_6 \\ R^2=0.76 \quad Y_3(X)=\pm 0.23,$$

де:  $X_1$  - еродованість ріллі на схилах крутизною  $0-2^0$ , %;  $X_2$  - середньозважений ухил ріллі, град.;  $X_3$  - імовірний змив ґрунту 10%-ої забезпеченості, т/га;  $X_4$  - середньозважена потужність гумусового горизонту ґрунтів Н, см;  $X_5$  - сучасні енейрогенетичні коливання землі на території України;  $X_6$  - розораність території, %

Отже, необхідно всіляко підвищувати водостійкість структурних ґрунтових агрегатів, що можливо лише за умови позитивного балансу гумусу в ґрунті.

Таким чином, маємо три осі “ділового простору” для опрацювання шляхів конструювання протиерозійного захисту ґрунтового покриву України. Починати необхідно з різкого скорочення розораності території. Вище про це вже йшла мова.

Якісна оцінка ерозійної небезпеки може розглядатися як друга система координат для обґрунтування Генеральної схеми протиерозійних заходів на найближчі 30-50 років, стратегії захисту ґрунтів від ерозії, а також відповідних Національних програм і інвестиційної політики. Кількісна оцінка ерозійної небезпеки є основою безпосереднього протиерозійного упорядкування сільськогосподарських угідь. При цьому, тут проблема проектування має два рівні: перший - для конкретної території; другий - для великих землеробських регіонів.

Ерозійну небезпеку пропонується оцінювати за значенням індексу збереження ґрунтів (ІЗГ), який дорівнює співвідношенню потужності гумусового генетичного горизонту Н (т/га) до ймовірного змиву ґрунту 10%-ої забезпеченості за рік. Він характеризує термін можливих втрат цього найбільш родючого генетичного горизонту (роки).

Опрацьована якісна п'ятибальна шкала ерозійної небезпеки за значенням ІЗГ. Перший ступінь ( $ІЗГ > 300$ ) характеризує фактичну відсутність ерозійної небезпеки, що визначається природними факторами; п'ятий ступінь ( $ІЗГ < 50$ ) відбиває дуже сильну ерозійну небезпеку, коли ймовірна втрата ґрунту на протязі життя одного покоління.

Зона Полісся поділяється на три агроґрунтові провінції. Західне Полісся в цілому характеризується фактичною відсутністю небезпеки водної ерозії. В межах ґрунтово-ерозійного районування присвоюють цьому району індекс 1 ПЗ. Винятком є територія так званого Малого Полісся, де має місце помітна ерозійна небезпека ( $100 < ІЗГ < 200$ ). Тому є

підстави до присвоєння цьому району індексу 2 ПЗ. У правобережному Поліссі також визначені два ґрунтово-ерозійних регіони: Коростенсько-Овручівський, де має місце помітна ерозійна небезпека - 3 ПП і решта території Правобережного Полісся ( $200 < IЗГ < 300$ ) зі слабкою ерозійною небезпекою - 4 ПП. Аналогічна ситуація спостерігається у Лівобережному Поліссі - виділяється район, що прилягає до Новгород-Сіверського лесового острова (5 ПЛ), якій має помітну ерозійну небезпеку, і решта території (6 ПЛ), де спостерігається слабка ерозійна небезпека. Таким чином, Українське Полісся в цілому характеризується слабкою ерозійною небезпекою або її відсутністю. Винятком є території з виразним рельєфом, де ґрунти утворилися на лесах. Усього в Поліссі визначено 6 ґрунтово-ерозійних районів у відповідності з агроґрунтовим районуванням.

Ґрунтово-кліматична зона Лісостепу також поділяється на три агроґрунтові провінції. Західний Лісостеп характеризується дуже сильною й сильною ерозійною небезпекою - 7 ЛЗ. Такий же рівень ерозійної небезпеки має місце і в Вінницькій області та в лісостеповій частині території Одеської області - 8 ЛП. У Правобережному Лісостепу слід виділити Канівський район - 9 ЛП, який характеризується дуже сильною ерозійною небезпекою. Лівобережний Лісостеп характеризується помітною ерозійною небезпекою - 11 ЛЛ. Винятком є Глухівський район, де має місце дуже сильна ерозійна небезпека ( $50 < IЗГ < 100$ ) - 12 ЛЛ.

Ґрунтово-кліматична зона Степу поділяється на три підзони: Північну, Південну і Суху. Північний Степ, у свою чергу, поділяється на п'ять агроґрунтових провінцій: правобережну, лівобережну, південно-західну, задонецьку і донецьку. Південно-західна провінція характеризується сильною ерозійною небезпекою - 13 СПнПдЗ. Правобережний північний Степ в цілому має помітну небезпеку - 14 СПнП. Винятком є степова частина Кіровоградської області, де має місце слабка ерозійна небезпека - 15 СПнП і Новобучський ерозійний район, де відзначається дуже сильна ерозійна небезпека - 16 СПнП. У

лівобережному Степу необхідно виділити степову частину Харківської області, яка має слабку ерозійну небезпеку - 17 СПнЛ. До цього району належить частина Дніпропетровської області. Крім того, необхідно виділити Михайлівський ерозійний район, який має сильну ерозійну небезпеку - 19 СПнЛ. Задонецька агрогрунтова провінція має два ерозійні райони: Беловодський (20 Спнзд), який має сильну ерозійну небезпеку, і решта частини провінції (21 Спнзд), яка має помітну ерозійну небезпеку. Донецька агрогрунтова провінція також поділяється на два ерозійні регіони: Добропільський (22 Спнд), що має слабку ерозійну небезпеку, решта частини провінції (23 Спнд), яка характеризується помітною ерозійною небезпекою. Південний Степ не поділяється на окремі ґрунтово-ерозійні райони і має в цілому помітну ерозійну небезпеку - 24 СПд. Сухий Степ характеризується слабкою ерозійною небезпекою (25 СС) або її відсутністю.

Таким чином, територія України (без урахування гірських частин) за ступенем ерозійної небезпеки поділяється на 25 ґрунтово-ерозійних регіонів.

Цілком природно, що концептуальні моделі АЛ повинні відповідати ступеню ерозійної небезпеки. При цьому слід мати на увазі, що виникають певні протиріччя між ступенем небезпеки ерозії і фактичною еродованістю ґрунтів. Наприклад, степова частина Харківської області (ґрунтово-ерозійний район - 17 СПнЛ) характеризується слабкою ерозійною небезпекою, а фактична еродованість орних земель перебільшує 50%. Є протилежні приклади: в Михайлівському ерозійному районі (18 СПнЛ) спостерігається дуже висока ерозійна небезпека, а фактично вона майже не проявляється. Вище йшлося про те, що інформативним показником розбіжностей між небезпекою ерозії і фактичною еродованістю, є коефіцієнт реалізації ерозійної небезпеки (КРЕН), який дорівнює співвідношенню середньорічних фактичних ерозійних втрат за певний термін (в нашому випадку 25 років) до імовірних 10%-ї забезпеченості.

КРЕН може розглядатися як критерій кількісної оцінки ґрунтоохоронної спрямованості системи землеробства на конкретній площі (ферма, адміністративний район і т.д.). При реалізації концептуальної моделі АЛ, безумовно, необхідно враховувати значення КРЕН і вносити певні корективи. Але основою все ж таки повинна бути карта ерозійної небезпеки, яка має принципові переваги порівняно з картами фактичної еродованості.

### 10.3. Концептуальні моделі АЛ для водної ерозії

Блоки концептуальних моделей АЛ (табл. 10.6), які відповідають за захист ґрунтового покриву від процесів водної ерозії, мають такий вигляд:

I. У ґрунтово-ерозійних районах, де відсутня небезпека прояву водної ерозії ( $IЗГ > 300$ ), конструкція АЛ може не мати протиерозійної спрямованості. Тому, у Західному Поліссі і Сухому Степу планувати заходи захисту ґрунтів від водно-ерозійних процесів немає необхідності.

II. При другому (слабкому) ступені ( $200 < IЗГ < 300$ ) ерозійної небезпеки з'являється ймовірність еродування ґрунтів. Слід пам'ятати, що до цього блоку відносяться ґрунтово-ерозійні райони з високою фактичною еродованістю сільськогосподарських угідь.

Водно-ерозійний блок АЛ для другого ступеня небезпеки має такі характеристики:

1. Розораність загальної території не перебільшує 45%;
2. Основні обробітки виконуються за контуром.
3. Напрямок висіву культур - за контуром.
4. Довжина лінії стоку не більше 600 метрів.
5. Вирощування просапних культур після культур суцільного посіву виконується за безполіцевими технологіями обробітку ґрунту.
6. В екстремальних випадках можливе проектування найпростіших земляних гідротехнічних споруд (ГТС).

Тобто, в основу покладений спрощений варіант застосування протиерозійних агротехнічних заходів. Назвемо блок “Агротехніка”.

III. Третій ступінь (помітної) небезпеки ( $100 < IЗГ < 200$ ) водно-ерозійних процесів характеризується такими особливостями:

1. Розораність загальної території не перевищує 40% (співвідношення ріллі до природних угідь не перевищує одиниці).

2. Технологічний блок АЛ проектується на кількісній розрахунковій основі переважно інженерними методами. Для цього будь-яка технологічна операція повинна мати кількісну характеристику її протиерозійної ефективності. Крім того, обов'язкова процедура ґрунтово-екологічної експертизи цих операцій.

3. Співвідношення й розміщення сівозмін, розміри робочих ділянок, максимально допустима довжина лінії стоку визначаються тільки інженерними методами на підставі математичних моделей ерозії.

4. В окремих випадках проектується ГТС.

5. Створюється дієва система полезахисних дерево-чагарникових смуг (розташування одна від одної на відстані не більше 10-15 височин), яка крім істотного покращення мікроклімату приземного шару повітря й діяльності поверхні ґрунту, виконує роль постійних напрямних виконання технологічних операцій при вирощуванні культур тільки поперек схилу.

Таким чином, передбачається використання усіх можливостей технологічного блоку, який підсилюється системою полезахисних смуг. Назвемо цей водно-ерозійний блок АЛ ім'я “Інженерна агротехніка”.

За своєю суттю він наближається до моделей контурно-меліоративного землеробства (Тараріко О.Г. та інш., 1990). Цей блок АЛ повинен відповідати першому ступеню надійності протиерозійного захисту: розрахунки робляться на середньорічний змив з 1 га сівозмінної площі (Булігін С.Ю. та інш., 1990).

IV. Для четвертого ступеня (сильної) небезпеки водно-ерозійного процесу:

1. Розораність загальної території не перевищує 40%. Співвідношення ріллі і природних угідь не перебільшує одиниці. Малорозвинені ґрунти, водоохоронні зони виводяться з ріллі без винятку. Ці площі підлягають суцільному залісненню.

2. Технологічний блок створюється аналогічно блоку “Інженерна агротехніка”. Його протиерозійний ефект враховується (принциповий момент).

3. Проектується система заходів постійної дії (ЗПД). Розрахунки виконуються на змив 10-ї забезпеченості з 1 га сівозмінної площі (друга ступінь надійності) на основі математичної моделі ерозії. При опрацюванні проекту системи ЗПД враховується ґрунтоохоронна дія технологічного блоку.

4. Створюється дієва система позахисних смуг, яка поєднується з іншими елементами системи ЗПД і інфраструктура для безпечного відводу поверхневого стоку в екстремальні періоди водовіддачі.

Розробка проекту агроландшафтного упорядкування конкретної території на підставі цього блоку концептуальної моделі АЛ являє собою вже повністю інженерний процес, який може кваліфіковано виконуватись лише спеціальними установами. Назвемо цей блок “Зелений вал”.

V. Для п'ятого ступеня небезпеки водно-ерозійних процесів (ерозія дуже сильна – катастрофічна) враховуються такі особливості (при цьому беруть до уваги й характеристики блоку IV):

1. Система ЗПД розробляється без урахування протиерозійної ефективності технологічного блоку, який не має регулярної інженерної надійності. Вона повинна забезпечувати захист ґрунтового вкриття від ерозії без застосування протиерозійної агротехніки і при відсутності рослинного покриву чи рослинних решток.

### Моделі агроландшафтів (водна ерозія)

Ступінь небезпеки, ІЗГ, в роках	Назва блоку моделі АЛ	Характеристика
I. Небезпека водної ерозії відсутня		Конструкції АЛ не має протиерозійної спрямованості.
II. Слабка небезпека 200<ІЗГ<300	“Агротехніка”	Основний обробіток і посів виконуються за контуром, безполицеві технології обробітку ґрунту застосовуються після культур суцільного сіву під просапні культури. Тільки в екстремальних випадках використовуються ГТС.
III. Помітна небезпека 100<ІЗГ<200	“Інженерна агротехніка”	Розораність загальної території не перевищує 40%, співвідношення ріллі до природних угідь не перевищує одиниці. Технологічний блок проектується на кількісній розрахунковій основі, проводиться процедура ґрунтово-екологічної експертизи кожної технологічної операції. Створюється дієва система позахисних лісосмуг. Модель аналогічна моделі КМЗ за О.Г.Тараріко.
IV. Сильна небезпека 50<ІЗГ<100	“Зелений вал”	Повна реалізація моделі III. Малорозвинені ґрунти, водоохоронні зони виводяться з ріллі без винятку під суцільне заліснення. Проектується система ЗПД з урахуванням протиерозійної ефективності технологічного блоку. Розрахунки ведуться на ймовірний змив 10%-ї забезпеченості з 1 га сівозмінної площі.
V. Дуже сильна (катастрофічна) небезпека ІЗГ <50	“Інженерна споруда”	Повна реалізація моделі IV. Система ЗПД розробляється без урахування протиерозійної ефективності технологічного блоку, який не має регулярної інженерної надійності. Розрахунки ведуться на ймовірний змив 10%-ої забезпеченості.

У випадку неможливості надійного захисту ґрунту, що обробляють, земельна ділянка виводиться з обробітку під залуження чи суцільне заліснення.

2. Технологічний блок проектується, насамперед, для реалізації усіх переваг агроландшафтної меліорації приземного шару повітря і діяльної поверхні ґрунту (поліпшення забезпеченості вологою, підвищення концентрації вуглекислого газу (CO<sub>2</sub>), зменшення втрат продукції від шкідників і хвороб тощо). Його протиерозійна характеристика не є домінантною, а тільки бажаною, навіть якщо вона досить істотна.

Назвемо цей блок концептуальної моделі АЛ “Інженерна будова”. Вона повинна відповідати найбільшому ступеню надійності протиерозійного захисту (розрахунки проводяться на ймовірний змив 10%-ї забезпеченості в полі чорного пару без протиерозійної агротехніки).

Таким чином, для кожного із п'яти ступенів водно-ерозійної небезпеки визначено відповідні блоки концептуальних моделей АЛ.

#### **10.4. Районування рівнинної території України за інтенсивністю вітрової ерозії**

Районування території України за інтенсивністю вітрової ерозії проводилось на підставі моделі, що була розроблена науковцями Інституту ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н.Соколовського для умов степової зони і скоригована для Лісостепу і Полісся з урахуванням генезису ґрунтів та їх фізичних і фізико-хімічних властивостей. Розрахунки проводились за величинами основних показників ґрунтів для кожного ґрунтового таксону за “Картою ґрунтів УРСР” масштабу 1:750000 (Київ, 1965).

Ґрунтові показники наведені в таблиці 10.7.

Модель вітрової ерозії має такий вигляд:

$$E_p = \frac{10^{a-bk} \cdot 0,1K_s \cdot V_{\max}^3 \cdot t}{V_{\text{аер}}^3}, \text{ т/га за рік}$$

де: а, b – коефіцієнти, які залежать від генезису, гранулометричного

складу, фізичних і фізико-хімічних властивостей ґрунтів;  
 $b_k$  – грудкуватість поверхневого шару ґрунту, % ( $\sum d > 1$  мм, %);  $K_s$  – коефіцієнт руйнування ґрунтових агрегатів;  $t$  – кількість годин з проявленням вітрової ерозії в середньому за рік;  $V_{max}$  – середня максимальна швидкість вітру під час пилових бур;  $V_{aer}$  – швидкість повітряного потоку в аеродинамічній трубці в перекладі на стандартну величину (10 м) флюгеру (постійна величина, яка дорівнює 23 м/сек).

Таблиця 10.7

**Ґрунтові параметри для розрахунків потенційно можливих втрат ґрунту від вітрової ерозії на рівнинній Україні**

ф/п	Ґрунти	Гранулометричний склад	Регресійні коефіцієнти		Грудкуватість $K_s$ , %	Коефіцієнт руйнування агрегатів $K_s$
			a	b		
1	2	3	4	5	6	7
1	Дерново-підзолисті	П	2,3497	0,0339	15,0	1,000
		ГП	2,3497	0,0339	25,0	0,966
2	Дерново-слабо- та середньо опідзолені	П	2,3497	0,0339	15,0	1,000
		ГП	2,3497	0,0339	25,0	0,821
3	Дерново-середньо- та слабоопідзолені	ГП	2,3497	0,0339	25,0	0,736
		СП	2,3497	0,0339	42,6	0,736-0,750
		ЛС	2,3497	0,0339	42,6-46,0	0,693-0,712
4	Дерново-слабо-опідзолені глейові	П	2,3497	0,0339	15,0	1,000
		ГП	2,3497	0,0339	25,0	0,847
5	Дерново-середньо та сильно-опідзолені глейові	ГП	2,3497	0,0339	49,3	0,966
		СП				0,802
		ЛС				0,763
6	Дерново-середньо- та сильно-опідзолені поверх-хнево оглеєні	ГП	2,3497	0,0339	43,5-49,3	0,954
		СП				0,804
		ЛС				0,754
7	Світло-сірі опідзолені	СП	2,3497	0,0339	50,0	0,791-0,846
		ЛС	3,0052	0,0252	53,0	0,430-0,791
		СС	3,0052	0,0252	65,0	0,400
		ТС	3,0052	0,0252	67,0	0,376
8	Сірі опідзолені	СП	2,3497	0,0339	63,8-73,8	0,403-0,686
		ЛС	3,0052	0,0252	62,0-77,0	0,350-0,654
		СС	3,0052	0,0252	79,0	0,335
		ТС	3,0052	0,0252	79,5	0,320
9	Темно-сірі опідзолені	СП	2,3497	0,0339	65-86	0,413-0,639
		ЛС	3,0052	0,0252	53,0-86,2	0,517-0,524
		СС	3,0052	0,0252	89,0	0,335-0,435
		ТС	3,0052	0,0252	90,3	0,413-0,578
		Гл	3,0052	0,0252	21,4	0,391
10	Чорноземи опідзолені	СП	3,0052 (2,3497)	0,025 (0,0339)	55,0-66,0	0,982

		ЛС	3,0052	0,0252	43,0-64,9	0,728-0,761
		СС	3,0052	0,0252	66,4-89,0	0,350-0,590
		ТС	3,0052	0,0252	68,0	0,555-0,685
		Гл	3,0052	0,0252	35,0-68,0	0,511-0,793
11	Світло-сірі та сірі опідзолені оглеєні	СП	2,3497	0,0339	63,0	0,766-0,832
		ЛС	3,0052	0,0252	65,0-7760	0,712
12	Темно-сірі опідзолені оглеєні	ЛС	3,0052	0,0252	84,0	0,916
13	Чорноземи опідзолені оглеєні	ЛС	3,0052	0,0252	63,0-72,0	0,908
		СС	3,0052	0,0252	67,0	0,893
		ТС	3,0052	0,0252	69,0	0,890
		Гл	3,0052	0,0252	73,0	0,886
14	Темно-сірі та сірі деградовані	СС	3,4915	0,0351	52,0	0,674
		ТС	3,4915	0,0351	55,0	0,647
		Гл	3,4915	0,0351	48,5	0,342
15	Чорноземи деградовані	СС	3,4915	0,0351	37,0-45,0	0,361-0,385
		ТС	3,4915	0,0351	47,0-48,5	0,360-0,681
16	Чорноземи неглибокі слабогумусовані та малогумусні	ЛС	3,4915	0,0351	44,8	0,141-0,693
		СС	3,4915	0,0351	51,3	0,693 0,693
		ТС	3,4915	0,0351	51,6	
17	Чорноземи глибокі малогумусні	ЛС	3,4915	0,0351	50,0	0,681
18	Чорноземи глибокі малогумусні карбонатні	ЛС	3,4915	0,0351	48,6-60,0	0,640-0,681
		СС	3,4915	0,0351	60,0-61,0	0,515-0,699
		ТС	3,4915	0,0351	62,0	0,430-0,638
		Гл	3,4915	0,0351	61,8-62,0	0,386-0,614
19	Чорноземи глибокі малогумусні	ЛС	3,4915	0,0351	43,0	0,474
		СС	3,4915	0,0351	45,0	0,316
		ТС	3,4915	0,0351	46,5	0,296
		Гл	3,4915	0,0351	46,5	0,274-0,316
20	Чорноземи глибокі середньогумусні	СС	3,4915	0,0351	48,4	0,453
		ТС	3,4915	0,0351	39,5	0,296-0,424
		Гл	3,4915	0,0351	27,9-40,0	0,274-0,424
21	Чорноземи глибокі середньогумусні вилужені	СС	3,4915	0,0351	47,0	0,296
		ТС	3,4915	0,0351	50,0	0,296
		Гл	3,4915	0,0351	27,9-51,0	0,274-0,293
22	Чорноземи звичайні середньо-гумусні глибокі	ТС	3,4915	0,0351	29,8	0,642
		Гл	3,4915	0,0351	26,9-44,5	0,593
23	Чорноземи звичайні мало-гумусні глибокі	СС	3,4915	0,0351	24,0	0,690
		Гл	3,4915	0,0351	22,7-28,9	0,615-0,629
24	Чорноземи звичайні середньогумусні	СС	3,4915	0,0351	26,6-30,1	0,627
		ТС	3,4915	0,0351	26,1-44,7	0,597
		Гл	3,4915	0,0351	26,6-44,5	0,386
25	Чорноземи звичайні малогумусні	ЛС	3,4915	0,0351	37,1	0,970
		СС	3,4915	0,0351	27,1-33,4	0,760
		ТС	3,4915	0,0351	22,7-44,7	0,650-0,644
		Гл	3,4915	0,0351	23,0-44,5	0,615-0,634
26	Чорноземи звичайні мало-гумусні неглибокі	СС	3,4915	0,0351	27,1	0,735
		ТС	3,4915	0,0351	22,7-44,7	0,517-0,640
		Гл	3,4915	0,0351	28,5-44,5	0,524-0,651

27	Чорноземи звичайні малогумусні глибокі міцелярно-карбонатні	ЛС ТС	2,7830 2,7830	0,0200 0,0200	37,0 42,7-45,0	0,801 0,702
28	Чорноземи звичайні малогумусні міцелярно-карбонатні	СС ТС	2,7830 2,7830	0,0200 0,0200	49,9 42,7-45,0	0,848 0,660
29	Чорноземи звичайні малогумусні неглибокі міцелярно-карбонатні	СС ТС	2,7830 2,7830	0,0200 0,0200	40,0-49,9 41,7-45,0	0,769 0,664
30	Чорноземи південні малогумусні	ЛС СС ТС Гл	3,6599 3,6599 3,6599 3,6599	0,0373 0,0373 0,0373 0,0373	95,0 26,2 21,0-39,0 21,0-35,0	0,646 0,673 0,675-0,800 0,646-0,725
31	Чорноземи південні слабогумусовані	Гл	3,6599	0,0373	31,0	0,624-0,633
32	Чорноземи південні слабогумусовані міцелярно-карбонатні	ЛС СС ТС Гл	2,7830 2,7830 2,7830 2,7830	0,0200 0,0200 0,0200 0,0200	41,6 38,0-41,3 29,8-43,0 27,0-42,8	0,855 0,722 0,642-0,665 0,633-0,655
33	Чорноземи на щільних глинах	СС ТС Гл	3,4915 (3,6599) 3,4915 (3,6599) 3,6599 (3,4915)	0,0351 (0,0373) 0,0351 (0,0373) 0,0351 (0,0373)	42,5 27,1-30,8 22,0-31,3	0,599 0,620-0,641 0,621-0,650
34	Чорноземи солонцюваті на щільних глинах	СС ТС	3,0052 3,0052	0,0252 0,0252	42,5 26,6-51,3	0,599 0,478-0,599
35	Чорноземи щебенюваті на словії некарбонатних порід	СС ТС Гл	3,4915 (3,6599) 3,4915 (3,6599) 3,6599 (3,4915)	0,0351 (0,0373) 0,0351 (0,0373) 0,0351 (0,0373)	22,7-28,4 25,3-40,3 22,6-27,2	0,693 0,895 0,390-0,671 0,390-0,641
36	Чорноземи карбонатні на еловії крейди	ЛС СС ТС Гл	2,7830 2,7830 2,7830 2,7830	0,0200 0,0200 0,0200 0,0200	63,0-68,0 23,2-49,6 22,8-42,0 23,2	0,814 0,616-0,680 0,595-0,626 0,592-0,626
37	Чорноземи глинисто-піщані та супіщані	ГП СП	3,6627 3,6627	0,0218 0,0218	23,2-45,0 45,0	0,687-0,805 0,834
38	Чорноземи глибокі залишково-солонцюваті	СС ТС Гл	3,2483 3,2483 3,2483	0,0301 0,0301 0,0301	48,5 44,3 44,3	0,636 0,388 0,388
39	Чорноземи звичайні залишково-солонцюваті	СС ТС Гл	3,2483 3,2483 3,2483	0,0301 0,0301 0,0301	29,9 24,9-28,0 23,0-30,0	0,456 0,594-0,614 0,594-0,647
40	Чорноземи південні	ТС Гл	3,3325 3,332	0,0312 0,0312	35,0-40,0 27,8-45,0	0,645-0,750 0,529-0,645

	залишково-солонцюваті					
41	Лучно-чорноземні на лесових породах	ЛС	3,4915	0,0351	62,0	0,889
		СС	3,4915	0,0351	69,0	0,655
		ТС	3,4915	0,0351	34,3-68,5	0,630-0,941
		Гл	3,4915	0,0351	69,0	0,656
42	Лучно-чорноземні поверхнево-солонцюваті на лесових породах	ЛС	3,4915	0,0351	32,6-66,0	1,000-0,674
		СС	3,4915	0,0351	69,0	0,656
43	Лучно-чорноземні глибоко солонцюваті на лесових породах	СП	3,4915	0,0351	62,0	1,000
		СС	3,4915	0,0351	68,0	0,995
		ТС	3,4915	0,0351	30,0-68,5	0,674
		Гл	3,4915	0,0351	30,6-69,0	0,604
44	Лучно-чорноземні (осолоділі) ґрунти западин	ЛС	3,4915	0,0351	42,0	1,000
		ТС	3,4915	0,0351	32,9	0,588
		Гл	3,4915	0,0351	32,5	0,472
45	Темно-каштанові залишково-солонцюваті	ЛС	3,0052	0,0252	30,3	0,854
		СС	3,0052	0,0252	35,0-48,5	0,764
		ТС	3,0052	0,0252	40,0	0,685
		Гл	3,0052	0,0252	20,0-21,3	0,644-0,674
46	Темно-каштанові солонцюваті	ЛС	3,0052	0,0252	34,4	0,765
		СС	3,0052	0,0252	24,2	0,702
		ТС	3,0052	0,0252	23,3	0,679
		Гл	3,0052	0,0252	21,3-23,3	0,652
47	Каштанові солонцюваті	ТС	3,0052	0,0252	32,1	0,654
		Гл	3,0052	0,0252	31,0	0,653
48	Лучно-каштанові солонцюваті	СС	3,0052	0,0252	26,9	0,260
		ТС	3,0052	0,0252	21,3	0,343
		Гл	3,0052	0,0252	21,5-37,9	0,308
49	Лучні та черноземно-лучні на алувії та делювії	СП	2,3497	0,0339	61,0-67,8	0,865
		ЛС	3,4915	0,0351	67,8-68,5	0,865-0,995
		СС	3,415	0,0351	68,5-69,4	0,727-0,995
50	Лучні та черноземно-лучні поверхнево-солонцюваті	ЛС	3,4915	0,0351	66,0	0,420-0,617
		СС	3,491	0,0351	68,5	0,995
		ТС	3,491	0,0351	66,0	0,365
		Гл	3,4915	0,0351	54,6-66,5	0,635
51	Лучні та черноземно-лучні глибоко-солонцюваті	ЛС	3,4915	0,0351	66,0	0,420-0,617
		СС	3,4915	0,0351	68,5	0,995
		ТС	3,4915	0,0351	66,0	0,365
		Гл	3,4915	0,0351	54,6-66,5	0,635
52	Лучно-болотні	СП	6,1675	0,0918	38,0-43,3	0,865
		ЛС	6,1675	0,0918	60,5	0,760
53	Лучно-болотні солонцюваті	ГП	6,1675	0,0918	66,5-69,0	0,630-0,970
		СП	6,1675	0,0918	66,5	0,620
		Гл	6,1675	0,0918	66,7	0,599
54	Болотні та торфо-болотні		6,1675	0,0918	43,3-66,7	1,000
55	Болотні солонцюваті		6,1675	0,0918	44,2	1,000
56	Торф'яники низинні та торф'яноболотні		6,1675	0,0918	43,3-66,7	1,000
57	Солонці	П	3,0052	0,0252	30,0	0,832
		СС	2,3497	0,0339		

		ТС Гл	3,0052 3,0052	0,0252 0,0252	36,3 21,0-51,3	0,601 0,067-0,164
58	Солончаки та солончаковий мул	П ТС Гл	2,3497 3,0052 3,0052	0,0339 0,0252 0,0252	31,1 30,5 40,0	0,599 0,715 0,301
59	Лучно-чорноземні глеєві карбонатні ґрунти порід	ЛС СС ТС Гл	3,6599 3,6599 3,6599 3,6599	0,0373 0,0373 0,0373 0,0373	52,4 51,8 50,2 46,3	0,745 0,536 0,520 0,520
60	Лучно-чорноземні оглеєні олонцюватого осолоділі	ЛС СС ТС Гл	3,6599 3,6599 3,6599 3,6599	0,0373 0,0373 0,0373 0,0373	68,3 67,8-69,7 66,4-67,8 66,4-67,8	0,893-0,965 0,784-0,684 0,548-0,684 0,786-0,764
61	Дернові глеєні солонцюватого осолоділі та солоди	Гл	3,6599	0,0373	25,3	0,657
62	Дернові піщані та глинисто-піщані	П ГП	2,3497 2,3497	0,0339 0,0339	37,0-40,9 40,9-49,0	1,000 0,965-1,000
63	Дернові оглеєні ґрунти	П ГП СП ЛС	2,3497 2,3497 2,3497 2,3497	0,0339 0,0339 0,0339 0,0339	37,0 44,9 40,9-44,9 49,0-68,2	1,000 1,000 0,920 0,812
64	Дернові супіщні та суглинкові	СП	2,3497	0,0339	40,9-44,9	0,965 (0,310)
65	Піски слабо задерновані, слабогумусовані та негумусовані	П ГП	2,3497 2,3497	0,0339 0,0339	12,0 23,0	1,000 0,950
66	Дернові на еловій не карбонатних порід	СС ТС Гл	3,4915 (3,6599) 3,4915 (3,6599) 3,6599 (3,4915)	0,0351 (0,037) 0,0351 (0,0373) 0,0351 (0,0373)	33,6-49,7 24,0-33,0 24,0-26,8	0,693 0,376-0,580 0,204-0,436
67	Дернові карбонатні переважно на еловій щільних карбонатних порід	СП ЛС СС ТС Гл	2,3497 2,7830 2,7830 2,7830 2,7830	0,0339 0,0200 0,0200 0,0200 0,0200	58,0 63,0 33,6-68,0 23,0-64,3 23,4	0,801 0,709 0,802 0,586-0,480 0,586
68	Дернові опідзолені та оглеєні їх види	ГП СП ЛС	2,3497 2,3497 2,3497	0,0339 0,0339 0,0339	28,0 33,4 32,0	0,894 0,801 0,812

Градацію (нормування) інтенсивності ерозійних процесів проводили на базі річних норм ерозії, що витікає із потужності гумусового горизонту, загальних запасів гумусу в ґрунті, інтенсивності процесів ґрунтоутворення. Градації перебільшення розрахункових втрат ґрунту над річною нормою ерозії надані в таблиці 10.8.

З урахуванням наявності у Лісостепу і Степу періодичності вітрової ерозії методом накладання картосхеми районування за перебільшенням

втрата ґрунту над річною нормою ерозії на картосхемі періодичності вітрової ерозії одержано перебільшення над багаторічною нормою ерозії. Це дало можливість розробити картосхему потенційної максимальної небезпеки вітрової ерозії, як перебільшення потенційно можливих втрат ґрунту над багаторічною нормою ерозії. Крім того, оцінка інтенсивності й повторювання посух дозволила виділити райони, де прогресують процеси опустинення.

Територія, безпечна щодо прояву процесів вітрової ерозії з перебільшенням багаторічної норми від 0 до 20 років включає такі регіони: весь Західний і Правобережний Лісостеп, Правобережний Степ, а також західну частину Лівобережного Лісостепу в межах Сумської, Полтавської, Черкаської областей і Лівобережного Степу в межах північно-східної частини Дніпропетровської області.

При цьому, в Правобережному Лісостепу (центр і південь Вінницької, захід Черкаської і схід Хмельницької областей) в 29 адміністративних районах метеослужбою з 1961 року не спостерігалось ні єдиного прояву пилових бур. До цього ж належить невеличкий район біля Новгород-Сіверського на лівому березі р. Десна. Східна частина Лівобережного Лісостепу і Північного Степу, хоча формально і належить до цього регіону, може бути виділена в окремий район у зв'язку з виникненням тут відносно сильних пилових бур із періодичністю від 1 разу на 30 років до 1 разу на 5 років. Крім того, цей район піддається транзиту пилу зі сходу і південного сходу.

Регіони з перебільшенням потенційно можливих втрат ґрунту над багаторічною нормою ерозії у 20-30 разів (слабка небезпека) - малий Лісостеп, Овручівсько-Коростенський район, південна і південно-східна частина Чернігівської області, північне Полісся Сумської області, п'ять невеличких районів: Лісичансько-Амвросієвський, Талалаєвський, Васильковсько-Гуляйпільський, Велико-Олександрівський і Бахчисарайський, що розташовані на периферії зони слабкої небезпеки вітрової ерозії. В усіх перелічених районах зняти потенційну небезпеку вітрової ерозії можна за допомогою системи лісосмуг при відстані між

лісосмугами - 15-20 височин дерев. У південних районах доречно використовувати безполицеві технології обробітку ґрунту, які забезпечують максимальний залишок рослинних решток на поверхні ґрунту.

Таблиця 10.8

**Річні норми ерозії для основних ґрунтів рівнинної території України та ступінь небезпеки вітроерозійних процесів**

Ґрунти	Норма ерозії т/га за рік	1 відсутня	2 слабка	3 середня	4 сильна	5 дуже сильна	6 катастрофічна
1. Дерново-підзолисті, дернові та оглеєні, їх види, піщані та супіщані	1,5	0-1,5	1,5-1,5	15-45	45-150	150-450	>450
2. Опідзолені, оглеєні та деградовані їх види	3,0	0-3	3-30	30-90	90-300	300-900	>900
3. Чорноземи типові всіх видів	4,0	0-4	4-40	40-120	120-400	400-1200	>1200
4. Чорноземи звичайні всіх видів	3,0	0-3	3-30	30-90	90-300	300-900	>900
5. Чорноземи південні всіх видів, чорноземи глинисто-піщані, чорноземи солонцюваті на нелесових породах	2,5	0-2,5	2,5-25	25-75	75-250	250-750	>750
6. Темно-каштанові, каштанові солонцюваті, лучно-каштанові солонцюваті, оглеєні солонцюваті та осолоділі ґрунти подів, солонці і солончаки	2,0	0-2	0-2	20-60	60-200	200-600	>600
7. Чорноземи та дернові щебенюваті ґрунти на елювії щільних некарбонатних та карбонатних порід	2,0	0-2	0-2	20-60	60-200	200-600	>600
8. Лучно-чорноземні, лучні і чорноземно-лучні ґрунти всіх видів на лесових, алювіальних та делювіальних породах	4,0	0-4	4-40	40-120	120-140	400-1200	>1200
9. Лучно-болотні, болотні, торфоболотні ґрунти та торфи	2,0	0-2	2-20	20-60	60-200	200-600	>600

Регіони з помітною небезпекою вітрової ерозії (перебільшення втрат над багаторічною нормою у 30-50 разів) - Бродський район Львівщини,

північна частина Чернігівсько-Городнянського і Ямпольсько-Шосткінського районів Полісся, в степовій зоні - Джанкойський, Якимівський, Красноармійсько-Мар'янський райони. У цих районах звичайними моделями знизити інтенсивність вітрової ерозії до безпечної межі вже неможливо. Родючість ґрунту зменшується більш ніж на 10%. Необхідні розрахунки втрат ґрунту з конкретного поля при різних системах землеробства, а також розрахунки оптимальних відстаней між основними лісосмугами.

Регіони з сильною небезпекою вітрової ерозії (перебільшення втрат ґрунту над багаторічною нормою у 50-100 разів) - Радеховський, Сокольський і Кам'яно-Бужський райони Львівської області, північна частина Чернігівської області і Середньо-Будський район Сумської області, Нововоронцовський, Верхньорогачинський і Великолепетихинський райони Херсонської області, Добропільський і Володарський райони Донецької області, Лутугинський і Краснодонський райони Луганської області. Родючість ґрунтів зменшується на 10-30%. Протидефляційний захист проектується переважно інженерними методами.

Регіони з дуже сильною небезпекою вітрової ерозії (перебільшення втрат ґрунту над багаторічною нормою ерозії більше ніж у 100 разів) домінують в Поліссі і Південному Степу. В Поліссі це - Шацько-Ратковський, Заречно-Маневичський, Сарни-Олевський, Чорнобильський райони, де переважають піщані, суглинисто-піщані, торф'яно-болотні ґрунти і осушені торфовища. В Південному Степу - це великий регіон, який починається біля Борислава на заході і закінчується у Старобешева на сході. До нього входять південно-східні відроги Донецького кряжу, Приазовські височина й низина у межах міжріччя Дніпро-Молочна і Бориславський район на правому березі Дніпра. Родючість ґрунтів зменшується більше ніж на 30% , особливо у Приазов'ї. Без радикальної

зміни системи господарювання і спеціальних меліорацій надійний захист ґрунтів від вітрової ерозії неможливий.

Крім того, великі площі у Західному й Лівобережному Поліссі займають комплекси ґрунтів, які значно різняться один від одного за протидефляційною стійкістю. Можливі втрати ґрунту коливаються від 0 до градацій катастрофічної небезпеки. Значна строкатість ґрунтового покриву призводить до того, що при прояві вітрової ерозії на ґрунтах, які мають низьку протидефляційну стійкість, значна і навіть основна частина дефльованого мілкозему переноситься й відкладається на ґрунти, що мають високу протидефляційну стійкість, а це створює умови до їх редефляції. Тому ці регіони (Центральне і частина північного Західного Полісся, схід Житомирського й лівобережного Київського Полісся) підпадають під градацію дуже сильної небезпеки вітрової ерозії.

На півдні України виділяється регіон, який при слабкій небезпеці вітрової ерозії відрізняється тим, що, по-перше, один раз в 2-4 роки тут виникають досить сильні пилові бурі при швидкості вітру до 30-40 м/с, а, по-друге, раз в 1,5-2 роки спостерігаються жорсткі посухи до величин 0,2-0,25 значення гідротермічного коефіцієнта (ГТК), що призводить до інтенсивного опустинення, підсилення солонцювого процесу (навіть при богарному землеробстві), різкого падіння продуктивності земель. В тому стані, в якому ці землі знаходяться, процес їх відродження не може відбутися самотійно. Тому цей регіон визначається як катастрофічний.

Таблиця 10.9

**Нормативи якісно різних ступенів небезпеки вітроерозійних процесів  
та посух, транзитного пилу та опустелювання**

№ п/п	Типи	Нормативи		Стан об'єкту Методи Поліпшення ситуації
		ПНЕ* (разів)	Періодичність посух /зниження ГТК	
1.	Нормативний сприятливий стан	в 0-20		Звичайні або ґрунтозахисні технології, система лісосмуг за інструкціями
2.	Передкризовий стан	в 20-30		Родючість ґрунтів знижується до 10%. “Зберігаючі”, мінімальні, нульові технології, система лісосмуг на відстанях не більше 15-20-кратної висоти насаджень
3.	Кризовий стан	в 30-50		Родючість ґрунтів знижується більше, ніж на 10%. Необхідні інженерні розрахунки втрат ґрунту з конкретного поля та оптимальних відстаней між основними лісосмугами
4.	Надкризовий стан	в 30-50	1,5-3,5/ 0,2-0,3	Те ж саме та підбір с.-г. культур, технології вологозберігаючого типу, снігозатримання
4 тур	Надкризовий стан	в 50-100		Зниження родючості ґрунтів до 25-30%. Агроландшафти, що сформовані за принципами інженерних споруд, не завжди забезпечують умови для підвищення родючості ґрунтів
5.	Катастрофічний стан	в 50-100	1,5-3,5/ 0,3	Те ж саме, технології збереження вологи, помірне зволоження
5а	Катастрофічний стан	в 100- 200		Родючість ґрунту знижується більш як на 30%. Забруднення радіонуклідами. З'являються загальноландшафтні зміни. Необхідні зміни у співвідно- шенні площ основних угідь, значне зменшення ріллі та меліоративні лісонасадження
6	Катастрофа	в 100- 200 та більше	1,5-3,5/ 0,3	Це кордон, за яким повер- нення до нормального стану без спеціальних меліорацій і радикальних змін у системі господарювання неможливе

\*Перевищення потенційно можливих втрат ґрунту над нормою ерозії з урахуванням її періодичності урахуванням її періодичності

До нього належать такі райони: Присивашська і Причорноморська частини в межах поширення слабодренованих низин від Генічеська до Миколаєва і Одеси, східна частина Задністров'я, в Криму - Присивашська частина, у тому числі Арабатська стрілка, Роздільнянський, Чорноморський, Первомайський, Красногвардійський, Нижнегорський, Советський, Кіровський райони, північ Керченського півострову. Всі вони потребують тих самих заходів, які необхідні для районів з катастрофічною небезпекою вітрової ерозії. Узагальнена характеристика протидефляційних заходів залежно від ступеня небезпеки вітрової ерозії і посух наведена в таблиці 10.9.

### **Контрольні запитання**

1. Причини відсутності результативності охорони ґрунтів від ерозії.
2. Зменшення площі орних земель.
3. Розораність загальної території.
4. Переведення ріллі у природні кормові угіддя та заліснення.
5. Площа еродованих орних земель України.
6. Науково обґрунтована ґрунтоохоронна політика.
7. Принципи опрацювання загальних схем (концептуальних моделей) ґрунтоохоронних агроландшафтів.
8. Інженерне конструювання протиерозійного захисту.
9. Потенційна небезпека водної ерозії ґрунтового покриву України.
10. Кількісна оцінка ерозійної небезпеки.
11. Індекс збереження ґрунтів (ІЗГ).
12. Концептуальні моделі АЛ для водної ерозії.
13. Районування рівнинної території України за інтенсивністю вітрової ерозії.
14. Річні норми ерозії для основних ґрунтів рівнинної території України.
15. Нормативи якісно різних ступенів небезпеки вітроерозійних процесів.

## **ГЛАВА 11. ГОЛОВНІ АСПЕКТИ ПЕРЕДПРОЕКТНОГО ОБСТЕЖЕННЯ ТЕРИТОРІЇ, ЩО АГРОЛАНДШАФТНО ВПОРЯДКОВУЄТЬСЯ**

### **11.1. Завдання передпроектного обстеження**

Наявність дрібномірилових карт кліматів, ландшафтних, ерозійно-грунтових карт дає можливість виявити лише найбільш загальні показники, які характеризують об'єкт дослідження: кліматичні умови, в яких розташований даний об'єкт, загальна характеристика основних типів ландшафтів, що зустрічаються в даному ерозійному районі, а звідси й можливі типи умов місця проживання.

Завданням передпроектного обстеження є чітке визначення основних показників для конкретної ділянки (площі) землекористування: основні ґрунтові параметри для розрахунків водної і вітрової ерозії, геоморфологічні, ландшафтні особливості і характеристики місцевості з метою визначення параметрів кожної виділеної гомогенної ділянки. Всі ці параметри, крім того, необхідні для подальшого визначення концептуальної моделі, за якою повинно проводитися упорядкування територій.

### **11.2. Початкова інформація, яка необхідна для проведення передпроектного обстеження**

Окрім оглядових дрібномірилових карт, для передпроектного обстеження необхідно мати:

- ґрунтову карту території, що обстежується, у масштабі 1:10000, або, принаймні, 1:25000 з означенням гранулометричного складу ґрунтів, материнських порід, ступеня еродованості і інших необхідних даних. Площі ґрунтів за їх різновидами або агрогрупами;

- ґрунтовий нарис до ґрунтової карти із загальним описом ґрунтового покриву, залежностями ґрунтового покриву від геоморфології, кількісною

характеристикою основних властивостей ґрунтів, материнських і підстилаючих порід.

- карту рельєфу з таким же масштабом, що і ґрунтова карта, з перерізом горизонталей для рівнинних територій через 0,5-1 м, для районів з помірними перепадами висот - 1-2,5 м, для сильно перерізаних - до 5 м. Така карта у поєднанні з ґрунтовою може певною мірою замінити ландшафтну карту для даної території і дати можливість виділити всі необхідні для проектування фації та інші ландшафтні таксони;

- ландшафтну карту землекористування або карту адміністративного району, якщо така є;

- план землеустрою, території, що упорядковується, того ж масштабу, що і топографічна карта, на якому визначені всі основні об'єкти господарської діяльності - поля сівозмін, усі земельні категорії за формою землекористування, існуючі межі, постійні дороги, виробничі і житлові забудови, ділянки, які не входять до даного господарства (держлісфонд, транспортні об'єкти, об'єкти будівництва, лінії електропередач, трубопроводів і т.і.);

- землевпорядний звіт (пояснювальна записка до проекту) з характеристикою господарської діяльності, сівозмін, структури посівних площ, всіх площ за видами землекористування.

Аналіз, систематизація й узагальнення перелічених матеріалів дають змогу визначити основні ландшафтно-кліматичні, екологічні і господарчі особливості місцевості, виділити типи ландшафтів, які вимагають різного впорядкування й визначити їх особливості, заходи щодо оптимізації їх стану та спрямованості змін.

Перед виходом в поле необхідно сумістити всі означені карти на одному листі, що значно підвищить інформативність зібраних матеріалів.

Передпроектне обстеження слід проводити тоді (сезон року), коли імовірність проявлення ерозійних процесів найбільша. Тобто, для районів інтенсивного розвитку процесів вітрової ерозії його треба проводити, як

правило, навесні до початку польових робіт, коли поверхневий шар орних ґрунтів найбільш розпушений внаслідок переходів температури повітря через нуль, чергування пересихання і зволоження. Параметри стійкості ґрунтів до водної, а також вітрової ерозії в Поліссі, де вітрова ерозія може проявлятися на протязі усього теплого періоду, необхідно визначати в динаміці (весна, літо, осінь).

### **11.3. Рекогносцировка: задачі, програма і методи проведення**

До завдань рекогносцировки входять: визначення характеру місцевості, її основних показників, ландшафтних і геоморфологічних особливостей, загального стану різних угідь та їх розташування, наявності або відсутності ґрунтоутворюючих порід на поверхні, виділення ландшафтних таксонів тощо. Схема розміщення типів і видів ландшафтів створюють з урахуванням основних геоморфологічних особливостей місцевості (експозиція, довжина, крутість і форма схилів, еродованість ґрунтового покриву, водорозподільні площі тощо), виділяють схили балок і ярів, заплави малих річок, ручаїв, площі, що зайняті мочарами, болотами, западинами, улоговинами стоку, кургани, кам'яні могили тощо. Все це наносить на сумісну карту олівцем у вигляді масштабних і безмасштабних записів для наступного коригування в процесі ґрунтово-ерозійного обстеження.

На всіх цілих і перелогових ділянках елементів гідромережі проводять опис рослинності з урахуванням розподілу її видового складу за ботанічними таксонами, умовами зростання. Опис ведуть за ярусами з фіксуванням кожного виду рослинності. Одночасно з виділенням ландшафтних таксонів бажано, особливо на схилах, визначають умови життєдіяльності за типологічною сіткою Погребняка-Вороб'йова або Бельгарда - для степових умов.

На території виконують опис всіх існуючих полезахисних смуг, лісових масивів і інших насаджень, що дасть змогу вирішити питання

щодо застосування агротехніки при створенні нових насаджень і необхідності знищення старих лісосмуг, які насажені з грубими помилками, визначитися з оптимальними схемами суміші порід, їх максимальною височиною, довговічністю і стійкістю, особливо для районів з високою небезпекою вітрової ерозії. При цьому, бажано визначитися з умовами життєдіяльності дерев за типологічною системою Погребняка-Вороб'йова. Кожній однорідній ділянці надається певний номер, який наноситься на сумісну карту.

#### **11.4. Ґрунтово-ерозійне обстеження території**

На відміну від рекогносцировки ґрунтово-ерозійне обстеження покликане вирішити ряд питань щодо стану і властивостей ґрунтів, їх стійкості до водної і вітрової ерозії, уточнення ґрунтової карти, визначення основних фізичних, фізико-хімічних властивостей ґрунтів за основними ландшафтними таксонами.

На першому етапі розробляють схему, за якою буде виконуватися ґрунтово-ерозійне обстеження. Завдання цього етапу - визначення найбільш характерних точок для відбору ґрунтових зразків з метою знаходження вище означених основних параметрів. У першу чергу визначають точки з найбільш характерними умовами залягання істотних ґрунтових виділів. Ці точки наносять на ґрунтову карту з урахуванням розміщення їх на вододілі, схилах усіх експозицій і рівнях за висотами, еродованості, намитості та навіяності. При наявності комплексних виділів слід визначити пункти відбору зразків так, щоб усі вказані в шифрі ґрунти були задіяні. Наприклад, на ґрунтовій карті наведений виділ, який включає чорноземи південні малогумусні в комплексі із степовими солонцями. Треба намагатися, щоб один із пунктів відбору зразків був на солонці.

Повні ґрунтові розрізи закладаються і описуються на основних точках, які розташовані на найбільш характерних місцях і там, де прогнозується близьке залягання підстилаючих порід. В останньому

випадку корисно додатково пробурити дно розрізу до загальної глибини 2,5-3 м від поверхні. В інших випадках достатньо обмежитись прикопками (до 0,5 м), які дають змогу визначити особливості генезису ґрунту, його належність до певного таксону ґрунтової класифікації, ступінь еродованості тощо. При визначенні розрізів, напів'ям і прикопок в залежності від складності ландшафтної ситуації і структури ґрунтового покриву на площі 1 км<sup>2</sup> необхідно мати до 10-20 точок спостережень. Координати розрізів, напів'ям і прикопок за їх номерами позначають на сумісній карті ґрунтів, рельєфу і землеустрою. Опис профілів ґрунтів виконується за загальними правилами.

Після опису морфологічних особливостей профілю ґрунтів біля кожного розрізу відбираються зразки ґрунту (300-500 г) для визначення грудкуватості, зв'язності агрегатів (до 1 кг), середньозваженого діаметру ґрунтових часток, коефіцієнту агрегованості ( $K_a$ ) для мокрого і сухого розсіювання (до 2 кг) із шару ґрунту 0-3 см, для останніх трьох видів аналізу - із всього орного горизонту. Крім того, в цих же ґрунтах виконують, при можливості, ряд аналізів, які надалі дадуть змогу визначити залежності між шуканими показниками і фізичними та фізико-хімічними властивостями ґрунтів, що досліджуються. Місце відбору зразків визначають для кожного ландшафтного виділу окремо, в залежності від напрямку, крутизни схилу, мікрорельєфу та його характеру. Тобто, відбір виконують за геоморфічними профілями уздовж схилів з таким розрахунком, щоб потрапити на прямий, опуклий і ввігнутий схил, елементи гідромережі і на ґрунти різного ступеня змитості.

У районах інтенсивного прояву вітрової ерозії відбитари зразки також необхідно за транссектами з урахуванням площ пилосборів (навітряна сторона поодинокі розташовані лісосмуги, завітряна сторона тощо). Зразки з кожної точки відбирають у 4-5-ти кратній повторності і аналізують їх окремо. Кожен зразок відбирають, як правило, не з розрізу, а біля нього із шару ґрунту 0-3 см.

За результатами передпроектного обстеження виконують: розподіл площі землекористування на ряд відокремлених ландшафтних виділів; уточнюють їх характеристики як в якісному, так і в кількісному аспектах; визначають і уточнюють типи умов росту і розвитку на них рослин; визначають основні характеристики рельєфу, вплив ґрунтів, ґрунтоутворюючих і підстилаючих порід на протиерозійні властивості ландшафтів і ґрунтів; вплив водно-сольового режиму і спрямованість змін, які можливо відбудуться в результаті створення агроландшафту; визначають основні параметри і можливий меліоративний вплив лісосмуг у агроландшафті, що формується, а також всі основні параметри ґрунтового покриву, які визначають його стійкість проти ерозії.

#### **11.5. Види і методи аналізів у зразках ґрунту, що відбираються**

У відібраних зразках ґрунтів після доведення їх до сухого стану, в першу чергу визначають величину грудкуватості поверхневого шару. Сухий зразок спочатку легенько розминають руками для подрібнення великих грудок і висипають на сито з діаметром отворів 1 мм з піддоном і кришкою. Обережно і легко постукуючи руками по бортам сита, ґрунт відсівають у піддон. При просіюванні треба уважно стежити, щоб грудочки до 3-5 мм не руйнувалися. Після чого, весь дрібнозем, що опинився у піддоні і залишився на ситі зважують на технічних вагах і визначають відсоток від маси зразка ґрунту, що залишився на ситі, тобто - грудкуватість.

Для визначення зв'язності агрегатів сухий ґрунт подрібнюють у звичайній лабораторній ступці і пропускають крізь сито з діаметром отворів 1 мм. Потім подрібнений (але не перетворений у пил) ґрунт масою 160-180 г пересипають у парафінований паперовий чи з пластмаси стаканчик і зважують на технічних вагах. Обережно (крізь фільтрувальний папір) додають дистильовану воду до досягнення повної вологості (заповнюються водою усі шпарини), що можливо розрахувати за

матеріалами книги Йовенко (1961) чи інших методичних посібників. Насичені водою “блоки” залишають у нормальних кімнатних умовах без сонячного світла до повного висихання. Після чого процедуру зволоження повторюють до досягнення найменшої (польової) вологості. Після висихання ґрунт обережно, без його руйнування переносять на ротаційне сито Чепла, яке являє собою циліндр довжиною 1 м і діаметром 30 см, зроблений з перфорованого листа із отворами в 1 мм, насаджений на вісь з ручкою і розміщений у закритому корпусі з тонкого металу. Швидкість обертання становить один оберт за дві хвилини на протязі 20 обертів. Частина грудочок, що створилися, руйнується і надходить у кожух. Відношення маси незруйнованих агрегатів до загальної маси зразка у відсотках і є зв'язністю (S). Отримане значення S дає змогу визначити коефіцієнт руйнування агрегатів ( $K_s$ ) за формулою:

$$K_s = \frac{100 - S}{100}$$

Середньозважений діаметр визначають після мокрого розсіювання на колонці сит на приладі Бакшеєва за загальноприйнятою методикою (Вадюніна, Корчагіна, 1973) за формулою:

$$\bar{d} = \frac{5f_1 + 3f_2 + f_3 + 0,5f_4 + 0,25f_5 + 0,25f_6}{100}, \text{ мм}$$

де:  $f_1 \dots f_6$  - вміст ґрунту на ситі відповідного діаметру отворів (5...0,25 мм) від маси зразку (25 г), %.

Коефіцієнт агрегованості  $K_a$  за Бейвером і Родесом визначають класичним методом піпетки (Вороніна, Корчагіна, 1973) або за нашою методикою з використанням мікроскопу (Булігін, Комарова, 1990) за формулою:

$$K_s = \frac{a - b}{a}$$

де: а - сума мікроагрегатів і вільних елементарних ґрунтових часток (ЕГЧ) діаметром більше 0,05 і менше 0,25 мм; б - сума ЕГЧ того ж діаметру.

Вміст ЕГЧ і мікроагрегатів визначають методом прямого підрахунку при 98-разовому збільшенні у відбитому світлі. Ґрунтовий зразок спочатку розсівають на ситах з отворами 0,25; 0,20; 0,16; 0,065, 0,05 мм і на піддон. Розсів виконують на спеціальному приладі або руками на протязі 30 сек. Кількість мікроскопних полів - не менше за 20.

Крім того, виконують аналізи основних фізико-хімічних і хімічних властивостей ґрунтів за загальноприйнятими методиками:

- загальний вміст гумусу за Тюріним;
- фракційний склад гумусу за Бельчиковою;
- склад обмінних катіонів;
- рН водний (для основних ґрунтів); рН водний і сольовий (для кислих і потенційно кислих ґрунтів);
- зольність торфу;
- гранулометричний склад;
- мікроагрегатний склад;
- вміст карбонатів кальцію за кількістю  $\text{CO}_2$ , що утворився після їх розкладання;
- склад водної витяжки за повною схемою.

## **11.6. Методи визначення ступеня еродованості ґрунтів**

### **11.6.1. Загальні положення**

Для цього широко застосовують методику визначення ступеня еродованості, що ґрунтується на виборі контрольного плакорного ґрунту, з потужністю якого порівнюються потужності схилових ґрунтів. Автором такого методичного підходу вважається С.С.Соболев. Має місце досить

значна кількість модифікацій цієї методики, які також ґрунтуються на виборі контролю на плакорі. Для прикладу можна назвати роботи Г.П.Сурмача, Г.І.Швебса, де наведено такі методики. Але останнім часом вже не викликає сумнівів неможливість встановлення ступеня еродованості схилових ґрунтів на підставі плакорного контролю. Стисле зведення таких публікацій наведено у докторській дисертації Г.А.Ларіонова. Ряд авторів, що мають таку саму точку зору, пропонують до класифікації замість терміну "еродовані" ввести термін "схилові ґрунти". Почали з'являтися нові методи визначення ступеня еродованості схилових ґрунтів. Зокрема, один з них розроблено Г.А.Ларіоновим, який назвав його методом парних розрізів. Також є багато прикладів встановлення початкової потужності ґрунту за якоюсь природною міткою (репером). Наприклад, праця Ф.Е.Фотона з співавторами, в якій наведено можливість визначення ступеня еродованості за концентрацією залізо-марганцевих конкрецій у поверхневому шарі ґрунту. Але наведені методи можна використовувати лише у конкретних випадках і вони не можуть мати широкого застосування.

Проте слід вказати на якісно відмінний підхід, що з'явився до визначення ступеня еродованості ґрунтів. Так, В.В.Разумков пропонує прийняти фактори ґрунтоутворення як незалежні змінні, що визначають стан ґрунтової системи, а властивості - як залежні змінні. Автор вважає, що одержані кількісні залежності можуть використовуватися для камерального дешифрування гірських ґрунтів. Суть такого підходу міститься у спробі формалізувати рівняння В.В.Докучаєва, яке свідчить про функціональний зв'язок розвитку ґрунтового тіла з факторами ґрунтоутворення. Це посилення може бути теоретичною основою методики визначення еродованості ґрунтів.

### **11.6.2. Логіко-статистичний метод визначення ступеня еродованості ґрунтів**

(Захищене патентом на винахід N 15161 А 17.02.95 р. Бюл. за 30.06.97 р.)

Ґрунтово-ерозійне обстеження конкретної території, що має бути протиерозійно впорядкованою (не більше ніж декілька десятків тисяч гектарів), розпочинається з вивчення схилових цілинних вірогідно нееродованих ґрунтів. Необхідною умовою є відсутність ерозійного надходження дрібнозему з верхніх елементів схилів. Описується достатня (не менш 15-20) кількість профілів цих ґрунтів, щоб можна було провести комп'ютерний факторний аналіз. Однією з необхідних умов, що є обов'язковими для виконання, є умова про те, що розмах параметрів незалежних аргументів на цих ґрунтах має бути максимально граничним для ґрунтового покриву території, яка досліджується.

Факторний аналіз дає змогу виявити впливові фактори (аргументи) статистики, що істотно позначаються на величині залежності змінної (потужності всього профілю або його окремих генетичних горизонтів вірогідно нееродованих цілинних ґрунтів). Після завершення цієї процедури опрацьовують одне або декілька багатofакторних регресійних рівнянь. Певне ускладнення являє процедура формалізації факторів, що визначають потужність ґрунту, а також встановлення параметрів залежної змінної.

Другу частину цієї задачі можна розв'язати двома шляхами: формально-статистичним і морфологічним. У першому разі утворюється три (або більше) регресійних рівняння залежності окремих горизонтів та всього профілю (функцій). У цілому від визначення аргументів і залежно від коефіцієнта кореляції визначають робоче рівняння. Проблема коректного визначення нижньої межі профілю ґрунту та потужності гумусного горизонту Н на орних ґрунтах робить цей підхід майже неможливим. Тому як залежну змінну доцільно використовувати тільки

потужність ґрунтової товщі, що об'єднує горизонти Н і НР. Можливі й інші пропозиції залежно від особливостей генезису ґрунтів території, що досліджується.

Процедура формалізації факторів ґрунтоутворення визначає "працездатність" одержаних залежностей, тому ця процедура потребує особливої уваги. Доречно, щоб параметри аргументів були зображені прямими фізично зумовленими величинами, що легко визначаються. Для ґрунтів чорноземного габітусу пропонується чотири значущі фактори:  $X_1$  - крутизна земної поверхні у точці ґрунтового розрізу, градуси;  $X_2$  - експозиція схилу в точці ґрунтового розрізу (північ - 1; північний схід - 2; схід - 3; південний схід - 4; південь - 5; південний захід - 6; захід - 7; північний захід - 8);  $X_3$  - гранулометричний склад материнської породи, %-й вміст фізичної глини за класифікацією Качинського ( $d < 0,01$  мм);  $X_4$  - вміст неагрегованих елементарних ґрунтових частинок (як якісна характеристика материнської породи), що визначається методом прямого мікроскопування у відбитому світлі, %. Для карбонатних ґрунтів істотним фактором є глибина лінії закипання від 10% HCl.

Клімат як фактор ґрунтоутворення обмеженої порівняно малої території залишається незмінним, а його мікроособливості достатньо враховуються геоморфологічними параметрами  $X_1$  та  $X_2$ . Фактор рослинності - похідна величина від клімату та виділених факторів. Зокрема, вимоги використання одержаної залежності на окремій території потребують обов'язкового врахування часового обмеження. Час визначення параметрів на цілині та ріллі на території, що досліджується, має обмежуватися 1-2 місяцями. Це пов'язано з часовою динамічністю показника  $X_4$  та глибини лінії закипання.

**Застосування методу на конкретному прикладі.** Значення незалежних аргументів ( $X_1 - X_4$ ) і залежної величини ( $H + HP$ ) наведені в таблиці 11.1. Статистична їх обробка за допомогою програми "Statistica" дає змогу одержати багатofакторне регресійне рівняння:

$$I = 69.04 + 2.71 \cdot X_1 - 3.91 \cdot X_2 - 0.11 \cdot X_3 - 0.48 \cdot X_4$$

$$R = 0.7; R^2 = 0.45$$

Коефіцієнт кореляції ( $R$ ) свідчить про достатню залежність, проте коефіцієнт детермінації ( $R^2$ ) вказує на потребу проведення статистичної чистки первинних даних, яку можна зробити за найбільш спрощеним методом, що запропонував Б.А.Доспехов.

Таблиця 11.1

**Розрахункова матриця по результатах досліджень схилених нееродованих ґрунтів агрофірми “Дружба” Шевченківського району Харківської області**

№ п/п	Значущі фактори				H+HP, см	Розрахункові значення H+HP, см	Відхилення, %
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>			
	2	3	4	5	6	7	8
1	4,0	1	19,7	17,7	66	65	2
2	4,0	7	10,6	6,9	51	43	16
3	9,0	5	17,8	33,5	55	56	- 2
4	8,0	5	52,2	2,6	58	64	- 11
5	6,0	1	32,7	3,5	68	79	- 16
6	4,0	1	15,5	57,8	56	47	16
7	6,0	7	54,0	1,7	65	51	22
8	10,0	1	57,1	2,3	110	85	23
9	8,0	5	58,8	2,6	18	63	- 250
10	2,0	5	59,0	1,0	65	48	26
11	6,0	5	58,7	3,2	100	44	56
12	6,0	7	23,9	8,1	55	51	7
13	3,0	5	58,3	1,2	40	51	- 28
14	6,0	3	31,5	24,2	48	58	- 21
15	4,0	7	9,3	42,1	47	29	38
16	0,1	7	59,4	11,8	11	30	- 173
17	5,0	5	7,2	42,9	24	41	- 71
18	15,0	1	50,3	3,9	94	98	- 4
19	9,0	11	49,6	6,1	61	70	- 15

**Алгоритм методу.** У процесі ґрунтово-ерозійного картографування території (не більше декілька десятків тисяч гектарів), що протиерозійно упорядковується, обстежують статистично достатню кількість цілих

достовірно нееродованих ґрунтів. За результатами цього обстеження розробляють багатофакторне регресійне рівняння-залежність потужності горизонтів (Н і НР) від параметрів крутизни, експозиції, гранулометричного складу та суми неагрегованих елементарних ґрунтових часток материнської породи. Розраховують ряд теоретичних значень потужності цих горизонтів, який порівнюють з фактичними значеннями. Визначають ступінь розходження. Якщо виявляють значну відміну значень, проводять процедуру статистичної “чистки” даних. Після цього одержують уточнене рівняння, що використовують для оцінки ступеня еродованості орних схилових ґрунтів цієї обмеженої території. Вірогідність рівняння підтверджується порівнянням критеріїв Фішера -  $F_{\text{факт}}$  має бути більшим, ніж  $F_{\text{теор}}$ , а коридор вірогідності відмінностей між теоретичним (розрахунковим) еталоном та ґрунтом, що вивчається, є критерій оцінки статистичної істотності відмінностей. Якщо відмітність перевищує величину  $НР_{05}$  можна з певністю стверджувати, що ґрунт зазнав дії ерозії.

Сумніви викликають розрізи № 9 та №16 (табл. 11.1). Цілком можливо, що не врахований якийсь важливий фактор ґрунтоутворення для цих малорозвинених досить специфічних ґрунтів і тому має місце така значна різниця між фактичними та розрахунковими значеннями. На початку перевіряють належність до даної сукупності розрізу №16, зробивши припущення, що розрізу № 9 не існує. Негативна відповідь для розрізу №16 буде вірною і для розрізу № 9.

$$Z_{\text{max}} = \frac{X_{\text{max}} - X_{n-1}}{X_{\text{max}} - X_2} = \frac{173 - 56}{173 - 4} = 0.7$$

$Z_{\text{теор}}$  для 1%-ного рівня значущості дорівнює 0,449 ( $Z_{\text{факт}} > Z_{\text{теор}}$ ). Отже, розрізи №16 та №9 потрібно виключити і одержати, не враховуючи їх, нове уточнене рівняння:

$$Н+НР = 46.81 + 2.61 \cdot X_1 - 2.23 \cdot X_2 + 0.34 \cdot X_3 - 0.22 \cdot X_4$$

$$R = 0.77; R^2 = 0.59; F_{\text{факт}} > F_{\text{теор}}; \text{НІР}_{05} = 16 \text{ см}$$

На підставі останнього рівняння визначають статистичний еталон нееродованого ґрунту для будь-якої точки сільськогосподарських угідь агрофірми "Дружба".

У таблиці 11.2 наведено орні ґрунти (усі чорноземного габітусу) 2-х схилів (північно-східного та південно-західного), що прилягають до однієї балки, яка розміщена на території агрофірми "Дружба". Опис цих орних ґрунтів проведено одночасно з описом цілинних ґрунтів. Порівняння граф 6 та 7 (табл. 11.2) дає підставу стверджувати, що ґрунти розрізів № 2, № 3, № 5 вірогідно еродовані, оскільки розрахункові значення (еталони порівняння) цих ґрунтів перевищують фактичні значення більш як на 16 см (певний коридор - НІР).

Таблиця 11.2

#### Показники схилових орних ґрунтів агрофірми "Дружба"

№ п/п	Значущі фактори				А+АВ, см	Розрахункові значення А+АВ, см	Ступінь еродованості за С.С.Соболевим
	x <sub>1</sub>	x <sub>2</sub>	x <sub>3</sub>	x <sub>4</sub>			
1	1,4	2	51,8	2,4	67	61	Нееродований
2	7,1	2	58,8	7,3	60	79	Слабоеродований
3	2,8	2	57,2	7,5	29	67	Середньоеродований
4	3,6	2	42,6	50,3	35	48	Сильноеродований
5	3,5	2	68,6	1,7	56	77	Сильнозмитий-намитий
6	1,4	6	58,7	6,7	62	56	Нееродований
7	2,9	6	22,4	33,9	58	41	Слабоеродований
8	4,7	6	61,4	8,8	52	65	Средньозмитий
9	4,7	6	49,7	2,6	36	62	Сильноеродований

У графі 8 табл. 11.2 вказано ступені еродованості орних ґрунтів, визначені традиційним способом за методом С.С.Соболева з використанням як еталона плакорного ґрунту. При цьому, як це тепер видно, зроблено значні помилки у визначенні еродованості ґрунтів розрізів № 4, № 7, № 8, що становить 33% від усіх описаних орних ґрунтів.

### **11.7. Деякі аспекти використання методів дистанційного зондування для передпроектного обстеження території**

Передпроектне обстеження території можна виконувати значно ефективніше (за ціною, швидкістю і точністю) за умови використання дистанційних (неконтактних) методів (ДМ) зондування - зйомка і/або вимірювання земної поверхні і/або підповерхневого шару без входження у фізичний контакт. Зондування здійснюють за допомогою літаючих апаратів або портативних приладів, які мають систему реєстрації певного діапазону спектру електромагнітних хвиль у вигляді цифрової інформації.

На жаль, для ДМ ще немає приладу, який міг би працювати в усьому діапазоні електромагнітного спектру. Спроба використання максимального набору приладів ДМ при передпроектному обстеженні, з одного боку, підвищує якість інформації, що одержується, а з другого - збільшує кошторисну вартість робіт. Тому необхідно визначити оптимальний набір приладів ДМ у відповідності з вимогами вирішення конкретного завдання. ДМ розподіляються за критеріями: за місцезнаходженням зйомочної платформи (наземні, аеро- і космічні); за характером джерела енергії - пасивні ДМ (фотозйомка, багатоспектральне сканування, термографія) і активні (радіолокація); за видом апаратури, яку використовують (візуальні, фотографічні, електронні); за кінцевим продуктом (зображення, цифрові файли, графіки, гістограми, фотографії).

Нині існує багато різних методів щодо збору інформації у дистанційних дослідженнях. З метою передпроектного обстеження території найдоцільніше використовувати фотографічну зйомку (аеро- і космічну), спектрофотометрію і радіолокацію.

**Фотозйомка.** За аеро- і космічними знімками досить добре і з високим ступенем достовірності інтерпретуються фактори ґрунтоутворення (рельєф, рослинність, виробнича діяльність людини) і

дещо гірше - видимі на знімках зовнішні характеристики ґрунтів і ґрунтового покриву (колір, вміст гумусу, гранулометричний склад, вологість). Характеристика ґрунтового покриву за знімками точніша, ніж за топографічними картами, а межі, що визначаються при аналізі знімків, як правило, при мінімальній перевірці приймаються за межі ґрунтово-картографічних ареалів. Аналіз рельєфу важливий при оцінці небезпеки території прояву ерозії і визначенні за зображеннями ерозійно небезпечних площ.

Дешифрування за аеро- і космічними знімками факторів ґрунтоутворення дає змогу виділити ландшафтні і фізико-географічні межі. З метою передпроектного обстеження територій для її агроландшафтного упорядкування використовуються знімки різних масштабів - від 1:1000000 до 1:10000. При цьому аналіз результатів дистанційного зондування необхідно починати з дрібно- і середньомасштабних знімків. На цій стадії виконують якісний і кількісний аналіз ландшафтних рисунків природно-територіальних комплексів можливих таксонів: фація, урочище, ландшафт.

Найсильніше на формування ландшафтного рисунку впливають геологічні умови, наприклад, літологічні особливості порід, що формують поверхню території. Останні обумовлюють можливість і інтенсивність протікання різних процесів: просадних, еолових, ерозійних, суфозійних та інших процесів рельєфоутворення. Кожному з цих процесів притаманні типові форми ландшафтних контурів. Досить високий рівень інформативності щодо уніфікації стратегії передпроектного обстеження території має визначення кількісних закономірностей будови ландшафтного рисунку, зокрема такої найважливішої його складової, як гідрографічна і ерозійна мережі.

Р. Хортон емпіричним шляхом одержав залежність, яка характеризує будову ерозійної і гідрографічної мереж за умов геологічної одноманітності. Її суть полягає в тому, що кількість елементів мережі збільшується із зменшенням їх порядку у геометричній прогресії.

Аналогічна залежність була виявлена і у відношенні загальної довжини елементів. Так, загальні закономірності можуть бути використані при визначенні уніфікації методики передпроектного обстеження в елементах ерозійної і гідрографічної мереж різного порядку.

Однак, провідна роль у передпроектних пошуках відводиться великомасштабним знімкам. При проведенні передпроектного обстеження дуже важливе значення повинно надаватися обліку рельєфу. Найкращі для цього - аерофотоплани (М 1:10000, 1:25000) з нанесеними на них горизонталями. Це дає можливість в польових умовах визначати експозиції і ухили територій, що обстежують і одночасно судити про характер площинної, лінійної і вітрової ерозії ґрунтів.

Поряд з обліком рельєфу істотне значення має аналіз ґрунтового покриву. Найбільш широкого застосування серед дистанційних методів зондування набув метод аерофотозйомки. Отримані за цим методом матеріали і зараз залишаються фактично єдиним засобом, що дає змогу характеризувати і визначати межі ґрунтових ареалів до виїзду в поле. За інтенсивністю тону зображення і за елементами рельєфу після польових обстежень легко дешифруються ділянки еродованих ґрунтів.

Слід зазначити, що на зображеннях ґрунтового покриву, який зазнає ерозії, ґрунти різного ступеня еродованості представлені невеличкими плямами. При традиційному ґрунтовому картографуванні ці плями можуть бути виділені у самостійні контури лише при детальній зйомці масштабу 1:1000, 1:2000.

На основі великомасштабних аерофотознімків за формою ерозійних формувань визначають ділянки з переважанням прадавніх форм ерозії і ділянки, де має місце розчленування рельєфу сучасними активними формами. Надається можливість розрізняти ділянки схилів, які знаходяться на різних стадіях розвитку. Першочергове значення при цьому мають стереоскопічні аерофотознімки. На великомасштабних знімках відображено і багато інших деталей морфології схилів, а також всі основні

елементи ерозійного рельєфу, що дозволяє виділити кожний ерозійний комплекс і провести співставлення окремих комплексів у межах єдиної ерозійної системи означеного порядку. Значну роль при цьому відіграють найдрібніші ерозійні формування – водорівчаки, які вирізняються на смугастому рисунку фотозображення. Це, як правило, темні смуги на більш світлому фоні, які спрямовані до більш великих ерозійних формувань. За рисунком струмкової мережі на аерофотознімках досить чітко визначається положення вододілів і, як наслідок - співвідношення площ водозборів в межах ерозійних комплексів. На підставі цього матеріалу можна одержати певне уявлення щодо відносної глибини ерозійних форм.

При наявності матеріалів ретроаерознімків відкриваються значні можливості щодо поглибленого вивчення ерозійних явищ, особливо питань, пов'язаних з лінійною ерозією та динамікою її елементів. На знімках досить чітко відображаються тальвеги і мікротальвеги. Слід зазначити, що панхроматична зйомка (чорно-біле зображення) не може забезпечити достатню достовірність інформації. Лише одночасне фотографування в різних вузьких спектральних інтервалах (кольорова, інфрачервона, багатозональна фотографія) з наступною сумісною інтерпретацією зйомки може гарантувати високу вірогідність і інформативність дешифрування.

Використання фотозйомки при проведенні передпроектних пошуків ускладнюється впливом захмареності і практичними ускладненнями обробки зображень. До того ж, фотозйомка не дає інформації про ґрунтовий профіль, а інформації, що стосується тільки поверхні ґрунту часто недостатньо.

**Радіолокація.** Даний метод, безсумнівно, є перспективним відносно одержання необхідних даних для ґрунтової діагностики і контролю за використанням земельних ресурсів. Тільки перелік діапазонів, що використовуються, - метровий, дециметровий, сантиметровий і

міліметровий, значною мірою характеризує його можливості. Головне в тому, що це нині єдиний спектр електромагнітних хвиль, який дає можливість одержувати інформацію не тільки стосовно фізіономічних, видимих характеристик ґрунтів, що притаманне оптиці, але й оцінювати їх внутрішні особливості.

Одержані характеристики радіолокаційних сигналів можуть мати різне застосування. Слід ще раз підкреслити, що коли йдеться про радіолокацію ґрунтового покриву, мається на увазі не тільки відбиток від першого зовнішнього шару земної поверхні, але і від внутрішніх шарів. Так, вже вирішуються задачі визначення підґрунтових меж залягання піщаників, глиняних шарів, ілювіальних горизонтів, глибини підґрунтових вод тощо. При активній радіолокаційній зйомці (РЛЗ) використовується штучний випромінювач. Радіолокаційну зйомку можна проводити в погіршених метеоумовах при суцільній захмареності. Крім того, в метровому діапазоні практично не проявляється вплив рослинності, тобто РЛЗ можна проводити в будь-який час вегетаційного періоду. Використання середньомасштабної зйомки (через невисоку розрізнявальну спроможність) М:100000-1:30000 з метою рекогносцирування дозволяє досить точно визначити гранулометричний склад ґрунтів та їх щільність.

**СВЧ-радіометрія** дає можливість одержувати дані про власне випромінювання об'єктів в діапазоні довжини хвиль від міліметрів до десятків сантиметрів. Цей метод дає змогу виявити розбіжності у даних щодо вологості ґрунтів, їх засоленості, визначення меж виходу на поверхню ґрунотвірних порід, мінералогічного складу ґрунтів тощо. Тому радіотеплова зйомка вимагає детальних еталонних наземних реперів. Метод радіометрії дає змогу у короткий термін одержати об'єктивну інформацію щодо конкретних особливостей ґрунтового покриву, забезпечує точність і репрезентативність результатів, необмежений огляд території, яку обстежують, відносно зменшення витрат, коштів і часу на

одержання необхідної вихідної інформації. На жаль, радіометоди використовують тільки для визначення вологості ґрунтів і дають позитивні результати при вільній від рослинності чи її решток поверхні ґрунту.

**Спектрофотометрія.** Широкі можливості для об'єктивної кількісної діагностики ґрунтів відкриваються при використанні спектрофотометрії. В практиці ґрунтових досліджень використовують лабораторні і польові спектрофотометри, а також такі, що установлені на аероносіях. Вони дають змогу одержати інформацію про ґрунти і ґрунтовий покрив на різних ділянках видимої і близької інфрачервоної частини електромагнітного спектру у вигляді графіків (лабораторні СФ) і цифрової інформації (всі останні).

Можливість урахування змін інтенсивності і спектрального складу випромінювання, яке відбивається ґрунтами, відображення результатів цього вимірювання кількісно, виявлення об'єктивних зв'язків між спектральною відбивною здатністю ґрунтів та їх складом і властивостями, - все це робить спектрофотометрію одним із найбільш інформативних кількісних методів, які можна застосовувати для передпроектного обстеження території.

Для цього можуть бути використані багатоканальні скануючі пристрої (БКС) - аеро- і космічні. Класичний БКС являє собою 4-7 канальний радіометр, який сканує земну поверхню і реєструє інтенсивність енергії, що відбивається цією поверхнею у вузьких смугах спектру. БКС-детектори, як правило, чутливі у видимій і близькій інфрачервоній частині спектру. Використання декількох смуг підвищує здатність системи ідентифікувати і класифікувати особливості території, що обстежують. Інформація, одержана методом сканування, може бути трансформована у зображення і/чи оброблена у числовій формі.

Дуже перспективним у передпроектному обстеженні території є використання польових спектрофотометрів (ПСФ). Це портативні, нескладні в обслуговуванні прилади, які дають змогу одержувати

інформацію як про поверхню ґрунтів, так і про параметри ґрунтового профілю у видимій і близькій інфрачервоній області, а також бути сполучною ланкою між традиційними ґрунтовими дослідженнями і дистанційним зондуванням ґрунтового покриву. У ПСФ вимірювання здійснюється за різними довжинами хвиль. Кількість каналів і довжина хвиль обумовлюються кількістю різних світوفільтрів. Як приклад можна навести ПСФ “Радуга”, який дає змогу визначати спектральні характеристики ґрунтів за такими довжинами хвиль (мм): 530, 552, 589, 657, 813, 920. Одночасно з вимірюванням спектральної яскравості різних типів ґрунтів для кожного з них визначається спектральна яскравість еталону. За цими даними виконується розрахунок коефіцієнту спектральної яскравості (КСЯ). На величину КСЯ впливають такі характеристики ґрунтів як яскравість, щільність і освітленість. Тому вимірювання рекомендується виконувати при вологості ґрунту, що близька до повітряно-сухого стану, при рівномірному сонячному освітленні і рівновіддаленому перпендикулярному розташуванні об’єктиву ПСФ відносно зразка ґрунту, що досліджується. Розмір ділянки (зразка) повинен бути не менш за 0,4×0,4 м.

Застосування ПСФ істотно спрощує і прискорює визначення вмісту гумусу в ґрунтах. Наведемо конкретний приклад. Були проведені спектрофотометричні вимірювання різних за генезисом ґрунтів у Лісостеповій і Степовій зонах України: чорноземів (звичайних, типових), темно-сірих опідзолених, лучно-чорноземних, темно-каштанових, каштанових, лучно-каштанових ґрунтів. Досліджувалися залежності спектральних коефіцієнтів яскравості ґрунтів (R) від вмісту в них гумусу (H). Виявлено досить тісний зв’язок у залежності R-H для ґрунтів, що досліджувалися - коефіцієнт кореляції (r) дорівнює 0,89 (рис. 8.1).

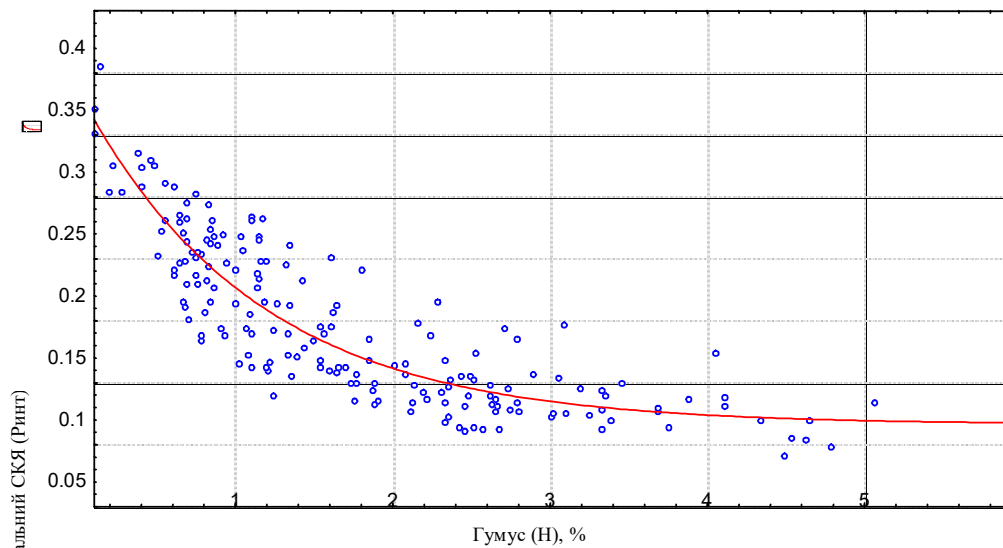
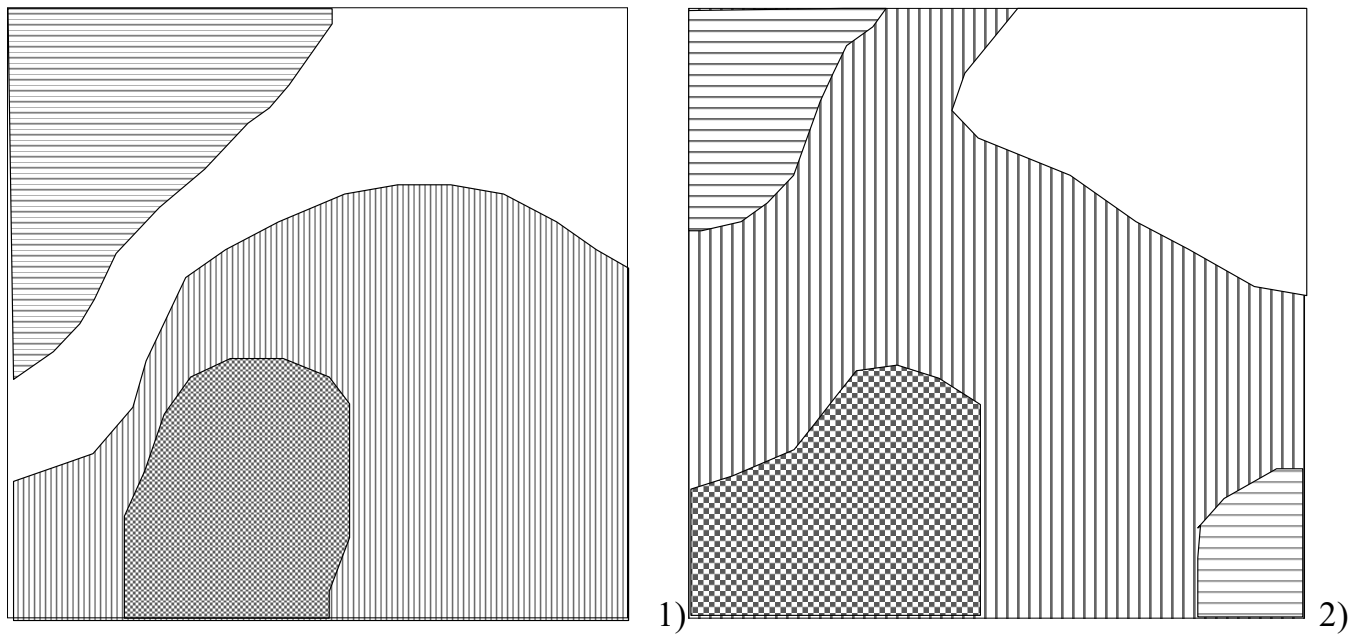


Рис.8.1. Зв'язок між Рінт та Н для ґрунтів Лісостепу та Сухого Степу

Значення  $r$  істотно зростає в ареалах близьких за генезисом ґрунтів, які сформовані на одноманітних материнських породах ( $r=0,94-0,96$ ). В окремих ґрунтових профілях  $r$  характеризується вмістом гумусу і гранулометричним складом з  $r=0,97-0,99$ . Тобто відкриваються добрі перспективи щодо моніторингу гумусового стану ґрунтів у часі, просторі і об'ємі (за профілями ґрунтів). Використання залежності R-H для визначення вмісту гумусу за даними дистанційних методів досліджень можливо лише у межах однорідних ґрунтових ареалів, де цей зв'язок стає майже функціональним.

Використання КСЯ і як самостійного діагностичного показника, і у сукупності із характеристиками властивостей ґрунтів (вміст гумусу, гранулометричний склад) дає змогу об'єктивно окреслити межі ґрунтових горизонтів і профілю в цілому. Статистичні методи безперечно доводять вірогідність оптичних різноманітностей генетичних горизонтів у межах окремого ґрунтового профілю, що дає змогу з достатньою впевненістю прогнозувати можливість заміни суб'єктивних (органолептичних) методів дослідження профілів ґрунтів на об'єктивні (приладами у кількісному вираженні).

У ННЦ “Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н.Соколовського” розроблено оригінальну методику обстеження схилових ґрунтів за допомогою ПСФ. На схилі, що обстежують, закладають один чи кілька ключових розрізів (залежно від крутизни схилу загальної складності рельєфу), в яких за профілями з перерізом 10 см відбирають зразки ґрунту до материнської породи у тому числі. Безпосередньо у польових умовах для цих зразків визначають спектральні характеристики. Ці зразки і їх параметри виступають як еталон при аналізі даних обстеження схилу за КСЯ поверхні. Як приклад можна навести результати обстеження тестової ділянки на агроландшафтному полігоні (експериментальна база “Комунар”, Харківської області), площа якої дорівнює 6 га. Тут було проведене спектральне вимірювання двох ґрунтових розрізів темно-сірих опідзолених ґрунтів, площа зйомки поверхні - 50×50 м (n=28). В результаті кластерного аналізу одержаних даних в межах тестової ділянки об’єктивно визначено три класи ґрунтових ареалів, для яких дані по КСЯ поверхні ґрунтового покриву співвіднесені з КСЯ фрагментів ґрунтових профілів. Одночасно проведено класифікацію ґрунтів за вмістом гумусу та ступенем еродованості. Співставлення результатів традиційного ґрунтового обстеження і об’єктивної ґрунтової картографії ґрунтових ареалів (рис. 11.2) чітко показує, що остання більш інформативна, точна і значно менш трудомістка.



Умовні позначення:

незмиті      слабозмиті      середньозмиті      сильнозмиті

**Рис. 11.2. Картографи еродованості ґрунтів за різними методиками ґрунтових обстежень:  
1) традиційна; 2) з використанням неконтактних методів**

## **Контрольні запитання**

1. Завдання передпроектного обстеження.
2. Початкова інформація, яка необхідна для проведення передпроектного обстеження.
3. Рекогносцировка: задачі, програма і методи проведення.
4. Ґрунтово-ерозійне обстеження території.
5. Види і методи аналізів зразків ґрунту.
6. Методи визначення ступеня еродованості ґрунтів.
7. Логіко-статистичний метод визначення ступеня еродованості ґрунтів.
8. Деякі аспекти використання методів дистанційного зондування для передпроектного обстеження території.

## **ГЛАВА 12. ПРИНЦИПИ ТА АЛГОРИТМ ІНЖЕНЕРНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ПРОТИЕРОЗІЙНО ВПОРЯДКОВАНИХ АГРОЛАНДШАФТІВ**

Екологічна і агроекономічна недоцільність “прямокутного” устрою землекористування в процесі сільськогосподарського виробництва, особливо в районах проявлення і небезпеки ерозії ґрунтів, стала явною. Недооцінка законів природи в історії світового землеробства вже занадто дорого коштує людству. Тільки за останнє тисячоліття втрачено 2 млрд. га орних земель. Проблема збереження і підвищення родючості ґрунтів, що використовуються у сільськогосподарському виробництві, стає все більш актуальною і її повне та надійне рішення можливе лише за умови створення ґрунтоохоронних агроландшафтів.

Протиерозійний захист - це свого роду “нульовий” цикл, фундамент всієї конструкції агроландшафту, ступінь надійності якого повинна відповідати ступеню небезпеки ерозії.

Блоки концептуальних моделей агроландшафтів визначаються за ґрунтово-кліматичними, геоморфологічними умовами, ступенем небезпеки ерозії і іншими макрохарактеристиками великих землеробських регіонів України. Таким чином, складається загальна схема процесу проектування агроландшафту. Далі мова буде йти тільки про проектування протиерозійного упорядкування за умови, що ступінь небезпеки ерозії визначає вибір загальної схеми (алгоритму) процесу проектування і вихідні характеристики конструкції протиерозійного захисту.

За результатами передпроектного обстеження повинні бути одержані всі необхідні характеристики території, яка буде протиерозійно облаштовуватися. Перелік параметрів, передусім, визначається

математичною моделлю ерозії, яка використовується як розрахунковий інструмент при проектуванні. Саме модель ерозії визначає всі етапи і специфіку проектних операцій.

При розробці проекту протиерозійного захисту потрібно розв'язати, як мінімум, два завдання: 1) забезпечити надійний захист ґрунту від ерозії, що надає необхідні умови для відтворення його родючості; 2) передбачити швидку і високу окупність витрачених на ґрунтоохоронні заходи коштів. Це означає, що для дотримання принципу надмірності протиерозійного захисту треба зробити тільки все необхідне і нічого зайвого.

Ширину робочої ділянки, конструктивні особливості інфраструктури поверхневого стоку, гідротехнічних споруд та лісосмуг розраховують на основі моделі ерозії. Тут потрібно зробити дуже істотне на наш погляд зауваження щодо конструктивних особливостей протиерозійного захисту. Система лісосмуг має розв'язувати такі основні завдання:

1) Протиерозійний захист.

2) Досягнення максимально можливого поліпшення гідротермічних параметрів приземного шару повітря і діяльної поверхні ґрунту за рахунок своєї агроеліоративної дії, що дасть змогу забезпечити більш сприятливі умови щодо зволоження рослин, зменшити негативну дію атмосферних і ґрунтових посух і суховіїв.

3) Виконувати роль напрямних при здійсненні агротехнічних операцій.

Але незважаючи на досить високий протиерозійний і гідрологічний ефект, протиерозійна функція на лісосмуги не може покладатися, оскільки вони неспроможні затримати поверхневий стік в періоди екстремальної водовіддачі. Ця ж думка підтримана в докторській дисертації Є.А.Гаршиньова (1995). За його даними при довжині схилу 750 м лісосмуга, яка має ширину 30 м, з 50 мм поверхневого стоку повених вод затримує

лише 24 мм, тобто менш ніж 50%. Чим більші шар поверхневого стоку і довжина схилу, тим меншу частку може затримати лісосмуга. Лісосмуга шириною 5 метрів (фактично 3-х рядна) має зовсім низьку гідрологічну (а значить і ерозійну) ефективність - за аналогічних умов затримується лише 5,7 мм, тобто біля 10%.

І.П.Сухарев в своїй книзі “Регулирование и использование местного стока” (1976) надає фактичні дані гідрологічної ефективності лісосмуг. В умовах інтенсивного сніготанення при довжині схилу 480 м (ухил 0,036) тільки лісосмуга завширшки 45 м дозволяє в достатній мірі затримати поверхневий стік. І.П.Сухарев опрацював формулу для розрахунку ширини водорегулюючих лісосмуг:

$$B = K \cdot \sqrt{i} \cdot l,$$

де:  $B$  - ширина лісосмути, м;  $K$  - коефіцієнт, який враховує забезпеченість стоку і водопроникності ґрунту;  $i$  - середній ухил схилу вище лісосмути ( $\text{tg } \alpha$ );  $l$  - довжина схилу, м.

Для чорноземних ґрунтів значення  $K$  за різними рівнями забезпеченості поверхневого стоку відповідно дорівнює: 5% - 0,47; 10% - 0,44; 20% - 0,42; 30% - 0,38; 50% - 0,27; 70% - 0,18.

Конструкція агроландшафту розрахована на 10%-ну забезпеченість. Наведемо конкретний приклад.

Розглянемо схил довжиною 500 метрів, ухилом 0,09. Розрахунок проводиться для Лісостепової частини Харківської області.

$$B = 0,44 \cdot \sqrt{0,09} \cdot 500 = 66 \text{ м}$$

Тобто, ширина лісосмуг повинна становити більш як 60 метрів. А це означає, що площа під лісосмугами повинна бути більшою 12% від площі ріллі. Тому немає сумніву, що при інженерному підході до проектування протиерозійного захисту, покладатися на гідрологічну ефективність лісосмуг щодо затримання поверхневого стоку не можна. Головне протиерозійне навантаження повинні нести гідротехнічні споруди: вали-тераси, вали-канави тощо.

Математична модель ерозії як розрахункова кількісна база повинна бути всебічно верифікована і адаптована для умов території, що упорядковується. Тому за умови достатньої апробації і наявності нормованого емпіричного фактичного матеріалу припустимо використання емпіричних моделей ерозії. Але перевагу слід віддавати теоретичним моделям, які істотно різняться за складністю і рівнем адекватності природним процесам. На жаль, всі сучасні моделі ерозії можна використовувати лише в інтерактивному комп'ютерному режимі. Для того, щоб процес проектування був дійсно автоматичним, необхідні програмне рішення комп'ютерного розподілення території, яку впорядковують, заходами постійної дії (гідротехнічні споруди, лісосмуги, елементи інфраструктури скидання надмірного поверхневого стоку, дороги тощо), а також складення технологічного процесу для кожної виділеної робочої ділянки.

У попередніх главах розглядалась проблема формалізації факторів ерозії. Кожна модель ерозії передбачає свої особливості цієї важливої процедури. Параметри рельєфу досить легко формалізуються і визначаються вже на стадії передпроектного обстеження. Розв'язання проблеми формалізації параметрів протиерозійної ефективності агрофонів буде описано у наступній главі. Формалізація параметрів ерозійної стійкості ґрунтів як найважливішого фактору для кожної моделі ерозії має істотні особливості.

Вони детальніше будуть розкриті далі при наведенні конкретних моделей ерозії, які підпадають під ранг теоретичних, але досить значно відрізняються одна від одної за своєю складністю. Певні ускладнення виникають при формалізації кліматичних параметрів, якщо дотримуватись принципу проектування протиерозійного захисту на певну імовірність прояву ерозійної події малої забезпеченості - конструкція, як мінімум, повинна бути розрахована на 10%-ну забезпеченість. При цьому на території України параметри злив мають провідне значення порівняно з параметрами стоку повеневих вод. Територія України характеризується істотною диференціацією параметрів зливових опадів. Певною мірою ця проблема нами вирішена (Bulygin, Kotova, Cherny, 1996; Булигін, Неаринг, 1999) і саме цьому присвячений наступний розділ.

### **12.1. Імовірнісна оцінка злив для цілей конструювання протиерозійного захисту ґрунтів України**

Ерозія ґрунтового покриву України зумовлена повеневими водами при сніготаненні і опадами, які мають зливовий характер. Схема оцінки ерозійної роботи цих двох видів ерозії за ґрунтово-кліматичними зонами має такий вигляд: Полісся - ерозійна шкода (робота) від повеневих вод і злив співвідносяться як 1:1; Лісостеп - 1:2-3; Степ - 1:4; Сухий Степ - шкода тільки від зливної ерозії. Але конструкція протиерозійного захисту, як і будь-якої споруди, має розраховуватись на певне критичне навантаження, тобто не на роботу, а на потужність водного потоку.

У такому контексті, за деякими винятками (які не мають відношення до нашої проблеми) конструкція, що витримує зливу малої забезпеченості, витримає проходження будь-яких повеневих вод. Це може бути підтвержене

хоча б тим, що шар поверхневого стоку при зливі проходить за час, що вимірюється хвилинами, а при сніготаненні - добами. Тобто, потужність зливого поверхневого стоку перевищує потужність стоку повеневих вод на два і більше порядки.

Ерозія ґрунтів - це стохастичний процес. Тому всі параметри математичних моделей, що характеризують окремі фактори ерозії, повинні мати ймовірнісну оцінку їхнього прояву.

У зв'язку з цим особливої актуальності набуває проблема оцінки імовірності прояву злив. Головним методичним недоліком обліку шару дощів є спроба їх картографування на підставі точкових даних, що призводить до принципових помилок. Ще гірше становище з їх півніографічною оцінкою. Відомо, що дані півніографа на рівнинній частині України можуть репрезентувати тільки територію не більше за 1000 га. До того ж далеко не кожна метеостанція обладнана півніографом та й мережі самих станцій також недостатньо. Докорінно вирішити дане питання можна лише за умови налагодження радіолокаційних спостережень за опадами. На жаль, це потребує значних коштів і кваліфікованих спеціалістів, що на сьогодні практично неможливо.

Більш доцільним є застосування методу об'єднання в один довгий ряд коротких рядів даних, які характеризують опади на певній території України з близькими умовами формування злив. Для диференціації території України використаний показник  $K_{ГМ}$  - коефіцієнт гідрометеорологічний, запропонований Г.І. Швєбсом (1974). Цей показник входить до логіко-математичної моделі Г.І. Швєбса і характеризує еродуючу силу дощових опадів.

До основних факторів формування гідрометеорологічних умов зливної ерозії в Україні належать: а) рельєф; б) море; в) географічне положення

регіонів відносно основних потоків повітряних мас влітку, які формують опади у вигляді високоінтенсивних злив (Вишнівський П.Ф., 1964).

Для територій, що мають близькі умови формування злив у розрізі метеостанцій, на яких є плювіограми із гідрометеорологічних щомісячників, розраховані значення  $K_{ГМ}$ . На рисунку наведені його значення, які зменшені у 100 разів. Розрахунки зроблені у ретроспективі 30 років. На основі значень  $K_{ГМ}$  за ізоеродентами визначено 13 регіонів (рис. 12.1).

Найбільша небезпека прояву зливної ерозії спостерігається в степових і лісостепових районах, що межують зі степом ( $K_{ГМ}=1000-2800$ ). Найбільші значення  $K_{ГМ}$  ( $>1500$ ) притаманні південним і східним частинам Придніпровської височини, південній частині Тарханкутської височини, східному Криму. Мінімальні значення  $K_{ГМ}$  ( $<500$ ) характерні для східних районів України (у т.ч. Донецький кряж і відроги Середньоросійської височини), Полісся, Передкарпаття.

Значення  $K_{ГМ}$  практично ніяк не пов'язані з іншими характеристиками зливної небезпеки, які використовуються у метеорології, наприклад, з найбільшими добовими шарами опадів. Структура  $K_{ГМ}$  добре обґрунтована експериментальним методом штучного дощування і натурними спостереженнями за ерозією на водно-балансових станціях. Він характеризує не дощову небезпеку взагалі, а зливи, що викликають ерозію.

Таким чином, одержана картосхема районування території України за значеннями  $K_{ГМ}$ , які можна використовувати для розрахунків (прогнозу) ерозійних втрат ґрунту на базі логіко-математичної моделі Г.І.Швебса.

Але в моделях, які мають теоретичний характер, використовуються прямі параметри злив у вигляді плювіограми зливи певної імовірності перебільшення (забезпеченості). Наведені на картосхемі дані, за якими виділено 13 порівняно однотипних щодо умов формування злив регіонів,

дають змогу досить коректно визначати необхідні параметри модельної зливи певної забезпеченості. Один із можливих алгоритмів розрахунку:

1) Короткі низки даних пльовіограм окремих метеостанцій регіону об'єднуються в один досить довгий ряд.

2) Для кожного регіону визначають  $i_{\max}$  (максимальна інтенсивність зливи) і  $t_{\max}$  (максимальний термін зливи) різної імовірності перебільшення фактичного параметру над розрахунковим, тобто розраховують відповідні квантилі двох найважливіших параметрів зливи, які визначають форму пльовіограми.

$$\frac{i}{i_{\max}} = f\left(\frac{t}{t_{\max}}\right)$$

З цими параметрами тісно корелюють інші параметри зливи: величина крапель, їх швидкість, кінетична енергія (Івенс, 1984). Квантилі можна визначити як аналітично, так і графічно.

3) Для кожного району будують залежності, які визначають форму кривої і “типові” пльовіограми зливи певної забезпеченості.

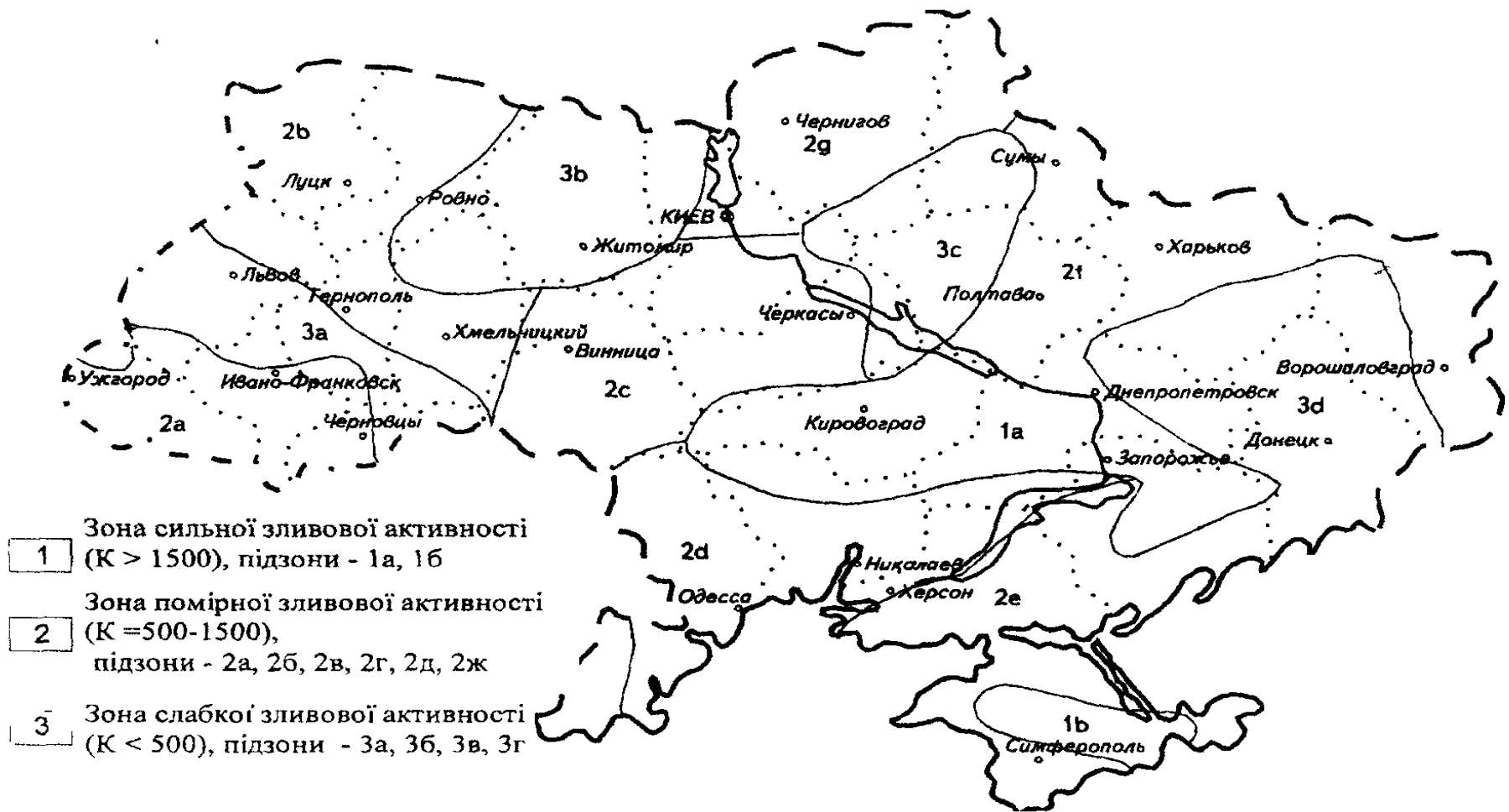


Рис.12.1. Злизова небезпека на території України

У нашому випадку одержано два типи кривих: парабола і експонента. Є інший шлях, який запропонував А.Б.Лавровський (1985) - з використанням кривої нормального розподілення:

$$I(\epsilon) = I_{\max} \cdot e^{-1,5 \left( \frac{2,5\epsilon}{T} - 1 \right)^2},$$

де  $I(\epsilon)$  - інтенсивність зливи в певний момент часу.

Але відомо, що еродуюча ефективність злив значною мірою визначається режимом їх випадання. Так, змив ґрунту за всіх інших однакових умов може різнитися на порядок в залежності від того, де знаходиться (у часовій шкалі) “ядро” зливи - на початку, в середині чи наприкінці. Нами цей аспект ураховується значеннями параметрів в рівняннях для виділених регіонів в залежності від рівня забезпеченості імовірної зливи.

4) Для кожного окремого регіону на підставі розроблених формул складають пловіограма “типової” зливи певної забезпеченості.

Реалізація алгоритму розрахунків наведена в таблиці 12.1. На основі даних таблиці 12.1 розраховують пловіограми “типових” злив для означених регіонів зливової небезпеки (табл. 12.2). В таблиці 12.2 подані пловіограми семи “типових” злив для кожного регіону у відповідності з їх імовірністю перебільшення (від 1% до 5%). Наприклад, у регіоні 1а для зливи 1% імовірності  $I_{\max}=5$  мм/хв., а  $T_{\max}$  дорівнює 82 хв. Показані 10 точок пловіограми кожної “типової” зливи. Термін їх випадіння наведений у другій колонці таблиці 12.2.

Залежно від того, на який ступінь надійності розрахована конструкція протиерозійного захисту (за більшістю аспектів визначається рівнем фінансування ґрунтоохоронних робіт), використовують відповідну

плювіограму “типової” зливи у регіоні. Прийнято вважати, що в певній мірі конструкція вже достатньо надійна, якщо витримує зливу 10% забезпеченості. Зливи більш високої забезпеченості можна використовувати для визначення ефективності агротехнічних протиерозійних заходів. Але, на нашу думку, протиерозійна агротехніка не має достатньої інженерної надійності і може відігравати лише додаткову роль. Про надійність протиерозійного захисту, як інженерної споруди, можна говорити за умови її функціонування при випадінні зливи 1%-ої забезпеченості. Досягти надійності, що забезпечує безаварійну роботу конструкції, можливо, як правило, за кілька етапів.

Одержано плювіограми “типових” злив різної імовірності перебільшення для 13 регіонів зливної небезпеки України за значеннями  $K_{ГМ}$ . Коректність такого шляху визначення прямих фізично обумовлених параметрів злив на підставі непрямого параметру  $K_{ГМ}$  потребує додаткової перевірки. Можливість такої перевірки впливає з теорії порядкової статистики, яка свідчить: якщо криві квантилів не перетинаються, то це і є певною характеристикою однорідності об'єкту, який досліджується. В нашому випадку цей об'єкт - регіон.

У такому разі можна констатувати, що дійсно визначені однорідні за зливною небезпекою регіони. Навіть візуальний аналіз квантилів, що наведені в таблиці 12.2 для будь-якого визначеного регіону чітко вказують на відсутність такого перетинання.

Таблиця 12.1

**Параметри і форми кривих „типових” злив різноманітної ймовірності перевищення (%)**

№ регіону на карто- схемі	Розрахункова формула	I <sub>max</sub> , мм/хв							T <sub>max</sub> , мм/хв						
		1%	5%	10%	20%	30%	40%	50%	1%	5%	10%	20%	30%	40%	50%
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>12</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>16</i>
<b>1</b>	$i_t = \frac{1,03 \times i_{\max} \times \frac{t_k}{T_{\max}}}{\left(\frac{t_k}{T_{\max}}\right)^2 + 0,28}$	<b>5.00</b>	<b>2.45</b>	<b>1.80</b>	<b>1.60</b>	<b>1.10</b>	<b>0.85</b>	<b>0.70</b>	<b>82</b>	<b>50</b>	<b>38</b>	<b>24</b>	<b>19</b>	<b>17</b>	<b>15</b>
<b>1a</b>	$i_t = i_{\max} - i_{\max} \times e^{\frac{-1,1t_k}{t_{\max}}}$	<b>6.00</b>	<b>2.50</b>	<b>1.70</b>	<b>1.50</b>	<b>1.20</b>	<b>1.12</b>	<b>0.95</b>	<b>110</b>	<b>80</b>	<b>50</b>	<b>30</b>	<b>27</b>	<b>23</b>	<b>19</b>
<b>2a</b>	$i_t = i_{\max} - i_{\max} \times e^{\frac{-5,2t_k}{t_{\max}}}$	<b>3.50</b>	<b>2.20</b>	<b>1.60</b>	<b>1.00</b>	<b>0.90</b>	<b>0.78</b>	<b>0.70</b>	<b>50</b>	<b>33</b>	<b>28</b>	<b>24</b>	<b>21</b>	<b>18</b>	<b>15</b>
<b>2b</b>	$i_t = \frac{1,05 \times \frac{t_k}{t_{\max}} \times i_{\max}}{\left(\frac{t}{t_{\max}}\right)^2 + 9,30}$	<b>2.70</b>	<b>1.70</b>	<b>1.40</b>	<b>1.06</b>	<b>0.92</b>	<b>0.74</b>	<b>0.66</b>	<b>90</b>	<b>45</b>	<b>30</b>	<b>24</b>	<b>22</b>	<b>20</b>	<b>18</b>
<b>2c</b>	$i_t = \frac{1,32 \times i_{\max} \times \frac{t_k}{t_{\max}}}{\left(\frac{t}{t_{\max}}\right)^2 + 0,43}$	<b>3.00</b>	<b>1.55</b>	<b>1.29</b>	<b>1.15</b>	<b>1.00</b>	<b>0.85</b>	<b>0.68</b>	<b>80</b>	<b>55</b>	<b>33</b>	<b>28</b>	<b>24</b>	<b>17</b>	<b>15</b>
<b>2d</b>	$i_t = \frac{1,11 \times i_{\max} \times \frac{t}{t_{\max}}}{\left(\frac{t}{t_{\max}}\right)^2 + 0,31}$	<b>4.00</b>	<b>2.90</b>	<b>1.50</b>	<b>1.16</b>	<b>1.00</b>	<b>0.87</b>	<b>0.80</b>	<b>50</b>	<b>40</b>	<b>35</b>	<b>30</b>	<b>25</b>	<b>20</b>	<b>15</b>

<b>2e</b>	$i_t = i_{\max} - i_{\max} \times e^{\frac{-3,0t}{t_{\max}}}$	<b>6.00</b>	<b>2.90</b>	<b>2.50</b>	<b>1.60</b>	<b>1.21</b>	<b>1.08</b>	<b>1.00</b>	<b>45</b>	<b>38</b>	<b>30</b>	<b>25</b>	<b>22</b>	<b>19</b>	<b>15</b>
<b>2f</b>	$i_t = i_{\max} - i_{\max} \times e^{\frac{-3,0t}{t_{\max}}}$	<b>5.50</b>	<b>3.00</b>	<b>2.00</b>	<b>1.70</b>	<b>1.53</b>	<b>0.93</b>	<b>0.85</b>	<b>100</b>	<b>60</b>	<b>35</b>	<b>26</b>	<b>22</b>	<b>20</b>	<b>18</b>
<b>2g</b>	$i_t = i_{\max} - i_{\max} \times e^{\frac{-3,9t}{t_{\max}}}$	<b>3.80</b>	<b>1.90</b>	<b>1.10</b>	<b>1.02</b>	<b>0.95</b>	<b>0.74</b>	<b>0.65</b>	<b>60</b>	<b>40</b>	<b>33</b>	<b>25</b>	<b>20</b>	<b>17</b>	<b>14</b>
<b>3a</b>	$i_t = i_{\max} - i_{\max} \times e^{\frac{-3,0t}{t_{\max}}}$	<b>2.8</b>	<b>2.1</b>	<b>1.7</b>	<b>1.5</b>	<b>1.00</b>	<b>0.90</b>	<b>0.70</b>	<b>100</b>	<b>80</b>	<b>55</b>	<b>33</b>	<b>24</b>	<b>18</b>	<b>16</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>
<b>3b</b>	$i_t = i_{\max} - i_{\max} \times e^{\frac{-2,7t}{t_{\max}}}$	<b>2.7</b>	<b>2.05</b>	<b>1.85</b>	<b>1.65</b>	<b>1.21</b>	<b>0.83</b>	<b>0.75</b>	<b>60</b>	<b>35</b>	<b>31</b>	<b>26</b>	<b>22</b>	<b>20</b>	<b>18</b>
<b>3c</b>	$i_t = i_{\max} - i_{\max} \times e^{\frac{-2,8t}{t_{\max}}}$	<b>3.0</b>	<b>1.55</b>	<b>1.11</b>	<b>1.05</b>	<b>0.92</b>	<b>0.85</b>	<b>0.60</b>	<b>50</b>	<b>32</b>	<b>27</b>	<b>23</b>	<b>20</b>	<b>17</b>	<b>14</b>
<b>3d</b>	$i_t = i_{\max} - i_{\max} \times e^{\frac{-6,0t}{t_{\max}}}$	<b>2.9</b>	<b>2.00</b>	<b>1.53</b>	<b>1.06</b>	<b>0.95</b>	<b>0.70</b>	<b>0.60</b>	<b>60</b>	<b>40</b>	<b>36</b>	<b>23</b>	<b>21</b>	<b>18</b>	<b>10</b>

\*Примітка  $I_t$ – інтенсивність зливи в певний момент часу, мм/хв;

$I_{\max}$  – максимальна інтенсивність зливи, мм/хв;

$T_{\max}$ - максимальна тривалість, хв;

Таблиця 12.2

**Плювіограми типових злив різноманітної забезпеченості по регіонах**

Плювіограма № 1 (регіон - 1а)

<b>I<sub>max</sub></b>	<b>T<sub>max</sub></b>	<b>0,1T<sub>m</sub></b>	<b>0,2T<sub>m</sub></b>	<b>0,3T<sub>m</sub></b>	<b>0,4T<sub>m</sub></b>	<b>0,5T<sub>m</sub></b>	<b>0,6T<sub>m</sub></b>	<b>0,7T<sub>m</sub></b>	<b>0,8T<sub>m</sub></b>	<b>0,9T<sub>m</sub></b>	<b>T<sub>m</sub></b>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5,00	82,00	1,78	3,22	4,18	4,68	4,86	4,83	4,68	4,48	4,25	4,02
2,45	50,00	0,87	1,58	2,05	2,29	2,38	2,37	2,29	2,19	2,08	1,97
1,80	38,00	0,64	1,16	1,50	1,69	1,75	1,74	1,69	1,61	1,53	1,45
1,60	24,00	0,57	1,03	1,34	1,50	1,55	1,55	1,50	1,43	1,36	1,29
1,10	19,00	0,39	0,71	0,92	1,03	1,07	1,06	1,03	0,99	0,94	0,89
0,85	17,00	0,30	0,55	0,71	0,80	0,83	0,82	0,80	0,76	0,72	0,68
0,70	15,00	0,25	0,45	0,58	0,66	0,68	0,68	0,66	0,63	0,60	0,56

Плювіограма № 2 (регіон - 1 б)

<b>I<sub>max</sub></b>	<b>T<sub>max</sub></b>	<b>0,1T<sub>m</sub></b>	<b>0,2T<sub>m</sub></b>	<b>0,3T<sub>m</sub></b>	<b>0,4T<sub>m</sub></b>	<b>0,5T<sub>m</sub></b>	<b>0,6T<sub>m</sub></b>	<b>0,7T<sub>m</sub></b>	<b>0,8T<sub>m</sub></b>	<b>0,9T<sub>m</sub></b>	<b>T<sub>m</sub></b>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6,00	110,00	3,22	4,71	5,40	5,72	5,87	5,94	5,97	5,99	5,99	6,00
2,50	80,00	1,34	1,96	2,25	2,39	2,45	2,48	2,49	2,49	2,50	2,50
1,70	50,00	0,91	1,34	1,53	1,62	1,66	1,68	1,69	1,70	1,70	1,70
1,50	30,00	0,81	1,18	1,35	1,43	1,47	1,49	1,49	1,50	1,50	1,50
1,20	27,00	0,64	0,94	1,08	1,14	1,17	1,19	1,19	1,20	1,20	1,20
1,12	23,00	0,60	0,88	1,01	1,07	1,10	1,11	1,11	1,12	1,12	1,12
0,95	19,00	0,51	0,75	0,86	0,91	0,93	0,94	0,95	0,95	0,95	0,95

Плювіограма № 3 (регіон - 2а)

<b>I<sub>max</sub></b>	<b>T<sub>max</sub></b>	<b>0,1T<sub>m</sub></b>	<b>0,2T<sub>m</sub></b>	<b>0,3T<sub>m</sub></b>	<b>0,4T<sub>m</sub></b>	<b>0,5T<sub>m</sub></b>	<b>0,6T<sub>m</sub></b>	<b>0,7T<sub>m</sub></b>	<b>0,8T<sub>m</sub></b>	<b>0,9T<sub>m</sub></b>	<b>T<sub>m</sub></b>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3,50	50,00	1,42	2,26	2,76	3,06	3,24	3,35	3,41	3,45	3,47	3,48
2,20	33,00	0,89	1,42	1,74	1,93	2,04	2,10	2,14	2,17	2,18	2,19
1,60	28,00	0,65	1,03	1,26	1,40	1,48	1,53	1,56	1,58	1,59	1,59
1,00	24,00	0,41	0,65	0,79	0,88	0,93	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99
0,90	21,00	0,36	0,58	0,71	0,79	0,83	0,86	0,88	0,89	0,89	0,90
0,78	18,00	0,32	0,50	0,62	0,68	0,72	0,75	0,76	0,77	0,77	0,78
0,70	15,00	0,28	0,45	0,55	0,61	0,65	0,67	0,68	0,69	0,69	0,70

Плювіограма № 4 (регіон - 2 б)

<b>I<sub>max</sub></b>	<b>T<sub>max</sub></b>	<b>0,1T<sub>m</sub></b>	<b>0,2T<sub>m</sub></b>	<b>0,3T<sub>m</sub></b>	<b>0,4T<sub>m</sub></b>	<b>0,5T<sub>m</sub></b>	<b>0,6T<sub>m</sub></b>	<b>0,7T<sub>m</sub></b>	<b>0,8T<sub>m</sub></b>	<b>0,9T<sub>m</sub></b>	<b>T<sub>m</sub></b>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2,70	90,00	0,95	1,73	2,26	2,56	2,68	2,68	2,61	2,50	2,39	2,26
1,70	45,00	0,60	1,09	1,43	1,61	1,68	1,68	1,64	1,58	1,50	1,43
1,40	30,00	0,49	0,90	1,17	1,33	1,39	1,39	1,35	1,30	1,24	1,17
1,06	24,00	0,37	0,68	0,89	1,00	1,05	1,05	1,02	0,98	0,94	0,89
0,92	22,00	0,32	0,59	0,77	0,87	0,91	0,91	0,89	0,85	0,81	0,77
0,74	20,00	0,26	0,47	0,62	0,70	0,73	0,73	0,71	0,69	0,65	0,62
0,66	18,00	0,23	0,42	0,55	0,63	0,65	0,65	0,64	0,61	0,58	0,55

Плювіограма № 5 (регіон - 2 с)

<b>I<sub>max</sub></b>	<b>T<sub>max</sub></b>	<b>0,1T<sub>m</sub></b>	<b>0,2T<sub>m</sub></b>	<b>0,3T<sub>m</sub></b>	<b>0,4T<sub>m</sub></b>	<b>0,5T<sub>m</sub></b>	<b>0,6T<sub>m</sub></b>	<b>0,7T<sub>m</sub></b>	<b>0,8T<sub>m</sub></b>	<b>0,9T<sub>m</sub></b>	<b>T<sub>m</sub></b>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3,00	80,00	0,90	1,69	2,28	2,68	2,91	3,01	3,01	2,96	2,87	2,77
1,55	55,00	0,46	0,87	1,18	1,39	1,50	1,55	1,56	1,53	1,48	1,43
1,29	33,00	0,39	0,72	0,98	1,15	1,25	1,29	1,30	1,27	1,24	1,19
1,15	28,00	0,34	0,65	0,88	1,03	1,12	1,15	1,15	1,13	1,10	1,06
1,00	24,00	0,30	0,56	0,76	0,89	0,97	1,00	1,00	0,99	0,96	0,92
0,85	17,00	0,26	0,48	0,65	0,76	0,83	0,85	0,85	0,84	0,81	0,78
0,68	15,00	0,20	0,38	0,52	0,61	0,66	0,68	0,68	0,67	0,65	0,63

Плювіограма № 6 (регіон - 2 д)

<b>I<sub>max</sub></b>	<b>T<sub>max</sub></b>	<b>0,1T<sub>m</sub></b>	<b>0,2T<sub>m</sub></b>	<b>0,3T<sub>m</sub></b>	<b>0,4T<sub>m</sub></b>	<b>0,5T<sub>m</sub></b>	<b>0,6T<sub>m</sub></b>	<b>0,7T<sub>m</sub></b>	<b>0,8T<sub>m</sub></b>	<b>0,9T<sub>m</sub></b>	<b>T<sub>m</sub></b>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4,00	50,00	1,39	2,54	3,33	3,78	3,96	3,98	3,88	3,74	3,57	3,39
2,90	40,00	1,01	1,84	2,41	2,74	2,87	2,88	2,82	2,71	2,59	2,46
1,50	35,00	0,52	0,95	1,25	1,42	1,49	1,49	1,46	1,40	1,34	1,27
1,16	30,00	0,40	0,74	0,97	1,10	1,15	1,15	1,13	1,08	1,03	0,98
1,00	25,00	0,35	0,63	0,83	0,94	0,99	0,99	0,97	0,93	0,89	0,85
0,87	20,00	0,30	0,55	0,72	0,82	0,86	0,86	0,84	0,81	0,78	0,74
1,80	15,00	0,28	0,51	0,67	0,76	0,79	0,80	0,78	0,75	0,71	0,68

## 12.2. Алгоритм спрощеного напівекспертного методу проектування на підставі формули О.М. Костякова

О.М.Костяков (1960) опрацював формулу, за якою визначають витрату води ( $p$ ) при поливі по смугах, щоб не спостерігалось розмиву ґрунту:

$$p \leq \frac{b \cdot V_{\Delta}^2}{C}$$

де:  $b$  - ширина смуги, м;  $V_{\Delta}$  - донна нерозмиваюча швидкість течії води при поливі, м/с;  $C$  - коефіцієнт Шезі.

Формула дає можливість визначити довжину схилу ( $Z$ ), де відсутній розмив ґрунту. Якщо  $I$  - максимальна інтенсивність зливи, мм/хв.,  $\sigma$  - коефіцієнт стоку, то при  $b=1$  м  $p=Z \times I \times \sigma$ ;

$$C = \frac{R^{0,17}}{n_0},$$

де:  $R$  - гідравлічний радіус, м; (для мілких ривчаків при так званій площинній ерозії можна прийняти, що він дорівнює 0,05 м – це випадки, коли немає даних натурних спостережень);  $n_0$  - коефіцієнт шорсткості

$$n_0 = \frac{(0,7\bar{d})^{0,17}}{22,2} \text{ (Мірцхулава, 1970),}$$

де  $\bar{d}$  - середньозважений діаметр водотривких агрегатів

Одержуємо:

$$Z \cdot \sigma \cdot I = \frac{V_{\Delta} \cdot (0,7\bar{d})^{0,17}}{22,2R}$$

Нерозмиваючу швидкість доцільно визначати за величиною розмиваючої швидкості, яка має більш надійне фізичне значення:  $V_p=1,41V_{\Delta}$  (Кузнєцов, 1981). Остання визначається за формулою М.С. Кузнєцова (1981). В.М. Івонін (1982) пропонує цю формулу доповнити двома коефіцієнтами:  $K_m$  - коефіцієнт меліоративного впливу

лісових смуг ( $K_m=1,07$ ) і  $K_\phi$  - коефіцієнт форми схилу (для опуклого, прямого і ввігнутого відповідно дорівнює 1,25; 1,00; 0,75).

Тоді:

$$Z = \frac{V_p^2 \cdot (0,7\bar{d})^{0,17} \cdot K_m \cdot P_x}{43,51 \cdot I \cdot \sigma \cdot R^{0,17} \cdot K_\phi}$$

де  $P_x$  - показник протиерозійної ефективності агрофону чи заходи відносно чистого пару (табл. 12.3).

Формула дає змогу визначити ширину робочих ділянок агроландшафту, тобто допустиму довжину лінії стоку (схилу) при застосуванні конкретної агротехніки і в певному регіоні (рис. 12.1).

Значення величини  $\bar{d}$  наведені в таблиці 12.4.

Таблиця 12.3

**Коефіцієнти ґрунтозахисної ефективності різних протиерозійних заходів і агрофонів відносно чистого пару**

№ п/п	Агротехнічні фактори	Коефіцієнти ґрунтозахисної ефективності
1	Оголена поверхня ґрунту – чистий пар	1
2	Просапні культури при посіві за горизонталями	1,6
3	Ярі зернові	4
4	Озимі зернові	5
5	Однорічні трави	10
6	Багаторічні трави	20
7	Стерня озимих зернових	3
8	Стерня злаково-бобової суміші	2,5
9	Стерня гороху	1,6
10	Щілювання на глибину до 60 см за схемою (1+5 м)	2
11	Буферні смуги на пару шириною 7,2 м через 50-60 м з щілюванням по краях	3
12	Щілювання по слідах коліс трактора з одночасним підгортанням рослин у рядках при міжсмуговому обробітку просапних культур	2
13	Ґрунтоуглиблення на 10-15 см при полицевій оранці ґрунту ґрунтопоглиблюючими лапами, які встановлені через один корпус	2
14	Глибокий безполицевий основний обробіток	2

Таблиця 12.4

**Середньозважений діаметр (d) водостійких агрегатів та  
потужність гумусового горизонту (H) основних ґрунтів України**

Шифр ґрунту за картою	Номенклатурна назва ґрунту	d, мм	H, см
1	Дерново-слабопідзолисті піщані ті глинисто-піщані	0,2	18
2	Дерново-середньопідзолисті супіщані	0,2	20
3	Дерново-слабопідзолисті оглеєнні піщані і глинисто-піщані	0,2	27
4	Дерново-середньопідзолисті оглеєнні супіщані	0,2	15
6	світло-сірі і сірі опідзолені	0,3	22
7	Темно-сірі	0,4	37
8	Чорноземи опідзолені	0,4	41
10	Чорноземи реградовані	0,6	40
11	Чорноземи потужні мало гумусні і слабогумусовані	0,6	41
12	Чорноземи потужні середньогумусовані	0,8	43
13	Чорноземи звичайні мало- і середньогумусовані	0,7	48
14	Чорноземи звичайні середньогумусовані глибокі	0,6	46
15	Чорноземи звичайні малогумусовані	0,5	40
16	Чорноземи звичайні малогумусовані неглибокі	0,3	22
17	Чорноземи південні мало гумусні і слабогумусовані	0,3	30
18	Чорноземи переважно солонцюваті на важких глинах	0,2	30
18a	Чорноземи на важких глинах	0,3	30
19	Чорноземи і дернові щербеністі ґрунти на елювії щільних не карбонатних порід	0,3	20
20	Чорноземи і дернові карбонатні ґрунти на елювії карбонатних порід	0,3	23
21	Чорноземи потужні залишково-солонцюваті	0,3	23
22	Чорноземи південні залишково-солонцюваті	0,3	30
23	Лучно-чорноземні	0,6	45
24	Лучно-чорноземні поверхнево солонцюваті	0,5	27
25	Лучно-чорноземні глибоко солонцюваті	0,5	45
26	Темно-каштанові залишково солонцюваті	0,3	31
28	Каштанові солонцюваті	0,3	17
29	Лучні	0,7	43
30	Лучні солонцюваті	0,7	50
31	Лучно-болотні ті болотні	0,3	26
32	Торф'яно-болотні ті торфовища низинні	0,2	18
33	Солонці	0,2	15
34	Лучно-чорноземні і дернові осолоділі глеєві ґрунти і солоди	0,2	10
35	Дернові переважно оглеєнні піщані, глинисто-піщані і супіщані в комплексі із слабогумусованими пісками	0,2	15
		0,2	15
35a	Дернові піщані і глинисто піщані	0,2	15

Наведемо конкретний приклад використання формули за таких припущень: ґрунт - чорнозем звичайний середньогумусний; агрофон - чистий пар; схил - прямий крутістю  $4^{\circ}$ . Ділянка розташована в Донецькій області, де максимальна інтенсивність зливи дорівнює 3 мм/хв. (табл. 12.1).  $V_p$  дорівнює 0,15 м/с;  $\bar{d}=0,0007$  м;  $\sigma=0,4$ ;  $R=0,05$  м;  $K_m=1$ ;  $I=0,00005$  м/с (3 мм/хв.);  $Z$  (при  $P_x=1$ ) дорівнює 13 м, що підтверджується даними досліджень ерозії методом стокових майданчиків. Ширина робочої ділянки агроландшафту обмежена однорядними дерево-чагарниковими смугами, відстань між якими не може перевищувати 10-15h (височин дерев). Для Донецької області - це біля 200 м (Булигін, Бураков, 1993). З економічного і технологічного боків мінімальна відстань між земельними ГТС в середині робочої ділянки дорівнює 50 м, тобто довжина лінії стоку не може бути меншою. З урахуванням розрахованого значення  $Z$ , яке дорівнює 13 м можна визначити необхідне навантаження ґрунтоохоронних агротехнічних заходів, які в умовах упорядкованого заходами постійної дії агроландшафту забезпечують захист ґрунту від ерозії. Наприклад, застосування безполіцевої технології і пізньоосіннього щілювання (табл. 12.3) дає змогу довести підсумкове значення  $P_x$  до 6 ( $P_x=2 \times 3$ ), що надає можливість запроектувати  $Z$ , яка дорівнює  $13 \times 6 = 78$  м. Такі розрахунки проводять для кожної робочої ділянки. Довжина лінії стоку, тобто відстань між ГТС, зумовлює значення  $Z$ . Отже, наведено алгоритм спрощеного методу проектування протиерозійного упорядкування агроландшафтів на підставі формули О.М.Костякова. Важливим моментом є визначення гранично допустимої довжини лінії стоку в конкретних ґрунтово-кліматичних, геоморфологічних і землеробських умовах.

Про фактичні і допустимі втрати ґрунту при цьому не йдеться. Тобто, цей метод має право на існування і може широко застосовуватися.

Особливо він актуальний при нестачі кваліфікованих спеціалістів, які зобов'язані розробляти подібні проекти.

### **12.3. Особливості використання гідромеханічної моделі ерозії з метою проектування протиерозійного захисту агроландшафтів**

Гідромеханічна модель Ц.Є. Мірцхулави досить повно представлена в попередніх розділах. Крім того, повний алгоритм її використання наведений в окремих методичних вказівках (Булигін, 2004). Тому торкнемося лише найбільш важливих аспектів її практичного використання. Модель може виконувати у повному обсязі функції розрахункового інструменту проектування у відповідності з концептуальними моделями блоків протиерозійного захисту агроландшафтів. На її основі розраховують прогнозне значення змиву ґрунту з певною імовірністю перебільшення залежно від забезпеченості факторів ерозії.

Інженерне конструювання ґрунтоохоронного агроландшафту вимагає наявності нормативів допустимих втрат ґрунту, виконання яких могла б гарантувати конструкція, яку створюють. Проблема характеризується значною науково-теоретичною складністю і, на жаль, ще далека від свого задовільного розв'язання. Проте вже є деякі результати наукових досліджень, які можна використовувати як нормативи. Як одну з перших публікацій, що присвячені проблемі допустимих втрат ґрунту (ДВГ), слід назвати роботу Бельгібаєва, Долгілевича (1970). Автори рекомендують прийняти для чорноземів такий показник, як швидкість ґрунтоутворювального процесу, який дорівнює 0,28 мм/рік. М.К.Шикула, О.Г.Рожков, П.С.Трегубов (1974) вважають, що термін оновлення

гумусового горизонту Н дорівнює 1000 років. За даними департаменту сільськогосподарських технічних служб ПАР ДВГ дорівнюють 0,2% від потужності ґрунтів. В США ДВГ рекомендується визначати за формулою Скідмора (1979):

$$T = T_1 + \frac{1}{2}(T_2 - T_1) + \frac{1}{2}(T_2 - T_1) \cdot \cos \left[ \frac{\Pi(Z_2 - Z_1)}{Z_2 - Z_1} \right],$$

де:  $T_1$  - нижня межа ДВГ;  $T_2$  - верхня межа ДВГ (швидкість ґрунтоутворення);  $Z_1$ ,  $Z_2$  і  $Z$  - відповідно мінімальна, оптимальна і наявна потужність ґрунту.

У нашій літературі цей розрахунковий метод був представлений Ф.М.Лісецьким (1988), який розробив оригінальну теорію ґрунтоутворення і гумусонакопичення для Східноєвропейської рівнини (Лісецький, 1994). Але є в цій теорії певні недоліки. По-перше, це стосується спроби визначити оптимальну потужність гумусового горизонту на підставі статистичної обробки даних щодо врожайності сільськогосподарських культур і, відповідно, обробітку ґрунту. Це суперечить безсумнівному факту, що врожайність сільськогосподарських культур перш за все є функцією культури землеробства. Тому думка про припустимість зменшення потужності ґрунту до якогось “оптимального” рівня є помилковою. Крім того, автор не враховує вплив материнської породи, що не відповідає законам ґрунтознавства. На підставі основних рівнянь і положень Ф.М.Лісецького С.Г.Чорний (1997) зробив спробу розрахувати ДВГ з урахуванням конкретного ландшафтного положення ґрунту і його господарського використання. При цьому, означені вище недоліки не тільки не усуваються, а й значно підсилюються.

Таким чином, вести мову про теоретичне розв'язання проблеми визначення швидкості ґрунтоутворення ще не має підстав. Тому поки що можна вважати припустимим у якості нормативу ДВГ використовувати величину, яка дорівнює 0,1% потужності верхнього гумусового акумулятивного горизонту Н нееродованих ґрунтів (Булигін, 1993) (табл. 12.4).

У гідромеханічній моделі, як і у випадку адаптованого нами для цілей проектування протиерозійного захисту рівняння О.М.Костякова, параметром ерозійної стійкості може бути величина донної розмиваючої швидкості, яка є функцією водотривкості ґрунтових агрегатів. Проектування протиерозійного захисту на підставі гідромеханічної моделі ерозії вже можна розглядати як інженерний процес, який являє собою розрахунок конструкції на певну ступінь надійності безаварійної роботи. Тому параметри ерозійної стійкості ґрунтів також повинні мати імовірнісну оцінку. Складність полягає в тому, що ці параметри, наприклад, величина  $\bar{d}$ , мають як просторову варіабельність, так і істотну сезонну динаміку.

У зв'язку з цим, на стадії передпроектного обстеження необхідні дані щодо значення  $\bar{d}$  ґрунтів саме для території, яку протиерозійно упорядковують. Невиконання даної умови призводить до грубих помилок при проектуванні протиерозійної конструкції. Тому визначення закономірностей часової динаміки, просторової варіабельності і природи формування параметрів, що визначають ерозійну стійкість ґрунтів, набуває значної наукової цінності і практичного значення. Повнооб'ємне розв'язання цього завдання у даний час ще не можливе. Але певні результати вже є. Нами виявлено, що для чорноземних ґрунтів важкого гранулометричного складу, як правило, мінімальні значення показників

ерозійної стійкості спостерігаються наприкінці зими. Існують припущення, що подальші спостереження визначать складність вказаного питання.

Важливу роль відіграють особливості режиму погоди, які будуть по-різному впливати на генетично відмінні ґрунти. Але вже є усі підстави для гіпотези, що найбільш оптимальним сезоном відбору зразків ґрунту для аналітичного визначення параметрів ерозійної стійкості ґрунтів може бути зима. В контексті організації передпроектного обстеження території, яку упорядковують - це досить позитивний момент.

### **Контрольні запитання**

1. Екологічна і агроекономічна неслухняність “прямокутного” устрою землекористування.
2. Імовірнісна оцінка злив для цілей конструювання протиерозійного захисту ґрунтів України.
3. Плювіограми типових злив різноманітної забезпеченості за регіонами.
4. Алгоритм спрощеного полоекспертного методу проектування на підставі формули О.М. Костякова.
5. Особливості використання гідромеханічної моделі ерозії з метою проектування протиерозійного захисту агроландшафтів.
6. Коефіцієнти ґрунтозахисної ефективності різних протиерозійних заходів і агрофонів відносно чистого пару.
7. Середньозважений діаметр ( $d$ ) водостійких агрегатів та потужність гумусового горизонту ( $H$ ) основних ґрунтів України.

## **ГЛАВА 13. ДЕЯКІ ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ ФОРМУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО БЛОКУ ЕКОЛОГІЧНО ЗБАЛАНСОВАНИХ АГРОЛАНДШАФТІВ**

Технологічний блок є важливою складовою частиною екологічно збалансованого агроландшафту. Його завдання - максимальне використання переваг агроландшафтного упорядкування сільськогосподарських угідь для одержання конкретної продукції без будь-якого погіршення стану ґрунтового покриву та довкілля. Тому для інженерного проектування конструкції екологічно збалансованого агроландшафту необхідно мати алгоритм кількісних оцінок ґрунтоохоронної ефективності протиерозійних агротехнічних заходів. Насамперед потрібно розробити систему кількісних критеріїв, оскільки будь-яке обґрунтування агротехнічного ґрунтоохоронного заходу повинне базуватися на об'єктивних даних щодо ерозійної стійкості ґрунтів.

### **13.1. Кількісний критерій імовірнісної оцінки протиерозійної ефективності окремих операцій і технологій обробітку ґрунту**

За останні роки видано значну кількість наукових праць, присвячених питанням ґрунтоохоронної ефективності агротехнічних заходів. Часто-густо наводяться дані і робляться висновки відносно ефективності заходів аналогічної дії, які вступають у протиріччя одне з одним. Тут слід пригадати гостру дискусію про так званий “Полтавський експеримент”, яка закінчилася тим, що опоненти лишилися кожен при своїй думці. Причина полягає в тому, що правильну оцінку ґрунтоохоронної і агроекологічної ефективності землеробських технологій

можна дати лише після глибокого дослідження параметрів і режимів ґрунтового тіла і означення ґрунтово-екологічних критеріїв оцінки діяльності землеробця.

Один з таких критеріїв, а саме критерій протиерозійної сталості опрацьований нами (Булигін, 1990):

$$P_x = \frac{\left[ 10\bar{d} \left( 1 - \frac{P}{100} \right) + 1,25C_y^h \right] \cdot B^{0,6}}{n_0^{0,6}},$$

де:  $B$  - водопроникність ґрунту (мм/хв.), яка визначається методом Нестерова;  $C_y^h$  - зв'язаність агрегатів за Цитовичем, т/м<sup>2</sup>;  $\bar{d}$  - середньозважений діаметр водотривких агрегатів, мм;  $P$  - шпаруватість агрегатів, %;  $n_0$  - коефіцієнт шорсткості.

Критерій  $P_x$  дає змогу оцінити ерозійну стійкість ґрунтів в заданий момент часу, для чого достатньо визначити всі величини, які входять до цього рівняння.

Для деяких практичних цілей іноді необхідна і така “миттєва” кількісна оцінка впливу на ерозійну стійкість ґрунтів агротехнічних заходів чи технологій обробітку. Але всі ці величини мають дуже високу динамічність у часі і така оцінка може бути помилковою. Тому ці розрахунки не можуть бути покладені в основу вирішення завдань щодо визначення найбільш ефективних технологій обробітку ґрунту. Потрібна імовірнісна оцінка. За правилом розрахунку на найгірший випадок збігу факторів ерозії необхідно знати, як мінімум, значення нижніх децилів всіх параметрів вищевказаної формули. У такому разі параметр  $P_x$  буде характеризувати ерозійну стійкість ґрунту з імовірністю 10-го рівня

перебільшення і його можна використовувати для базової оцінки при виборі технології обробітку чи окремих її операцій.

Проілюструємо це на конкретному прикладі. Для цього наведемо результати досліджень, одержані в стаціонарному польовому досліді на Донецькій дослідній станції Інституту ґрунтознавства та агрохімії. Ґрунт - чорнозем звичайний малогумусний важкосуглинковий на лесовидних суглинках. У досліді регулярно визначалась ерозійна стійкість ( $R_x$ ) відносно стійкості ґрунтових зразків з непорушеним складенням до розмиву горизонтальної цівки води за Бастраковим. Величини  $V$  і  $\bar{d}$  визначались за три періоди сільськогосподарського року: восени після основного обробітку, навесні до першої культивуації і влітку перед збиранням культур. Величину  $C_y^h$  М.С. Кузнецов (1988) вслід за Ц.Є. Мірцхулавою (1980) пропонують визначати через гідравлічну зв'язність  $C_{гз}$ .

Основні параметри установки, на якій обчислювали величину  $R_x$  (в ньютонах):  $d=2,5$  мм; потужність цівки ( $N$ )=1 Вт; тиск ( $P$ )=0,32 кг/см<sup>2</sup>.

$$\text{Тоді: } U = \frac{N}{P} = \frac{1}{F} ; \quad F=P \cdot S=0,32 \cdot 10^5 \text{ н/м}^2 \approx 0,16 \text{ н}$$

Гідравлічну зв'язність визначають за формулою:

$$C_{гз} = 16 \cdot \left( \frac{U \cdot d \cdot R_x}{1 + 20R_x \cdot d} \right)^2$$

В таблиці 13.1 наведено значення  $R_x$  10%-ої забезпеченості, які одержані після 3-х річних досліджень і оброблені методами порядкової статистики. Кращі показники має поверхнева технологія. Величина  $R_x$  зразків з непорушеним складенням відображає не тільки зв'язність ґрунтових агрегатів один з одним та їх рівень водотривкості, але і з'єднуючу дію корневих систем рослин і міцелярних форм

мікроорганізмів. Тобто визначення  $C_y^h$  через  $R_{xдає}$  змогу позбутися емпіричних показників, які запропоновані М.С. Кузнецовим (1981) і ураховують дію коренів та щільності.

Таблиця 13.1

**Ерозійна стійкість ґрунту за Г.В.Бастраковим з непорушеним складенням 10%-ної забезпеченості, ньютон (прошарок ґрунту 0-20 см)**

<b>Варіант дослідю</b>	<b>Осінь</b>	<b>Весна</b>	<b>Літо</b>
1. Полицева технологія	50	1749	83
2. Плоскорізна технологія	245	3312	3298
3. Щілинна технологія	63	1818	2596
4. Поверхнева технологія	132	5151	2894
5. Цілина	6480	6480	6480
НП <sub>0,5</sub>	50	1647	1257

Велике значення у формуванні поверхневого стоку і структури водного балансу території у межах ґрунтового-кліматичної зони має стан ґрунтового покриву. Найважливіше місце при цьому належить фільтруючим властивостям ґрунтів, які значно різняться генезисом і гранулометричним складом ґрунтів, господарською діяльністю та агрофоном. Відомо, що серед водно-фізичних властивостей ґрунту водопроникність характеризується найбільшою просторовою варіабельністю і часовою динамічністю (Болдирев, Ільїн, 1975). Найбільше впливає на водопроникність ґрунту господарська діяльність людини. Так, розмах величини водопроникності одного і того ж типу ґрунту під різними угіддями істотно перебільшує цей розмах для різних типів ґрунтів на одному угідді (Назаров, 1981).

За нашими даними, залежно від погодних умов одна і та сама технологія обробітку ґрунту може як збільшити водопроникність, так і

зменшити її. Наприклад, технологія з полицевою оранкою під кукурудзу на силос влітку забезпечила найвищий рівень водопроникності, а під соняшник - найменшу.

Методи порядкової статистики дають можливість науково обґрунтувати вплив технологій обробітку на водопроникність ґрунту. Результати такої інтерпретації наведено в таблиці 13.2. Найбільший розмах параметрів водопроникності, особливо весною, характерний для полиневої та плоскорізної технологій. У цілому це негативний факт, оскільки прогноз на майбутнє може бути помилковим. У цьому відношенні поверхнева технологія, яка забезпечує стабільність водопроникності на протязі року, має певні переваги. І останнє - у нашому випадку менш важливим є те, що полицева технологія може весною за 3 години забезпечити водотривкість в середньому до 340 мм/год. Більш важливо, що при застосуванні цієї технології водотривкість весною може дорівнювати 60 мм/год. На цей показник і потрібно орієнтуватися при проведенні розрахунків. Таким чином, якщо за головний критерій оцінки водопроникності прийняти значення нижнього дециля, то порівняно з іншими варіантами контроль найгірший в ерозійно небезпечні періоди. Безполицеві технології забезпечують приблизно однакові значення водопроникності весною і влітку.

Водотривкість структурних агрегатів - теж високо динамічний параметр ґрунту. Але зміна водотривкості відбувається в певному діапазоні, який визначається генезисом ґрунтів і культурою землеробства. Для оцінки ерозійної небезпеки використовують величину нижнього дециля  $\bar{d}$  (табл. 13.3).

Одержано необхідні параметри для формули з метою визначення критерію  $R_x$ . Це дало змогу з варіантів технологій обробітку ґрунту, що

досліджувалися, виявити найбільш ефективну щодо протиерозійної дії. Шпаруватість макроагрегатів за варіантами дослідів не різнилася і дорівнювала 32%.

Таблиця 13.2

**Квантилі ( $X_{\alpha}$ ) водопроникності по сезонах року  
залежно від технологій обробітку ґрунту, мм/год**

Варіант	$X_{\alpha}$	Осінь		Весна		Літо	
		3-я година	Середнє за 3 години	3-я година	Середнє за 3 години	3-я година	Середнє за 3 години
1	0,1	136	167	55	60	15	44
	0,25	174	256	119	142	31	52
	0,50	237	288	174	221	116	160
	0,75	281	348	274	340	143	223
2	0,1	41	85	104	116	70	93
	0,25	184	286	120	130	83	100
	0,50	197	317	161	192	107	142
	0,75	243	371	278	344	124	181
3	0,1	118	164	57	70	70	105
	0,25	141	189	106	130	81	123
	0,50	157	242	147	236	102	141
	0,75	346	409	250	292	136	193
4	0,1	24	90	66	82	40	90
	0,25	60	104	92	100	61	113
	0,50	167	237	121	137	102	138
	0,75	346	389	193	222	145	187

Підхід, що запропонований для імовірнісної оцінки ґрунтоохоронної ефективності агротехнічних заходів має універсальний характер. За його допомогою можна оцінити кожен технологічну операцію обробітку або ефективність інших заходів, які впливають на ерозійну стійкість ґрунту, наприклад, внесення добрив. Якщо умовно прийняти значення критерію  $P_x$  для ґрунту, що знаходиться у стані чистого пару за еталон для порівняння ( $P_{x0}$ ), то можна розрахувати коефіцієнт ґрунтозахисної ефективності

конкретної технології, який визначається із співвідношення  $P_x$  варіанту, що досліджується до  $P_{x0}$ .

Таблиця 13.3

**Квантилі  $\bar{d}$  (мм) ґрунту при різноманітних технологіях обробітку**

Варіант	Квантилі ( $X_\alpha$ )	Осінь		Весна			Літо	
		0-20	30-40	0-5	0-20	30-40	0-20	30-40
1	0,1	0,41	0,61	0,35	0,34	0,45	0,40	0,52
	0,25	0,62	0,70	0,38	0,43	0,54	0,51	0,55
	0,50	0,70	0,72	0,44	0,55	0,63	0,55	0,81
	0,75	0,72	1,15	0,58	0,60	0,80	0,71	1,03
2	0,1	0,58	0,48	0,38	0,43	0,44	0,40	0,55
	0,25	0,61	0,62	0,40	0,48	0,60	0,46	0,57
	0,50	0,70	0,75	0,44	0,52	0,73	0,52	0,65
	0,75	0,75	1,06	0,52	0,62	0,75	0,55	1,07
3	0,1	0,55	0,53	0,38	0,36	0,41	0,50	0,57
	0,25	0,60	0,62	0,39	0,50	0,50	0,57	0,60
	0,50	0,69	1,04	0,45	0,77	0,77	0,63	0,67
	0,75	0,75	1,18	0,49	0,94	0,94	0,72	1,17
4	0,1	0,57	0,52	0,34	0,43	0,43	0,63	0,60
	0,25	0,61	0,61	0,42	0,50	0,50	0,67	0,63
	0,50	0,68	1,11	0,44	0,89	0,89	0,72	1,11
	0,75	0,86	1,15	0,52	1,07	1,07	0,78	1,55

Для всебічної оцінки протиерозійної ефективності технологій обробітку необхідно мати нормовані дані щодо впливу стану діяльної поверхні ґрунту (рослинність, її рештки, нанорельєф) на ерозійні процеси. З цією метою розроблені емпіричні залежності, але з ними можна погодитись лише у першому наближенні.

### **13.2. Екологічне нормування технологічного навантаження на ґрунт**

У системі оцінки технології чи її окремої операції домінуюче значення повинні мати результати ґрунтово-екологічної експертизи. Припустимо, що агротехнічний захід відрізняється високою протиерозійною і агроекологічною ефективністю, але вплив його на ґрунт як систему може перевищувати певну припустиму нормовану межу. Ґрунт доводиться до стану надпродуктивності за рахунок небезпечної дози “допінгу”. Регулярне надзабруднення системи і внесення частки “хаосу” вище допустимої норми призведуть у підсумку або до руйнування системи, або до її переходу на інший якісно гірший квазістабільний рівень авторегуляції. У зв’язку з цим можна навести очевидний приклад із застосуванням безводного аміаку, внесення якого різко підвищує врожайність сільськогосподарських культур, але при цьому відбувається інтенсивне руйнування ґрунту, що дуже швидко (майже за кілька років) обумовлює повну втрату його родючості.

Ідеологія екологічно збалансованого агроландшафту вимагає проведення екологічної експертизи будь-якої технологічної операції, технології і технологічного блоку в цілому. Агротехнічний захід, який не пройшов цієї експертизи, не може бути рекомендований до застосування, навіть при ідеальному виконанні цільової функції. Щодо теоретичного обґрунтування ґрунтово-екологічної експертизи - такий підхід відрізняється майже абсолютною новизною. Досить повне розв’язання всіх пов’язаних із цим проблем - справа майбутнього. Але один з перших і важливіших кроків - створення системи наукового і практичного

комплексного моніторингу ґрунтового покриву України. Нині ця проблема перебуває лише на стадії обговорення і запропонування гіпотез.

Ґрунт - природна, гармонійна система, яка існує і розвивається відповідно до законів фундаментальної термодинаміки. На нашу думку, вміст неагрегованих елементарних ґрунтових часток (ЕГЧ) може характеризувати рівень ентропії ґрунтового тіла. Будь-який обробіток ґрунту призводить до збільшення неагрегованих ЕГЧ. До того ж їх кількість залежить як від типу обробітку (оранка, культивування тощо), так і від якості виконання технологічних операцій, що зумовлюється рядом об'єктивних та суб'єктивних факторів. Навіть при наявності тільки абсолютних значень неагрегованих ЕГЧ можна зробити певні висновки щодо якості технологій. Але цих даних недостатньо для оцінки припустимості застосування тієї чи іншої технології або окремої операції на ґрунті, який обробляється. Для кожного конкретного ґрунту необхідно знати два нормативи: рівень мінімально можливого вмісту неагрегованих ЕГЧ ( $C_{\min}$ ), який визначається генезисом ґрунту та рівень максимально допустимого вмісту ( $C_{\max}$ ). На нашу думку, для ґрунту буде досить коректним застосування теоретичного розрахунку (Комов, 1990), який базується на твердженні, що відносна ентропія (фактична ентропія у відношенні до максимальної) гармонійної системи дорівнює “золотому перерізу” - 0,382. Це значить, що в гармонійній системі частка “хаосу” від цілого складає 0,382, а упорядкованості - 0,618. Це можна виразити формулою:  $C_{\min}=0,382 \times C_{\max}$ , тоді:

$$C_{\max} = \frac{C_{\min}}{0,382}$$

Отже, знаючи  $C_{\min}$  можемо визначити  $C_{\max}$ , що дозволить обґрунтовано говорити про доцільність та екологічну безконфліктність технології, яка розглядається.

У принципі,  $C_{\min}$  має визначатися за цілинним аналізом ґрунту, що досліджується, але це призведе до надмірних вимог, через те, що цілина - це принципово інший ґрунт. Тому пропонується  $C_{\min}$  визначати на ґрунті, який не оброблявся 3-4 роки. Це, наприклад, може бути ґрунт під багаторічними травами 3-4-го року використання. За цей термін ґрунт вже “не пам’ятає”, чим і як він оброблявся перед посівом трави. Вміст неагрегованих ЕГЧ визначають за нашою методикою прямого мікросканування у відбитому світлі при 98-кратному збільшенні.

Наведемо конкретний приклад. Використаємо результати стаціонарного дослідження, наведеного у попередньому розділі. Завдання - оцінити доцільність використання чотирьох якісно різних основних обробітків: полицева оранка на 25-27 см (контроль), плоскорізний обробіток на глибину контролю, цільовий обробіток (за типом канадського чизелю) РН-1,75 на глибину контролю і поверхневий обробіток важким культиватором КПЕ-3,8 на глибину 6-8 см. Після проведення основних обробітків із шару ґрунту 0-20 см в 6-ти кратному повторенні відбираються ґрунтові зразки масою понад 0,5 кг. Далі в лабораторних умовах ці зразки розсівають на колонці сит з вічками: >10; 7; 5; 3; 2; 1; 0,5; 0,25; 0,20; 0,16; 0,10; 0,065; 0,05 і піддоном. Під мікроскопом при 98-кратному збільшенні у відбитому світлі визначають вміст неагрегованих ЕГЧ, сума яких у відсотках до маси зразку становить значення  $C_{\text{факт}}$ . У нашому прикладі  $C_{\text{факт}}$  відповідно за обробітками дорівнює: 8,36; 6,16; 4,05 і 4,98%. Далі визначають вміст ЕГЧ для

аналогічного ґрунту під багаторічною травою 4-го року використання, який приймають за мінімально можливий ( $C_{\min}$ ). Тоді:

$$C_{\max} = \frac{C_{\min}}{0,382} = \frac{2\%}{0,382} = 5,23\%$$

Тобто, застосування полицевої оранки і плоскорізного глибокого розпушування призводить до руйнування ґрунтових агрегатів до стану неагрегованих ЕГЧ - 8,36 і 6,16% відповідно, при ґрунтово-екологічному нормативі ( $C_{\max}$ ) - 5,23%. У такому ж порядку оцінюють усі технологічні операції з метою складення екологічно безконфліктного технологічного блоку агроландшафту.

Таким чином, встановлено нормативи екологічної доцільності протиерозійних агротехнічних заходів, алгоритм і методика їх визначення. Це дає змогу виконувати оцінку елементів технологічного блоку в об'ємній трьохмірній системі координат: на вісі ОХ відображається їх агроекономічна ефективність; ОУ - протиерозійна ефективність; ОZ - ґрунтово-екологічна оцінка. При цьому норматив  $C_{\max}$  діє як перший лімітуючий фактор, і заходи, які призвели до його перевищення, до подальшого розгляду не приймаються. Можлива ситуація, коли окремі операції не можна замінити і виключити з технологічного циклу, навіть якщо вони не відповідають нормативу  $C_{\max}$ . Для цього повинні бути передбачені компенсуючі заходи, які б зменшили руйнівний вплив деяких елементів технологічного блоку. В такому разі оцінюють весь комплекс прийомів. При цьому може оцінюватися не тільки сам прийом, а й якість його виконання. У ряді випадків доведеться відмовитись від використання деяких ґрунтів в обробітку. Застосування системи спеціальних дослідів і організація моніторингу ґрунтів, що обробляються, дозволить розробити

конкретні нормативні агроформи до виконання всіх технологічних операцій на основних ґрунтах.

Наведемо ще один аспект екологічної експертизи агротехніки. Ця процедура повинна стати обов'язковою вимогою при розробці нових технологій вирощування сільськогосподарських культур та сучасних систем машин. Її результати мають входити у перелік технологічних експлуатаційних характеристик нових сільськогосподарських машин і знарядь. Принципово важливо, що така експертиза базується на параметрах і характеристиках ґрунтового тіла як природної гармонійної системи, а не на результатах, які досягаються за рахунок здійснення цільових функцій (рівень врожайності, продуктивність, протиерозійна ефективність та інше).

### **13.3. Межа безпосереднього впливу технологічного блоку агроландшафту на ґрунт**

Відомо, що тривалий обробіток по різному впливає на ієрархічно різні рівні ґрунтового тіла (Медведєв, 1986). При механічній дії на ґрунт порівняно з цілиною, зменшується розмір агрегатів, змінюється їх форма, зовнішня і внутрішня будова, підвищується їх деформованість, істотно зменшується співвідношення агрегатів високого і низького порядків і їх порядковість в цілому. Спостерігається ще ряд негативних змін агрофізичних властивостей староорних ґрунтів (Медведєв, 1982).

Проте, це погіршення властивостей, як правило, є наслідком не прямого впливу обробітку, а побічного - через зменшення загальної кількості органічної речовини, і поступового - через постійне підтримання надмірної частки хаосу в системі ґрунтового тіла. Аналіз проблеми

збереження і поліпшення структури твердої фази ґрунтів на різних рівнях її організації дав змогу А.Д. Вороніну (1986) дійти висновку, що в першу чергу необхідно мати певні уявлення про реальні можливості щодо створення оптимального фізичного стану ґрунтів в конкретних умовах. Насамперед, це стосується технологічного блоку агроландшафту і особливо його основи - обробітку ґрунту, який є потужним засобом для створення сприятливих ґрунтових умов для росту культурних рослин. Нагромаджений матеріал свідчить, що безпосередній вплив обробітку і інших складових технологічного блоку АЛ має свою межу. Характерно, що ефект від їх впливу має чітко часову редукцію, яка діагностується. Наприклад, до моменту збирання врожаю культур вплив основного обробітку зводиться до нуля.

Ґрунт - самостійне природне тіло, що характеризується наявністю різних структурних ієрархічних рівнів. Тому виявлення межі безпосереднього технологічного впливу на ґрунт означає визначення ґрунтового ієрархічного рівня, на який цей вплив не поширюється. Така інформація необхідна для інженерного проектування екологічно збалансованих АЛ. Це дає підстави науково обґрунтовано визначити досить сенсорні показники ефективності технологічного блоку АЛ і при необхідності безпомилково відокремити вплив технологічної і генетичної складових, наприклад, параметрів ерозійної сталості ґрунтів. А.Д. Воронін (1986) стверджує, що неагреговані ЕГЧ надходять до всіх фракцій мікроагрегатного складу, а їх співвідношення з мікроагрегатами залежить від особливостей ґрунтоутворюючої породи і типу ґрунтоутворення. Це співвідношення у загальному вигляді може характеризувати мікроагрегатний рівень організації ґрунтового тіла.

Активні пошуки форми залежності зазначеного концептуального положення і апробація показників на різних об'єктах дозволили зупинитися на коефіцієнті агрегованості ( $K_a$ ) (Булигін, 1989; Булигін, Лисецький, 1991, 1996). Структура цього коефіцієнту вперше була запропонована у 1932 році Бейвером і Роадесом. У нашій модифікації він розраховується за формулою:

$$K_a = \frac{a - b}{a} \cdot 100\%,$$

де:  $a$  - вміст часток і мікроагрегатів розміром від 0,05 до 0,25 мм;  $b$  - вміст неагрегованих ЕГЧ таких же розмірів.

Вміст ЕГЧ і вільних мікроагрегатів, як уже йшлося вище, визначають за нашою методикою з використанням мікроскопа у відбитому світлі.

Наведемо такий приклад. Ґрунтові зразки відбирали за варіантами стаціонарного польового дослідження, наведеного у попередньому розділі. Вміст загального гумусу в верхньому гумусовому горизонті Н (0-40 см) - 3,24%. Безпосередньо до дослідження прилягає цілинна ділянка, яка знаходиться в геоморфологічних умовах і має аналогічний ґрунт. На цілині зразки ґрунту відібрані із горизонту Н з глибини 0-20 і 20-40 см та  $H_p$  (перший перехідний горизонт); вміст загального гумусу відповідно становив 5,65; 5,15 і 3,98%. Крім того, були проаналізовані зразки аналогічного орного повнопрофільного ґрунту, для якого вміст гумусу в горизонті Н - 4,96%. Результати визначення  $K_a$  наведені в таблиці 13.4, з якої видно, що застосування якісно різних технологій впродовж 5 років істотно не вплинуло на величину коефіцієнту агрегованості

Для підтвердження цієї думки, ґрунтові зразки на протязі 3 хвилин розсіювались на ситах. Ґрунт при такому розсіюванні піддається значно більшому руйнівному механічному впливу, ніж при обробці будь-яким ґрунтообробним знаряддям. Значення  $K_a$  після цього розсіву наведені у

знаменниках таблиці 13.4, які практично не відрізняються від чисельників. Це є істотним аргументом на користь гіпотези, що  $K_a$  залежить від безпосереднього впливу технології обробітку.

Дані таблиці 13.4 свідчать про паралелізм змін  $K_a$  і вмісту гумусу в орних ґрунтах. Ці величини збільшуються від слабоеродованого ґрунту до повнопрофільного. Характерне чітке зменшення  $K_a$  в горизонті  $H_p$  цілинного ґрунту, де міститься гумусу 3,98%, що наближається до  $K_a$  орного ґрунту за вмістом гумусу 3,24%. Таким чином, відкривається перспектива застосування  $K_a$  як діагностичного показника агрегуючої ефективності кількості і якості гумусу для визначення агрофізичних наслідків “виораності” і еродованості ґрунтів.

Таблиця 13.4

**Результати визначення  $K_a$  на різноманітних ґрунтах  
в залежності від технологій обробітку**

Варіант	Прошарок ґрунту, см		
	0-5	0-20	30-40
Полицева технологія	67/65	64/63	65/62
Плоскорізна технологія	67/65	66/64	65/64
Щілинна (чизельна) технологія	67/64	68/67	65/64
Поверхнева технологія	68/64	66/64	64/65
Полицева технологія обробітку повнопрофільного ґрунту	81/80	80/80	80/80
Цілина, що скошується	<u>0-20</u> 84/83	<u>20-40</u> 84/79	<u><math>H_p</math></u> 65/65

Для широкого загального ряду орних ґрунтів (від дерново-підзолистих до темно-каштанових) визначена тісна залежність  $K_a$  від вмісту в ґрунті шаром 0-20 см загального гумусу (Булігін, Лісецький, 1996). Моніторинг агрегатного складу ґрунту пропонують проводити за показником, який характеризує попередній за ступенем організації

ієрархічний рівень - рівнем неагрегованих ЕГЧ. Можливо, що виявлений базовий принцип (відбиток результату проявлення деградаційних процесів на підлеглий ієрархічний рівень структурної організації ґрунтового покриву) має більш універсальний характер і може розглядатися як концептуальна база моніторингу ґрунтового покриву, який знаходиться під впливом антропогенного навантаження.

### **Контрольні запитання**

1. Кількісний критерій імовірнісної оцінки протиерозійної ефективності окремих операцій і технологій обробітку ґрунту.
2. Водотривкість структурних агрегатів.
3. Екологічне нормування технологічного навантаження на ґрунт.
4. Ідеологія екологічно збалансованого агроландшафту та нормативи екологічної доцільності протиерозійних агротехнічних заходів.
5. Межа безпосереднього впливу технологічного блока агроландшафту на ґрунт.

## ГЛАВА 14. АЛГОРИТМ ЕСКІЗНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ГРУНТОЗАХИСНО-МЕЛІОРАТИВНОЇ ПРОСТОРОВОЇ СТРУКТУРИ АГРОЛАНДШАФТУ

### Обґрунтування змісту основних понять

Грунтозахисно-меліоративне впорядкування агроландшафту — спосіб кардинального вирішення грунтозахисно-меліоративної проблеми, перший етап агроландшафтогенезу.

**Термін агроландшафт (АЛ)** широко застосовують як простий синонім сільськогосподарських (с.-г.) угідь. Це аналогічно збідненню, якому піддали протягом десятиліть вихідний споріднений термін “ландшафт” (Л) — за ним залишився головно поверхневий, пейзажний зміст. Ф.М. Мільков Л як природний територіальний комплекс. Це найбільш визначене розуміння Л, і воно стосується тільки природних систем, які здатні зберігати себе, повертатися у стан рівноваги з середовищем після відхилень з природних причин (або після незначних антропогенних втручань), навіть відновлюватися після знищення своєї біотичної складової на деякій частині ареалу.

Сільськогосподарські угіддя позбавлені перелічених вище властивостей природних Л. Їхнє підтримання і відновлення потребують постійного, дорогого, екологічно безпечного втручання людини. Створенню угідь передують знищення природних Л. Угіддя — це післяландшафтні утворення, залишки природних Л, які й надалі руйнуються сільськогосподарським виробництвом. Не виключено і перетворення угідь у «неугіддя» (російською — «бросовые земли»), каталандшафти.

Щоб вживання терміну АЛ було виправданим, угіддя мають отримати (зрозуміло, від людини) високу екологічну стійкість, якомога більшу здатність до саморегуляції і навіть до самовідновлення, а для початку позбутися процесів, що руйнують природно-ресурсний потенціал. АЛ - інтегрована антропогенно-природна, природно-виробнича територіальна система, економічно ефективна та екологічно раціональна.

Очевидно, що АЛ не можна створити одномоментно, в результаті якогось обмеженого в обсязі й часі комплексу робіт. Але угіддя слід перевести на агроландшафтний шлях розвитку.

**Найперший етап агроландшафтного розвитку** — припинення антропо прискорених процесів ерозії (водної ерозії) і дефляції (вітрової ерозії) ґрунт. Якщо на момент створення сільськогосподарських угідь на місці природних Л родючий ґрунт був найпершою природною умовою с.-г. виробництва у процесі с.-г. використання ґрунт усе більше стає також і соціальною його умовою. Але цей релікт природного Л в Україні (як і у світі в цілому) руйнується повсюдно і з катастрофічною інтенсивністю. Тому першим етапом дійсно культурного, цілеспрямованого, науково забезпеченого агроландшафтогенезу має стати його ґрунтозахисне (ГЗ) упорядкування. Надалі ми називатимемо його ґрунтозахисно-меліоративним (ГЗ-М) упорядкуванням АЛ, оскільки воно є фактично найважливішою і екологічно бездоганною загальною меліорацією природних умов сільського господарства і умов його ведення, уможливорює ефективне виконання ряду спеціальних меліорацій. Найефективнішими проти ерозії та дефляції є ті заходи, які зменшують напруженість, інтенсивність їхніх безпосередніх агентів - відповідно поверхневого стоку й вітру. Завдяки цьому перекриваються головні канали втрат води атмосферних опадів і ґрунту, а збережена вода може бути використана

культурами. Додаткове вологопостачання культур для умов України в цілому можна визначити приблизно як 100 – 150 мм/рік, що навіть за невисокої агротехніки забезпечить приріст урожаю 10–15 ц/га в перерахунку на зерно. Це основне джерело безпосередньої, поточної економічної ефективності ГЗ-М упорядкування АЛ, його практично моментальної окупності (максимум за 2-3 роки, тобто задовго до вступу в дію головного меліоративного компонента - полезахисних смуг) і незрівнянної з іншими заходами і технологіями прибутковості капітальних вкладень і поточних витрат - десятки тисяч процентів! І це без урахування того, що не буде пущено за водою й вітром головне багатство прийдешніх поколінь - родючий ґрунтовий покрив.

**Людська діяльність** — фактор створення, збереження й розвитку АЛ, антропний компонент майбутнього АЛ – який поєднує принаймні два субкомпоненти проектування: технологічний та просторово-структурний.

*Технологічний субкомпонент* створюваного АЛ включає:

а) ґрунтомеліоративну складову - спеціальні меліорації (усунення чітко виражених негативних явищ: засолення, солонцюватість, токсичність, горизонти з несприятливими властивостями, особливо з надмірним ущільненням тощо) і загальне поліпшення ґрунтів, розвиток їх у напрямі агроземів (збагачення органічною речовиною і інтенсифікація гумусоутворення, збільшення потужності гумусованих і коренепридатних горизонтів);

б) власне раціональну (у тому числі, ґрунтозахисну) виробничу (рослинницька, тваринницька, лісогосподарська тощо) технологію. Вона має забезпечити:

- підвищення стійкості ґрунту до ерозії і дефляції, зокрема його високу інфільтраційну здатність;

- створення і функціонування протиерозійного (водозатримного, а головним чином стоковідвідного) нанорельєфу поверхні - досягається постійним виконанням контурного стоковідвідного обробітку ґрунту;
- створення розвиненого (зімкненого), постійного в часі або, принаймні, тривалого ГЗ покриву культур, трав «природних» кормових угідь;
- за вимушеної відсутності рослинного покриву - захист ґрунту рослинними рештками культур, що зберігаються на поверхні за допомогою його мульчобробітку.

До цього переліку слід додати і сівозмінне зонування земель за мікрозонами схилу.

Проектуючи технологічну ГЗ складову АЛ, слід мати на увазі:

- а) з природних причин (особливо внаслідок динаміки погод) ГЗ заходи не завжди здійсненні і не завжди ефективні, а тривалість їхньої дії обмежена в часі;
- б) у реальних умовах господарювання не завжди можна виконати всі потрібні заходи;
- в) постійне відновлення стоковідвідного контурного нанорельєфу можливе лише в контурно-смугових робочих ділянках;
- г) ГЗ заходи можуть знижувати врожай або призводити до недоодержання прибутку;
- д) ГЗ технологія нездатна забезпечити захист ґрунту у випадках «стихійних лих», а саме вони завдають найбільшої ерозійно-дефляційної шкоди.

Отже, ГЗ раціональні виробничі технології конче потрібні і незамінні, але їх слід застосовувати в екологічно жорстких рамках ландшафтно стабільної ГЗ-М просторової структури АЛ. Не можна

покладатися тільки на ГЗ технології і спеціальні ґрунтозахисні заходи, оскільки це приведе до фатальних наслідків.

У процесі проектування ГЗ-М просторової структури АЛ було б корисно взагалі відкласти проектування технологічного субкомпонента АЛ, тобто абстрагуватися від ГЗ ролі виробничої технології, а спочатку одержати таку просторову структуру АЛ, яка і без ГЗ технології була би ґрунтозахисно достатньою (наприклад, щоб розрахована при оцінці проекту структури сума ерозійних і дефляційних втрат ґрунту не перевищувала прийнятого граничного рівня). Можна також вважати результат проектування задовільним, якщо таке зменшення втрат ґрунту досягають із додатковим включенням у розрахунки втрат ГЗ ролі с.-г. культур і «звичайної», «традиційної» технології, не ускладненої спеціальними ґрунтозахисними заходами, тим паче проблематичними напрямками, ще не повністю дослідженими і не освоєними виробництвом (на зразок «нульового обробітку», «прямого посіву» тощо). Якщо і за цієї умови бажаного зниження втрат не досягають, слід обумовити переведення ділянки у склад квазіприродних кормових угідь із обов'язковим виконанням пасовищної модифікації ГЗ-М упорядкування АЛ.

*Просторово-структурний субкомпонент антропоного компонента АЛ (принаймні його «перше покоління») створюється на першому, основоположному етапі дійсно культурного агроландшафтогенезу - етапі його ГЗ-М упорядкування.*

### **Зміст ГЗ-М упорядкування АЛ як формування ГЗ-М просторової структури АЛ**

**ГЗ-М заходи постійної дії (ЗПД) є єдиною можливим засобом створення ГЗ-М просторової структури АЛ та її закріплення. Постійна, цілорічна й**

багаторічна дія цих заходів принципово відрізняє їх від технологічних заходів, дія яких швидкоминуща в часі (виняток - постійний рослинний покрив «природних» кормових угідь). Функціонально найважливішими для АЛ (обов'язковими елементами мінімізованої структури) є такі групи ЗПД:

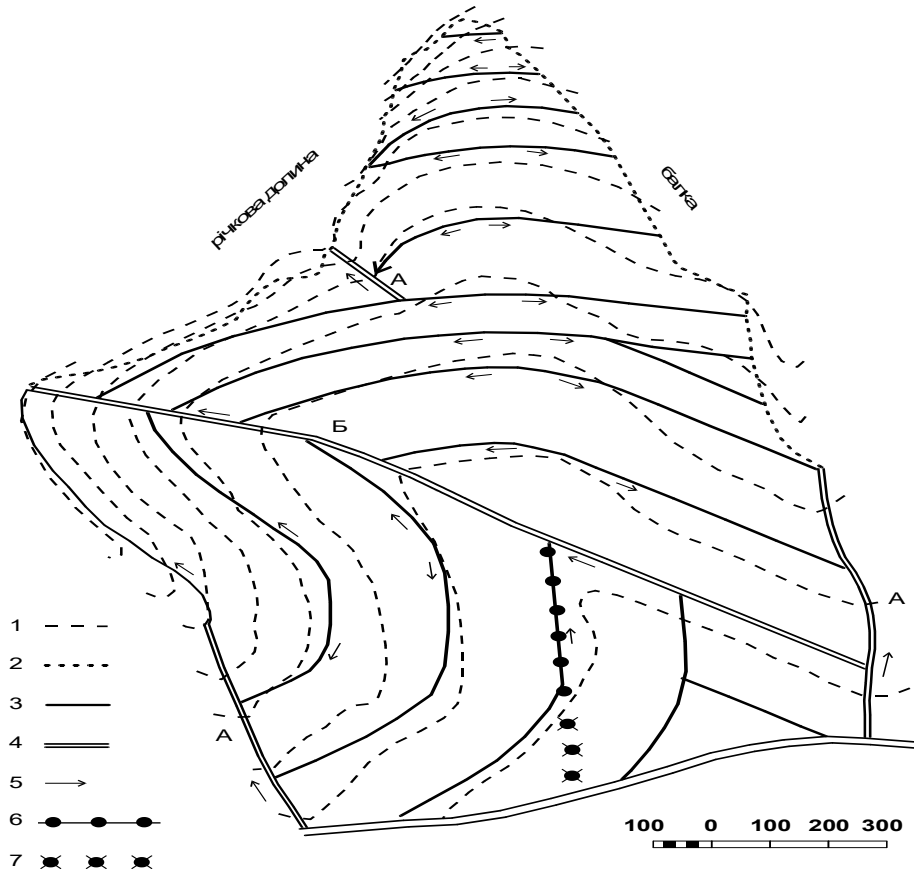
а) протиерозійні вздовжсхиліві (концентровані) ланки стоковідвідної інфраструктури АЛ. Ці ланки поділяють схил на сектори, кожний з яких перетворюють на схилувий блок контурно-смугових робочих ділянок (РД), орних чи пасовищних.

б) полезахисні смуги (ПЗС), які, крім своєї головної полезахисної (і протидефляційної) ролі, виконують не менш важливу ландшафтно-організаційну, ландшафтно-структурну функцію по закріпленню меж смугових виробничих РД (на схилах - поперечносхилувих безпечно стоковідвідних меж контурно-смугових РД) і тим уможливають неухильне додержання потрібного напрямку агротехнічних операцій. ЗПД цих названих двох груп формують первинну просторову структуру АЛ. Саме її слід спроектувати і реалізувати безпомилково, щоб вона, по-перше, прослужила без значних змін тривалий час (принаймні термін життя ПЗС, у тому числі і після можливого їхнього порослевого відновлення), по-друге, була придатна для вписування в неї навіть без спеціального проектування систем елементів вторинної просторової структури. Це ЗПД третьої найважливішої групи, яку складають:

в) стоковідвідні гідротехнічні земляні споруди. Разом із контурним стоковідвідним орним нанорельєфом усієї поверхні вони становлять польову (повсюдну, розосереджену) ланку стоковідвідної інфраструктури АЛ. Через неї, приблизно від середини контурно-смугової РД до вздовжсхилувих ланок, уповільнено, без ерозії, з максимальним

поглинанням ґрунтом відводиться вода, яка не змогла бути засвоєна ґрунтом там, де опади надійшли на поверхню ґрунту.

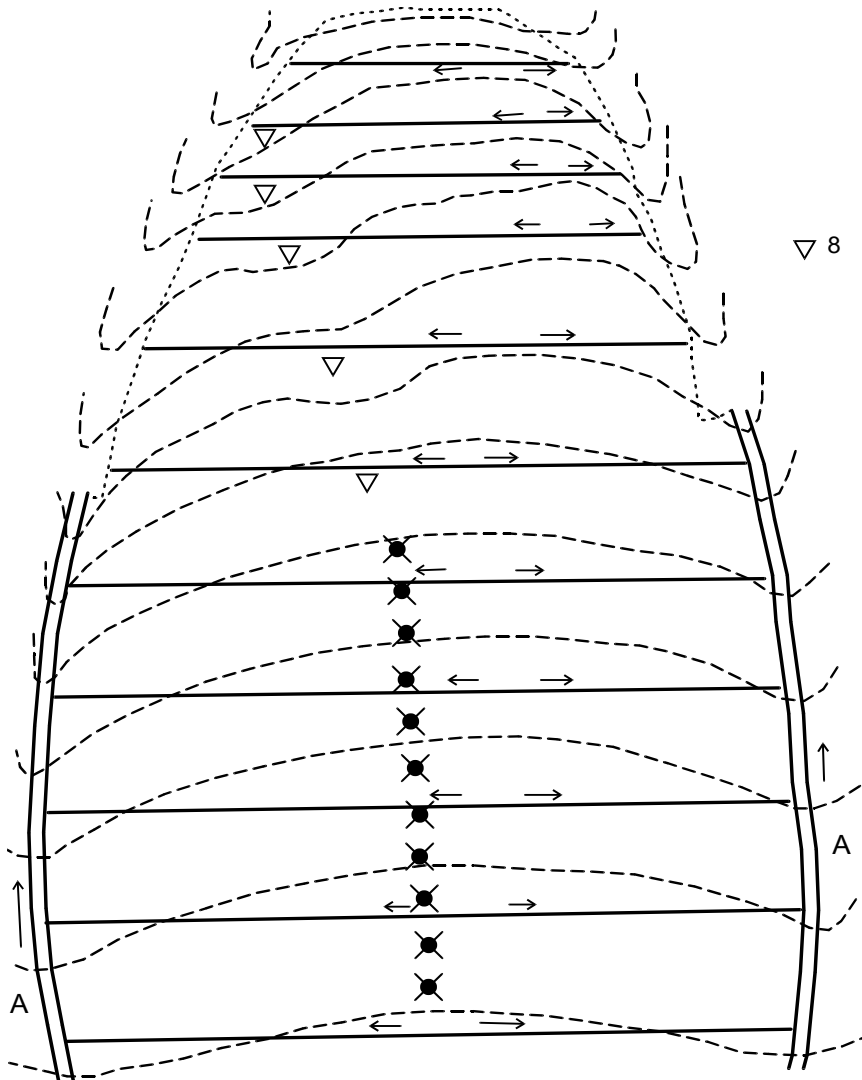
Приклади стоковідвідного характеру первинної просторової структури угідь наведені на рисунках 14.1– 14.3.



**Рис. 14.1. Стоковідвідний характер рубезів контурно-смугової просторової структури агроландшафтів на ріллі земельного масиву, обумовленого геоморфологічно, а з півдня вздовж вододільної лінії обмеженого істотним антропогенним рубезем.**

1 — горизонталі рельєфу (переріз 5 м); 2 — межа ріллі і пасовищ; 3 — поперечносхиліві межі контурно-смугових робочих ділянок, закріплені полежахисними смугами; 4 — вздовжсхиліві ланки стоковідвідної інфраструктури агроландшафту, паралельні польовій дорозі (або суміщені з нею) і приурочені: А — до улоговини стоку, Б — до лінії розділу експозиції схилу; 5 — напрям відведення стоку в поперек- і вздовжсхилівих ланках стоковідвідної інфраструктури; 6 — відрізок існуючої лісової смуги, що може бути збережений при агроландшафтній реорганізації (за умови реконструкції лісової смуги); 7 — відрізок лісової смуги, що підлягає ліквідації.

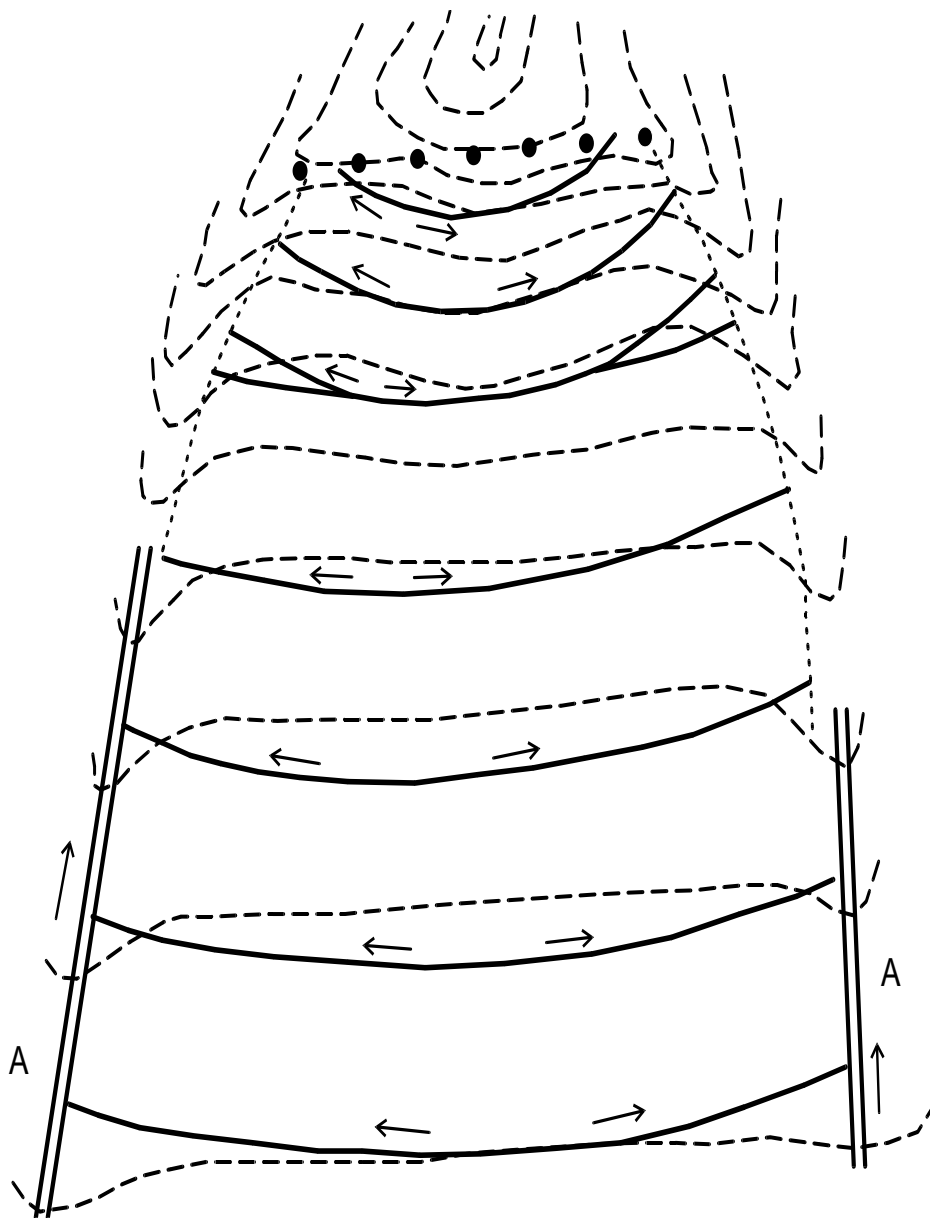
Примітка: лінійні стоковідвідні споруди паралельні поперечносхилівим межах робочих ділянок і на схемі не показані.



**Рис. 14.2. При слабовипуклих горизонталях на міжулоговинно-міжбалковій частині орного земельного масиву безпечно відведення стоку забезпечується прямолінійними (або близькими до прямолінійних) рубежами.**

У північно-західній частині земельного масиву наявна улоговина стоку нерізких обрисів. Її стоко-ерозійне функціонування підсилено вздовжсхиловою лісовою смугою, що підлягає ліквідації. Для гідрологічної і протиерозійної нейтралізації улоговини, для збереження стоківідвідного характеру рубежів у місцях перетину ними улоговини потрібне збільшення висоти валів-терас, а на рубежах-межах робочих ділянок - "дорошування" споруд до розмірів дамб мілководних лиманів, звідки надлишково нагромаджені води можуть безпечно відводитися у західному напрямі.

Масштаб, умовні позначення, примітка - ті, що і на попередньому рисунку. Додатково: 8 - дамба мілководного лиману.



**Рис. 14.3. Якщо на міжuloговинно-міжбалковій частині земельного масиву переважають прямолінійні горизонталі, стоківідвідний характер рубежам надається через деяку їхню увігнутість.**

У нижній частині схилу (північна частина земельного масиву) горизонталі слабоувігнуті, і увігнутість рубежів треба збільшити.

Масштаб, умовні позначення, примітка - ті, що і на попередніх рисунках.

У комплексі заходів із протиерозійного обладнання вздовжсхилових ланок стоковідвідної інфраструктури АЛ використовують також при потребі різноманітні споруди для боротьби з ярами, малі протиерозійні ставки по улоговинах стоку і мілководні лимани по верхів'ях цих улоговин, залісення улоговин стоку, прияркові і прибалкові лісові насадження.

До ГЗ-М ЗПД належать також протиерозійні (стокорегулюючі) лісові смуги. Саме на них у попередні роки намагалися покласти функцію розосередження і поглинання ґрунтом вод вздовжсхилового стоку. Відповідно ці смуги мали бути дійсно лісовими - багаторядними, загущеними, з участю чагарників. Внаслідок своєї щільної конструкції ці лісові смуги не могли справляти ефективний поперечний (і протидефляційний) вплив на прилеглі землі і призводили до значних незручностей при користуванні ними. Їхня ж стоко- і наносозатримна, водовбирна ефективність теж була більш удаваною, бо вздовжсхиловий стік надходить до лісових смуг не суцільною габою, а в концентрованому вигляді і проривається крізь них по вздовжсхилових улоговинах.

В АЛ протиерозійні лісові смуги слід застосовувати як поодинокі, на специфічних позиціях в АЛ, в окремих місцях, не вводячи їх у систему, оскільки вся просторова структура АЛ спрямована на недопущення вздовжсхилового стоку. Це зовсім не означає відмову від залісення земель, які сильно еродуються, а при потребі і від лісогосподарського використання окремих площ.

**Поняття про дійсні системи ЗПД - на прикладі ПЗС.** Поняття про дійсні (справжні) системи ЗПД вводиться вимушено, оскільки у практиці став занадто вживаним термін «системи» майже до будь-яких наборів (серій) ЗПД, особливо розміщених на однаковій відстані одне від одного. Як правило, не звертають уваги, що ця відстань дуже велика і взаємодії

окремих ЗПД у цих «системах» немає. Критерієм системності ЗПД має бути їхній повсюдно рівномірний і істотний ГЗ-М вплив, який має виявлятися і в значному підвищенні врожаю культур. На прикладі несистемно розміщених сучасних лісових смуг, у тому числі ПЗС, можна наочно бачити, що вони:

а) не захищають від дефляції ґрунту і/або снігу весь міжсмужний простір; при переважно поширених нині щільних лісових смугах цей захист приурочений тільки до досить вузьких присмужних зон вздовж самих ПЗС;

б) вносять зайву неоднорідність у просторовий розподіл гідрокліматичних умов вегетації культур, ускладнюють господарювання;

в) підвищують урожай лише поблизу самих ПЗС, і то не безумовно.

Для ПЗС раціональної конструкції (малорядні ажурні ПЗС) критерій системності кількісно виражається показником 10-15 Н (висот дерев у ПЗС). Для Полісся, Лісостепу, Північного Степу це 200 м, далі на південь - значно менше. У кожному регіоні оптимальну відстань між ПЗС слід уточнити (при цьому важливо, знайти насадження, які були б дбайливо вирощені до потенційно можливої висоти). Таким чином, майже на всій території України можна створити дійсні системи ПЗС, якщо під однорядні деревно-чагарникові ПЗС-куліси відвести 2-3% земель. Це приклад внутрішнього зменшення розораності території, яке, на відміну від простого виведення ділянок із ріллі, доведе сприятливий екологічний вплив нерозораної землі у саму серцевину орних масивів, на зразок капілярної системи кровообігу. Зазначимо також, що аналогічно впливатимуть і гребенясті вали-тераси з крутими укосами, які залужуються (згодом на них відновиться квазіприродна рослинність), коректуючі клини між контурно-смуговими РД. Всі ці ГЗ-М, «екологічні» виділи в АЛ займуть кілька відсотків ріллі — не більше 10%.

**Критерій системності стоковідвідних земляних споруд.** За такий можна прийняти ту переважну відстань, на якій у різноманітних умовах починається помітна концентрація мікрострумків поверхневого стоку у великі струмки і навіть особливо небезпечні потоки, яким трохи нижче по схилу майже неможливо протидіяти. При цьому кількість стоку, що відводиться спорудами, та їхній ухил повинні бути такими, щоб уздовж споруд не відбувалася ерозія. Параметри системи споруд розраховують за допомогою гідролого-ерозійного моделювання з використанням досліджених у конкретних місцевих умовах характеристик рельєфу, ґрунтів та ін. Якщо розрахована відстань між спорудами менша як 50 м, можливе зменшення товщини верхнього, найціннішого шару ґрунту і тому від побудови споруд у таких умовах слід утриматися і перевести дану земельну ділянку зі складу орних земель до менш ерозійнонебезпечного використання.

**Типологія ґрунтозахисно-меліоративної просторової структури агроландшафту.** Проектування має ґрунтуватися на єдиних методологічних принципах. Ця єдність обумовлена єдиними для будь-яких умов рисами і закономірностями процесів ерозії і дефляції, важливою роллю азональності с.-г. виробництва, єдністю принципів боротьби з ерозією і дефляцією, великою амплітудою локального варіювання природних умов від ділянки до ділянки залежно, наприклад, від схилової мікрозональності, геоморфологічних характеристик, експозиції схилу тощо. Це локальне варіювання здебільшого перевищує районне і зональне. У конкретному проектуванні в першу чергу необхідно враховувати суто локальні умови об'єкта проектування.

При цьому слід мати на увазі:

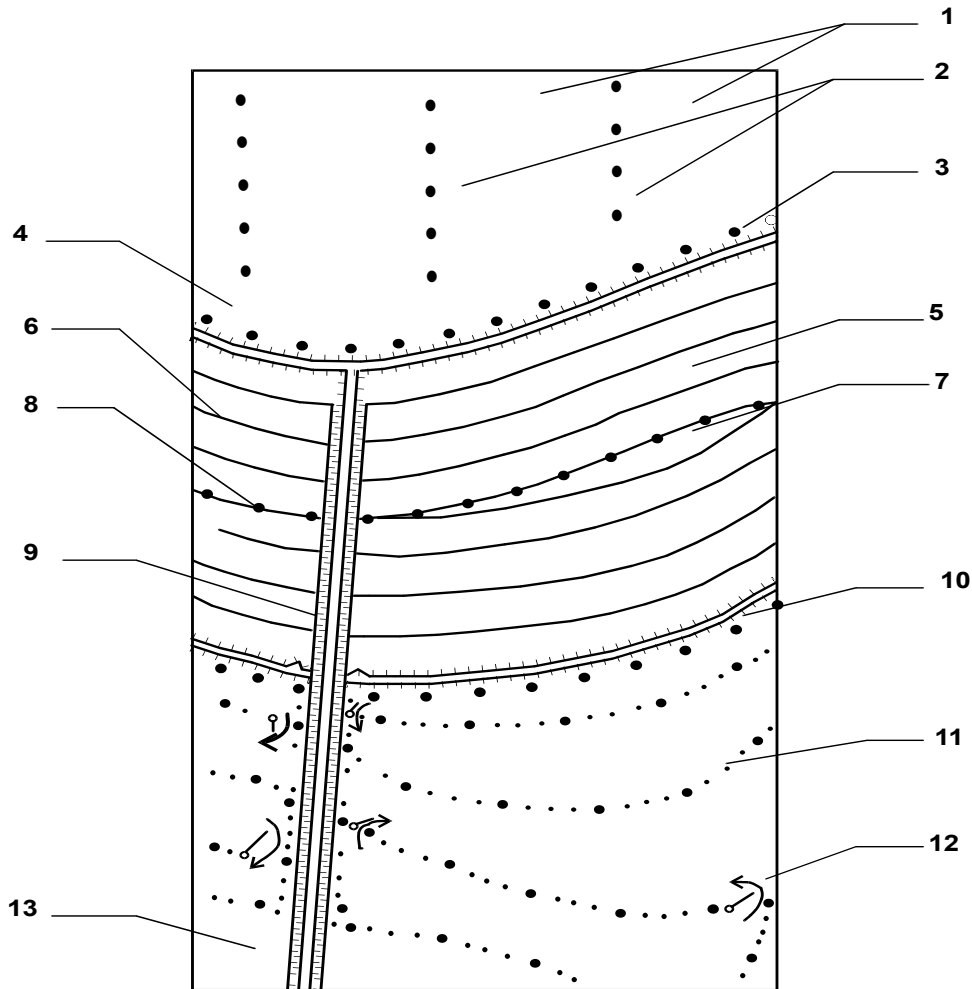
- у більшості регіонів цілковито безерозійних земель практично немає. Там же, де ерозія не помітна, звичайно формуються значні маси поверхневого стоку, який, на відміну від ерозії, менше залежить від ухилу поверхні. Це, насамперед, втрати конче потрібної для культур води. Цей стік надходить на розташовані нижче крутіші схилі землі, де виконує величезну ґрунторуйнівну роботу. Отже протистокова меліорація (тотожна протиерозійній) потрібна і там, де ерозія здається відсутньою.

- на ділянках з малопомітною дефляцією ґрунту (хоч і важко назвати місця, де вона не знищувала б час від часу, наприклад, сходи буряків), наявна дефляція снігу. Технологічне пиління при здійсненні обробітку ґрунту розповсюджене скрізь. Сповільнення швидкості вітру потрібне також для оптимізації мікроклімату, зменшення непродуктивного випаровування з ґрунту й снігу, підвищення біопродукційної ефективності транспірації культур. Таким чином, там, де, здавалося б, немає потреби у протидефляційній агроландшафтній меліорації, потрібна майже тотожна їй полезахисна.

**Специфіка ґрунтозахисно-меліоративного упорядкування агроландшафту в еколого-технологічних групах земель, господарсько-організаційних і ґрунтозахисно-меліоративних мікрозонах схилу.** Типологія місцевості (термін Ф. М. Мількова) може бути перебудована і на універсальну схему господарсько-організаційних і ГЗ-М схилових мікрозон (рис 14.4, 14.5).

Грунтозахисно-організаційна мікрозона (тип сільськогосподарських угідь)	А (привододільні польові угіддя)	Б (схилові польові угіддя)	В (схилові кормові угіддя)	Г (заплави, днища балок)	
Крутість схилу, градуси	менш від 0,5 – 1	від 0,5 – 1 до 3	від 3 до 5 – 6	понад 5 – 6	
Тип або підтип місцевості	власне плакорний просапний тип	плакорний польовий підтип	схиловий польовий підтип	схиловий луко-пасовищний підтип	заплавний тип

Рис.14. 4. Немасштабна схема-профіль розміщення заходів постійної дії по мікрозонах випуклого схилу значної довжини



**Рис. 14.5. Ілюстративний приклад деталізованого плану розміщення заходів постійної дії на місці стику мікрозони А з двома схиловими блоками контурно-смугових робочих ділянок, орних і пасовищних**

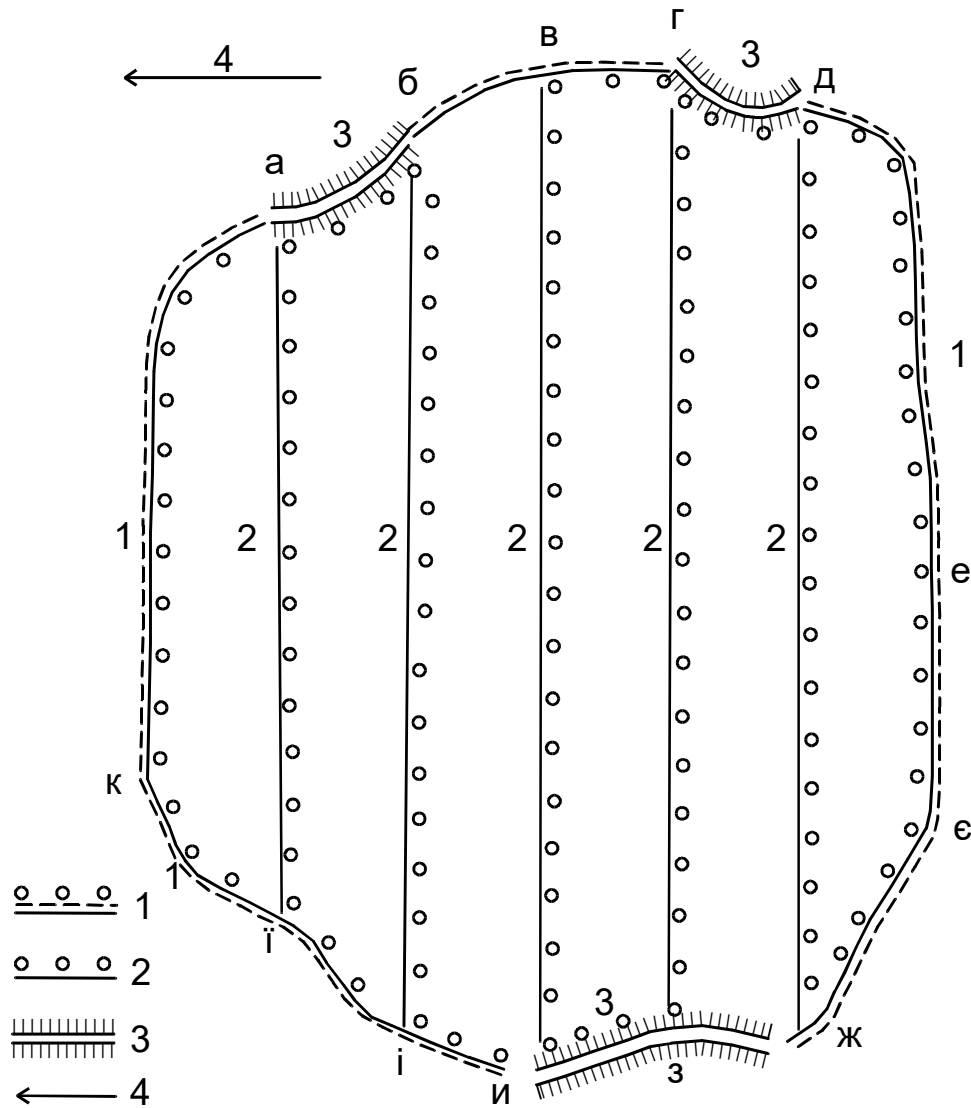
1—смугові робочі ділянки мікрозони А; 2—полезахисні смуги мікрозони А, при можливості перпендикулярні переважному напрямку шкідливого вітру; 3—полезахисна смуга по нижній межі мікрозони А вздовж валу-дороги, продувна за конструкцією—для поліпшення ходологічних властивостей польової дороги; 4—ареал епізодичного мілководнолиманного зрошення вище 3; 5—контурно-смугова робоча ділянка ріллі; 6—лінійна стоковідвідна земляна гідротехнічна споруда, паралельна поперекухиловим межах 5; 7—коректуючий клин; 8—контурна полезахисна смуга (в даному випадку суміщена з 6, що взагалі не є оптимальним правилом); 9—вздовжсхиловий стоковідвідний рубіж (у даному випадку — польова дорога з кюветами, обладнаними для виконання функцій залужених водотоків); на цій схемі рубіж не суміщений з від’ємною формою вздовжсхилового розчленування поверхні схилу; 10—лісова смуга вздовж валу-дороги по нижній межі мікрозони Б; 11—контурні живоплоти, що розмежовують контурно-смугові загони пасовищезміни; 12—розрив у живоплоті, оснащений хвірткою для перепуску в сусідній загін тварин, що випасаються; 13—мікрозона Г.

*Перша еколого-технологічна група земель.* Ця група земель практично тотожна плакорному типові місцевості з включенням окремих ареалів міжрічкового недренованого типу, який поєднує два підтипи (мікрозони):

а) власне плакорний (просапний) підтип (мікрозона А) з ухилом поверхні, що не перевищує  $0,5-1^0$ , і з обмеженням довжини схилу навіть цієї мінімальної крутизни. Тут бажано зосередити просапні сівозміни.

Мікрозона А (рис.11.6) потребує тільки полезахисної меліорації та захисту від дефляції. У своїх дійсних системах ПЗС формують і закріплюють смугові РД, що можуть мати прямолінійні довгі межі. Якщо дозволяє конфігурація і розміри ареалу мікрозони, ПЗС можна орієнтувати перпендикулярно до переважного напрямку вітру або сукупності дефляційних, хуртовинних, суховійних вітрів, якщо такий напрям можна встановити або вирахувати. Традиційно вважається (дослідження І.О.Бучинського), що на території України оптимальний напрям ПЗС змінюється плавно від меридіонального на крайньому сході до широтного на північному заході.

Оскільки з площі ареалу на розташовані нижче схилі землі іноді може надходити деякий об'єм поверхневого стоку, нижню межу ареалу привододільної мікрозони А слід облаштувати водозатримним валом, суміщеним з польовою дорогою. Водночас це є і протиерозійним облаштуванням верхньої межі верхніх контурно-смугових РД і дасть змогу зменшити стоковіддне навантаження на вздовжсхилі ланки стоковідвідної інфраструктури АЛ: частина стоку замість безпосереднього скидання через ці ланки затримується для мілководнолиманного зрошення орних земель вище валу. Проте слід передбачити можливість евакуації надлишково затриманої води з мілководного лиману (малого



**Рис. 14.6 Мікрозона А- оснащення меж мікрозони і робочих ділянок заходами постійної дії:**

1 – нижня межа мікрозони А з польовою дорогою (валом-дорогою) і продувною позахисною смугою вздовж неї; 2 – межі смугових робочих ділянок із позахисними смугами-кулісами вздовж них; 3 – водозатримуючі вали по верхів'ях улоговин стоку; 4 – переважний напрям вітру, небезпечного у відношенні суховіїв, дефляції ґрунту й снігу

протиерозійного ставка) у вздовжсхилову ланку. Гідрологічне визначення місця розташування та висоти валу є водночас і розрахунком довжини привододільної зони схилу мінімального ухилу, що включається в мікрозону А.

б) плакорний польовий підтип місцевості (схилова польова мікрозона Б, її верхня частина) - до нижньої межі плакорного типу Мількова, 1-ї еколого-технологічної групи земель, тобто приблизно в межах ізогекліни  $3^{\circ}$  і ареалу слабоеродованих ґрунтів. Землі використовуються під польові сівозміни.

Землі плакорного польового підтипу місцевості, разом із розташованими нижче по схилу землями, поділяються вздовжсхилівими ланками стоковідвідної інфраструктури АЛ на вздовжсхиліві сектори. Останні структуруються як схиліві блоки контурно-смугових РД на базі дійсної системи контурно орієнтованих ПЗС. Відстань між ПЗС визначає ширину РД. Контурність ґрунтується на обов'язковому стоковідвідному принципі. У створену первинну просторову структуру (в РД між ПЗС) вписується вторинна - дійсні системи стоковідвідних земляних споруд. Польова модифікація контурно-смугового структурування має таку головну відмітну рису, як паралельність верхньої і нижньої поперексхилівих меж кожної РД.

*Друга еколого-технологічна група земель.* У цю групу земель (нижня частина схилової польової мікрозони В) не слід включати землі з ухилом понад за  $5-6^{\circ}$ . Ці землі виділяють із пледнання схилового (прирічкового, надрічного) і надзаплавно-терасового типів місцевості (за Ф.М.Мільковим) як схилівий польовий підтип місцевості. На ґрунтах із слабим і середнім ступенем еродованості (можливі також невеликі плями ґрунтів сильної еродованості) звичайно рекомендуються так звані ГЗ сівозміни, які не

повинні мати жорсткої схеми ротації культур: багаторічні трави тут слід зберігати не протягом заздалегідь визначеної кількості років, а до тогу часу поки вони дають достатній урожай.

*Третя еколого-технологічна група земель.* Землі з ухилом понад 5-6<sup>0</sup>, або мікрозону В, кваліфікуємо як схиловий пасовищний підтип місцевості, виходячи з необхідності розвитку пасовищного господарства і утримання на пасовищах якомога більшого поголів'я худоби протягом принаймні півроку. На цих землях, навіть із урахуванням ГЗ ролі квазіприродної рослинності, стоковідвідне контурно-смугове структурування земель і полезахисна меліорація потрібні не менше, ніж на орних землях. ГЗ-М упорядкування виступає тут у його пасовищній модифікації з такими відмінностями від орної:

а) поперечносхиліві верхня і нижня межі кожного контурно-смугового загону пасовищезміни не обов'язково мають бути паралельними, а можуть майже в точності наслідувати горизонталі рельєфу з обов'язковими ерозійно безпечними стоковідвідними відхиленнями від них;

б) аналогічним чином стоковідвідні споруди можуть не вписуватися в контурно-смугові РД паралельно їхнім поперексхилівим межам, а трасуватися кожна окремо, без спеціального проектування, безпосередньо в полі;

в) наорний спосіб створення стоковідвідних споруд у вигляді валів-терас з широкою основою виключається;

г) полезахисна меліорація проводиться дійсними системами контурних живоплотів, що закріплюють поперексхиліві межі контурно-смугових загонів пасовищезміни.

*Землі заплавного типу місцевості (мікрозона I).* Сільськогосподарське використання цих земель (у тому числі і днищ великих балок) передбачає ретельне додержання природоохоронних вимог і урахування потреб відведення значних площ земель саме для природоохоронного використання. Після виконання ГЗ-М упорядкування АЛ на привододільних і схилових землях зменшиться надходження у заплави вод поверхневого стоку і ерозійних наносів, що полегшить і ГЗ-М упорядкування на землях цього типу.

## **Етапи і методичні прийоми практичного ескізного проектування грунтозахисно-меліоративної просторової структури агроландшафту**

### **Вступні зауваження**

1. Ескізні проекти можна розробити на значні площі в екстремному порядку. При цьому затрачається менше часу і праці, ніж при розробці проектів внутрігосподарського землевпорядкування. Разом із тим, вони дадуть змогу під час проектування будівельних робіт уникнути випадків, коли будівельні майданчики і траси комунікацій розташовували на родючих, цінних для сільськогосподарської діяльності землях або «по живому» різали, подрібнювали земельні масиви, утруднюючи агроландшафтну реорганізацію угідь. Ескізні проекти дозволять виділяти нові землекористування (у тому числі й селянські господарства) з повним урахуванням ГЗ вимог, виключаючи майбутні власні ускладнення при агроландшафтній реорганізації території.

2. Для ескізного проектування цілком достатнє використання топооснови М 1:10000 з перерізом рельєфу 1-2,5 м (іноді навіть 5 м). Крім того, потрібні план сучасної організації території і карта ґрунтів.

Обов'язковим є особисте детальне ознайомлення проєктанта з об'єктом проєктування в натурі, установлення достовірності і надійності наявних картографічних матеріалів.

3. При проєктуванні ГЗ-М просторової структури АЛ слід цілком абстрагуватися від сучасного антиекологічного прямокутно-прямолінійного членування угідь і від масово поширених малоцінних і шкідливих матеріальних рубежів, що закріплюють їхні межі. Це стосується, насамперед, переважної більшості полезахисних і протиерозійних лісових смуг (прияружні і прибалкові насадження зараз можна не зачіпати) та польових доріг. Зрозуміло, новим раціональним системам рубежів і ЗПД доведеться якийсь час співіснувати зі старими приреченими. Це призведе до немалих незручностей. Тому потрібно прагнути до мінімалізації тривалості цього співіснування. Зазначені незручності можуть бути законсервовані, а агроландшафтна реорганізація дискредитована, якщо дотримуватися принципу «внутрішньопольової організації території». На жаль, цей принцип довго популяризувався і може виявити всю свою шкідливість, якщо нові невеликі землекористування будуть виділяти на базі наявного «звичного» прямолінійно-прямокутного членування території.

**Перший етап проєктування:** поділ території на земельні масиви як об'єкти проєктування.

Земельний масив (ЗМ) необхідно розглядати як базову одиницю агроландшафтної структури, середнього ієрархічного рівня, у межах якої виділяються підрозділи нижчих ієрархічних рівнів (організаційні і ГЗ-М мікрозони і вздовжсхилкові сектори, РД). Агрегація ЗМ у агроландшафтні підрозділи вищих ієрархічних рівнів не є істотною для конкретного проєктування.

ЗМ виділяються, передусім, на основі геоморфологічних характеристик місцевості і відповідних стоко-ерозійних парадинамічних зв'язків між мікрозонами схилів. Саме ці зв'язки слід послабити і розірвати агроландшафтною реорганізацією. Важко уявити місцевість із настільки невираженим рельєфом, де ЗМ виділялися б цілковито на підставі відмінностей у ґрунтовому покриві. Приклад такого ЗМ - масив легких за гранулометричним складом ґрунтів у оточенні важких ґрунтів на рівній місцевості. Але послаблення і розрив вітро-дефляційних парадинамічних зв'язків за всієї їхньої важливості має здійснюватися, головним чином, у межах ЗМ, виділених без особливого урахування цих зв'язків, переважно на геоморфологічних і стоко-ерозійних підставах.

Зрозуміти поняття ЗМ найпростіше, змодельовавши його поняттєво на такому прикладі. Найпростіший ЗМ, що виділяється на зазначених безпосередньо вище підставах, - це розташований окремо від інших додатніх форм рельєфу горб. Горб є ареною прояву стоко-ерозійного парадинамізму в його чистому вигляді. Парадинамічні зв'язки спрямовані від верхівки горба до його подошви.

Отже, щоб підрозділити на ЗМ витягнутий міжрічковий (міждолинний) простір або простір між великими балками, треба спробувати розглянути його як серію горбів, що з'єднані підніжжями, нижніми і середніми частинами своїх схилів. Кожний ЗМ має свою «верхівку», свій привододільний простір, свої схиліві мікрозони. Від сусідніх по флангах ЗМ кожний масив відокремлюється від'ємними вздовжсхилівими формами рельєфу, які з протилежних схилів міждолинного простору, як правило, попарно зникаються через сідловину привододільного простору. Для агроландшафтного поділу земель взагалі характерне використання для розмежування підрозділів не вододільних

ліній, а тальвегових зон. Землі, що прилягають до вододільних ліній, є не окраїнними у підрозділах, а навпаки - структурними «центрами» підрозділів. Агрolandшафтний поділ території, особливо на нижчих рівнях типологічної ієрархії підрозділів (ЗМ, схиліві блоки контурно-смугових РД), зовсім не збігається зі звичним у охороні природи гідрологічним поділом на водозбори, можна сказати, «перпендикулярний» йому. Звичайно, на вищих рівнях, субрегіональних і регіональних, планування захисту ґрунтів і вод може відбуватися в межах водозборів і басейнів малих, середніх і великих річок.

Природний, переважно геоморфологічний розподіл земель на ЗМ ускладнюється цінними (тими, що не підлягають ліквідації) антропогенними рубежами. До них слід віднести шосейні і залізничні шляхи, лінії електропередач, інших комунікацій, населені пункти, лісові й паркові масиви. Наприклад, геоморфологічно єдиний ЗМ з єдиним привододільним простором часто поділяється на дві частини шосейним шляхом (шосейні шляхи зазвичай прокладають по вододілах). Ці дві частини доводиться розглядати і проектувати як два окремих ЗМ. Звичайно ж, цінні антропогенні рубежі враховуються і в розподілі земель на схиліві блоки контурно-смугових РД і при проектуванні самих РД.

**Другий етап проектування:** власне плакорний просапний підтип місцевості (мікрозона А).

Для виконання цього етапу цілком достатніми є відомості, викладені вище. Слід зазначити, що саме мікрозону А необхідно упорядковувати раніше, ніж схиліві землі, хоча дуже поширений протилежний погляд (вважають, що схиліві землі більш небезпечні і підлягають першочерговому упорядкуванню). Іноді пропонують навіть починати з

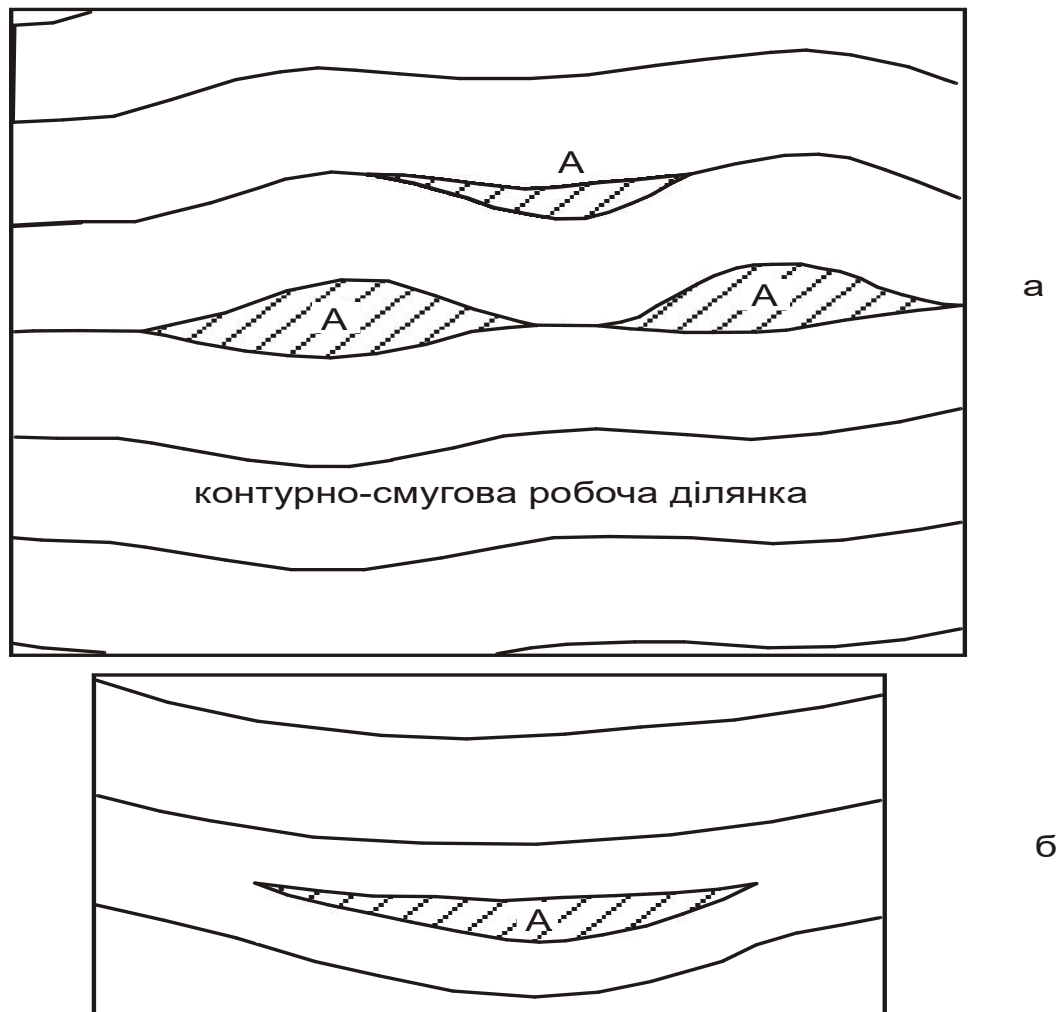
другої еколого-технологічної групи земель. Це суперечить напряму схилових парадинамічних гідролого-ерозійних зв'язків мікрозон.

Якщо на якомусь ЗМ цей підтип місцевості при вузьких привододільних просторах виклинується (так званий «стрічковий плакор»), цей етап проектування редукується до проектування, скажімо, однієї («замкової») власне плакорної смугової РД. Ця РД може мати не прямолінійні, а криволінійні довгі поперекихилові межі і відповідно за конфігурацією виглядати як типова контурно-смугова РД.

Якщо у випадку «стрічкового плакору» горизонталі рельєфу характеризуються великою кривизною або навіть звивистістю, зазначена «замкова» контурно-смугова РД може мати різко нерегулярну конфігурацію, аж до трикутної. Це не треба вважати дефектом проектування, оскільки зменшення кривизни меж цієї РД, спрямлення їх, надання РД «правильної» форми погіршить можливість додержання принципу контурності в структуруванні суміжних схилових земель. У цьому ж випадку може випасти навіть редукований другий етап проектування, якщо до самої вододільної лінії дійдуть контурно-смугові РД з протилежних схилів ЗМ (рис. 14.7). При цьому можливе утворення вздовж вододільної лінії коректуючих клинів (зазвичай - це верхівки вододільних горбів і пагорбів).

### **Третій етап:**

Поділ схилових земель на вздовжсхиліві сектори і проектування протиерозійного оснащення вздовжсхилових ланок стоковідвідної інфраструктури АЛ. Цей етап охоплює обидві схилові мікрозони Б і В і може виконуватися одночасно з другим етапом, оскільки його результати корисні для уточнення меж власне плакорного підтипу місцевості



**Рис. 14.7. Якщо привододільний простір являє собою вузьку смугу горбів і сідловин, що чергуються (“стрічковий плакор”), можливо вивести до вододільної лінії коректуючі клини (А), розмістивши їх: а) між контурно-смуговими робочими ділянками або між схилівими блоками протилежних експозицій; б) посередині робочої ділянки**

(мікрозони А) і проектування водозатримного валу-дороги вздовж цієї межі.

У реалізації проектів агроландшафтної реорганізації виконання цієї частини проекту теж має передувати всьому іншому облаштуванню

схилкових земель, з тим, щоб виділені і протиерозійно облаштовані на відведення стоку контурно-смугові РД «підключалися» до вздовжсхилкових ланок уже готової (або хоча б попередньо обладнаної) стоковідвідної інфраструктури АЛ. Інакше можливе прискорене руйнування цих ланок, утворення в них промивин. Найпоширеніші вздовжсхилкові рубежі - улоговини стоку - слід визначити на топопланах і в натурі негайно увести їх у землевпорядний обіг, провести на них хоча би початкове протиерозійне облаштування (зарівнювання тальвегових розмивів, вирівнювання притальвегових смуг землі і інтенсивне їх залуження), після чого постійно, неухильно і суворо контролювати їхню цілісність, дотримуючись поперечносхилового напрямку обробітку ґрунту і інших агротехнічних операцій на міжулоговинних просторах у рамках сучасної «організації території». Звісна річ, цей «доагроландшафтний» захід має риси сурогату справжньої агроландшафтної реорганізації, але він не може дискредитувати майбутню реорганізацію, навпаки, є підготовчим до неї.

Схилкові землі поділяють на вздовжсхилкові сектори (рис. 14.8) з метою перетворення останніх на схилкові блоки контурно-смугових РД, а вздовжсхилкові рубежі, що розмежовують ці сектори (від'ємні форми вздовжсхилового розчленування поверхні) - на вздовжсхилкові ланки стоковідвідної інфраструктури АЛ. До таких рубежів належать стабілізовані й виположені яри та ярки і найбільш масові елементи вздовжсхилового розчленування - улоговини стоку різноманітної морфології і різного ступеня вираженості.

Спроби організувати територію на відведення з улоговин стоку, що вже зосередився в них, неперспективні. Тому всі улоговини мають виконувати одноманітну функцію - збирання і відведення стоку з довколишніх угідь. Для цього їх потрібно надійно закріпити, провівши

певні гідрологічні розрахунки, не до схилів улоговин, а до нової стоковідвідної структури угідь. Проте цілком можливий і емпірично-практичний шлях поступового досягнення надійного захисту улоговин стоку. Етапи цього досягнення такі:

1. Рекультиваційне засипання тальвегових розмивів, вирівнювання притальвегових смуг і інтенсивне їх залуження з великою нормою висіву і з внесенням добрив, а можливо, і з поливом. Ретельний догляд за створеним травостоєм.

2. У разі змиву і розмиву нерозорюваних схилів улоговини (ці схили будуть перетинатися з ерозійно безпечним ухилом стоковідвідними спорудами) - залуження також і цих схилів.

3. Побудова каскадів малих протиерозійних ставків (починаючи з мілководного лиману перед водозатримним валом на межі з мікрозоною А), щоб замість швидкого проходження стоку будь-якої інтенсивності вздовж улоговини безпечно перетікання води із ставка в ставок спостерігалось тільки після їхнього виповнення.

4. Заліснення штучним або природним шляхом.

Доречно зазначити, що саме вздовжсхилові ланки стоковідвідної інфраструктури є місцями розташування окремих елементів системи польових доріг, які мають забезпечувати доступ до кожної РД з її флангів.

Якщо на схилі є цінні антропогенні рубежі, наприклад, дороги з твердим покриттям, уздовж них слід теж створити вздовжсхилові ланки стоковідвідної інфраструктури.

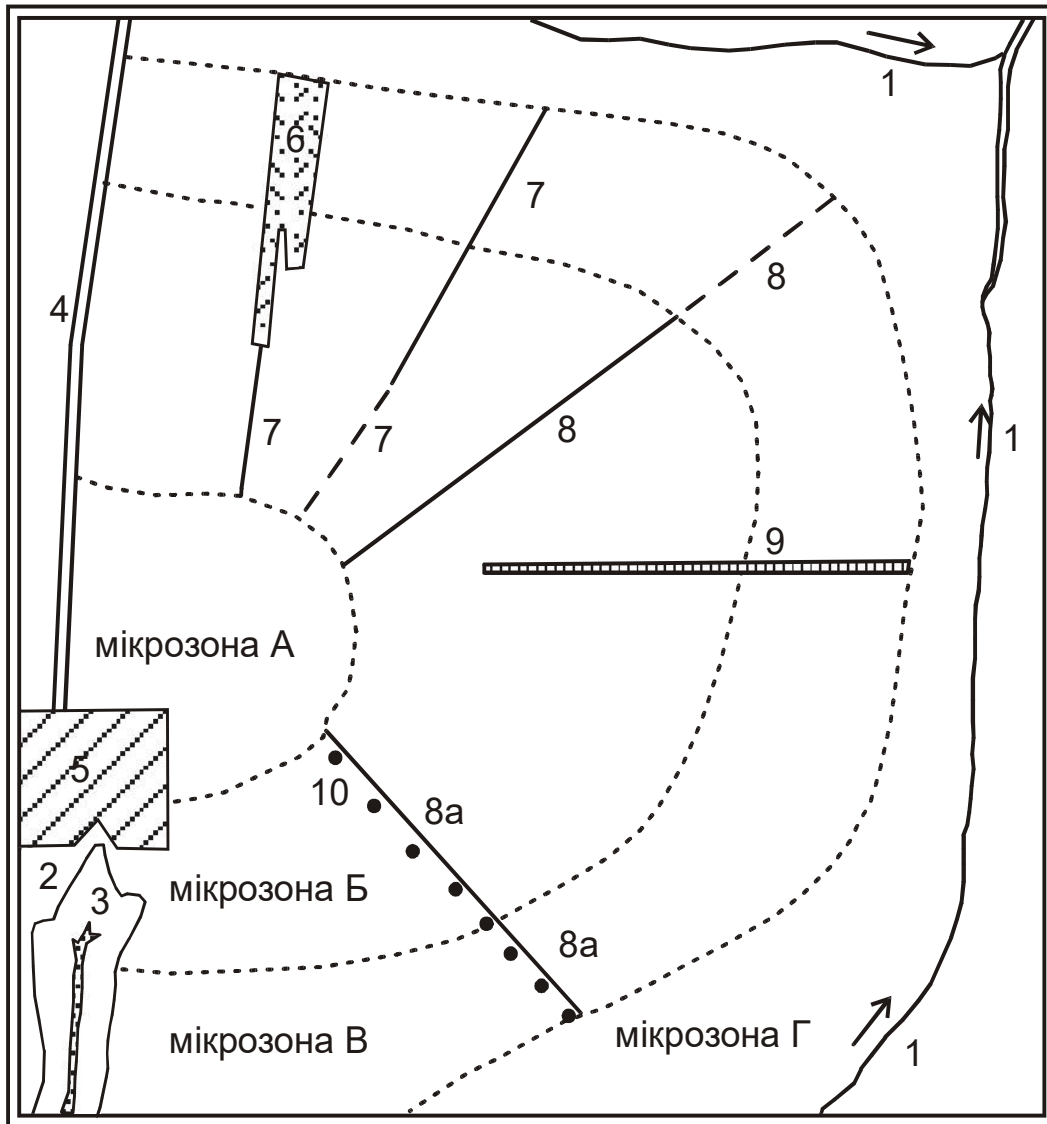


Рис. 14.8. Ілюстративна схема прикладу поділу мікрозон Б+В

**на схиліві блоки контурно-смугових робочих ділянок**

Рубежі, що обмежують земельний масив: 1 – річка; 2 – балка, в ній 3 – донний яр; 4 – дорога; 5 – населений пункт. Вздовжсхиліві рубежі, що поділяють мікрозони Б+В на вздовжсхиліві сектори, майбутні схиліві блоки контурно-смугових робочих ділянок (переривистою лінією показано факультативні рубежі): 6 – виположений яр; 7 – улоговина стоку; 8 – експозиційний рубіж; 9, 10 – рубежі, що створюються (а наявні використовуються) для обмеження довжини контурно-смугових робочих ділянок, а саме: 9 – залужений водоток; 10 – вздовжсхилова лісова смуга, що підлягає перетворенню на водоток, вона ж експозиційний рубіж 8а.

## Деталізація третього етапу проектування

### *Розгалуження вздовжсхилкових секторів у напрямі згори вниз.*

Оскільки збільшення кількості улоговин та мікроулоговин у нижніх частинах схилу є характерною закономірністю його геоморфології, розгалуження вздовжсхилкових секторів у напрямі згори вниз, із відповідним скороченням ширини кожного з них, теж є закономірністю побудови ГЗ-М просторової структури АЛ в орному ареалі АЛ.

Якщо ширина «субсекторів» між улоговинами і мікроулоговинами менша, ніж допустима ефективна довжина гонів агрегатів, це одна з ознак схилового пасовищного підтипу місцевості з постійним залуженням (що, не виключає необхідності протиерозійного облаштування цих улоговин).

### *Випадки занадто великої ширини вздовжсхилкових секторів.*

Коли поперексхилова ширина вздовжсхилового сектора складає 700-1000 м, це відповідає такій же довжині контурно-смугових РД (теж у поперексхилковому напрямі). Довжина ліній відведення стоку в таких РД в оптимальному випадку складає відповідно 350-500 м. Ці величини можна вважати гранично допустимими. Якщо ж відстань між природними або антропогенними вздовжсхилковими рубежами більша, площу між ними необхідно поділити на два (дуже рідко на три) вздовжсхилкові сектори, влаштуванням штучного вздовжсхилового рубежу типу залуженого водотоку. Його слід приурочити до тієї поздовжньої смуги схилу, де рисунок горизонталей рельєфу сприяє деякій концентрації стоку (рис. 14.9). Це зумовлено тим, що оптимальним для стоковідвідного контурно-смугового структурування вздовжсхилового сектора є поперечноопуклий профіль схилу в його межах. За такої умови стоковідвідні рубежі матимуть меншу кривизну, ніж горизонталі рельєфу.

Це оптимізує конфігурацію РД, а іноді навіть наближає їхні межі до прямолінійних.

Таким чином, поділ схилу без чітких вздовжсхилкових рубежів на вздовжсхилкові сектори потребує включення в кожний сектор розсіючого фрагмента схилу і розмежування секторів вздовж збираючихфрагментів схилу.

#### *Урахування експозиції схилу*

Для сучасних землекористувань характерні великі за площею РД - «поля». У практиці часто ще й об'єднували ці поля, особливо поля сівозмін із розташованими нижче по схилу полями «ГЗ» сівозмін, якщо межа між ними не була зміцнена, наприклад, лісосмугою. Такі «суперполя» можуть включати землі від вододілів до тальвегів. У результаті величезні поля характеризуються гетерогенністю мікрокліматичних і ґрунтових умов у них. Вони часто поєднують у собі різні схилкові мікрозони і ґрунти різного ступеня еродованості, з різноманітними властивостями і їхньою часовою динамікою, які не можуть бути враховані виробництвом. Контурно-смугова структура орних земель на схилах дає можливість це враховувати. Іншим джерелом гетерогенності таких полів є експозиція схилів. Через кліматично-інсоляційні умови і частково через «вітроударність» схилів вона впливає, зокрема, на відкладення снігу (звичайно, до створення дійсних систем ПЗС). Кожний вздовжсхилковий сектор (він же - схилковий блок контурно-смугових РД) повинен мати однорідну експозицію, бажано з різницею азимуту орієнтовно не більше  $45-60^{\circ}$ . Тому до ліній різкої зміни експозиції схилу слід приурочити межу вздовжсхилкових секторів, звичайно, суміщену з польовою дорогою.

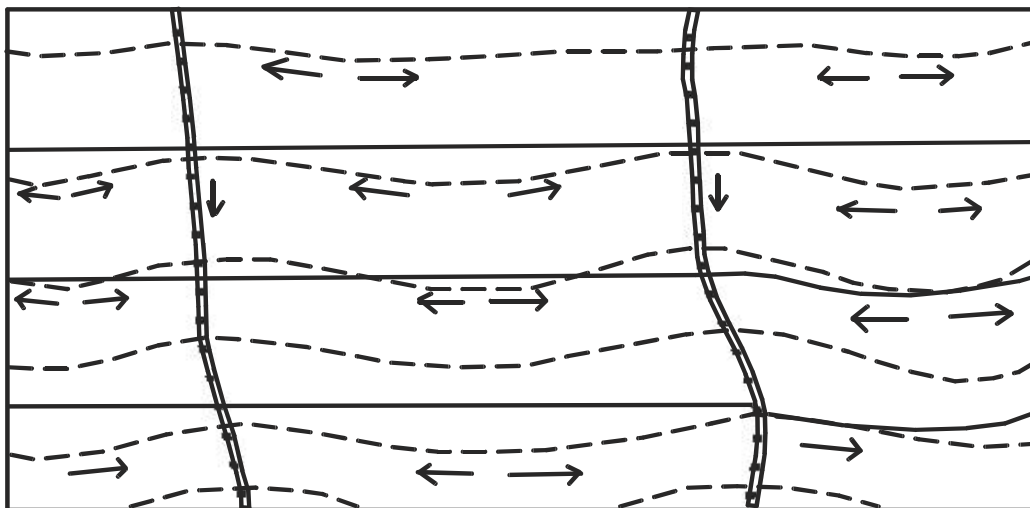
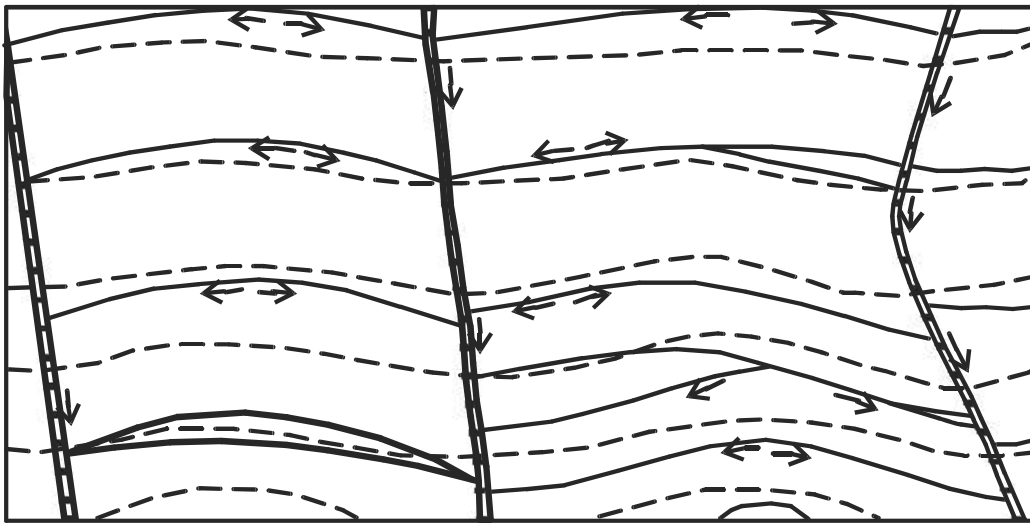


Рис. 11.9. На поперечно-протяжному схилі без розвиненого вздовжсхилового мікрорельєфу поділ площі на поперечно-опуклі вздовжсхиліві сектори (внизу) дозволяє структурувати площу простіш, ніж поділ на поперечно-увігнуті сектори (вгорі).

- горизонталі рельєфу
- поперечносхиліві межі робочих ділянок
- вздовжсхиліві ланки стоковідвідної інфраструктури
- ← напрям відведення стоку

Є принципово неприємними «красиві» рисунки контурної організації території, де РД мають конфігурацію майже кругову (рис. 14.10): у таких РД не можна буде виконувати технологічні операції по всій довжині внаслідок різниці в часі сніготанення, просихання і прогрівання ґрунту, проходження фенофаз культур, часу їхнього досягання тощо.

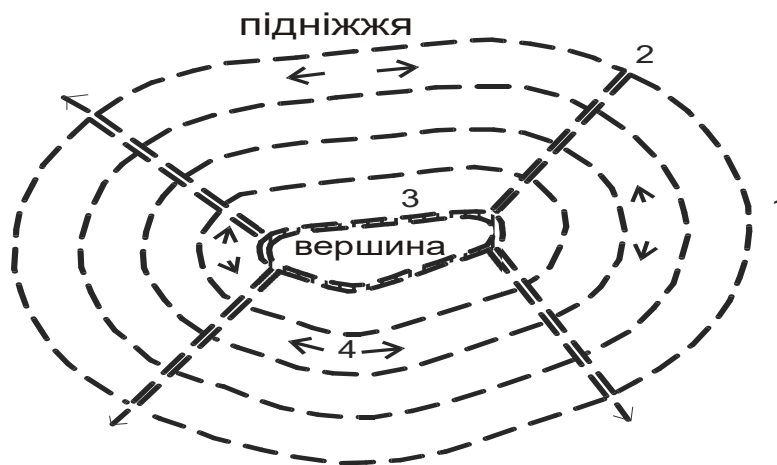
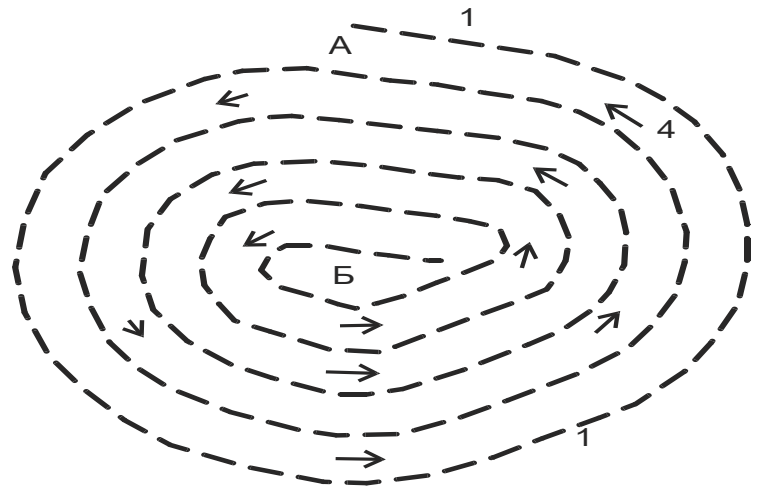
Якщо ж фрагмент схилу значної поперечної протяжності характеризується поступовою зміною експозиції схилу (не крутий злам горизонталей, а їхній поворот з великим радіусом кривизни), тут можна виділити й оформити в натурі «перехідний» вздовжсхилувий сектор, що розділятиме сектори, різко відмінні за експозицією.

**Четвертий етап проектування:** контурно-смугове структурування вздовжсхилувих секторів.

Виділення організаційних і ГЗ-М схилувих мікрозон у межах вздовжсхилувих секторів має допоміжний, «консультативний» характер. Замість їхніх уявних меж (ізогеоклін) в натурі реалізуються (закріплюються за допомогою ЗПД) межі окремих контурно-смугових РД. Зміст ГЗ-М проектування на схилувих землях стисло, але досить повно охарактеризовано вище. Далі наведено необхідну деталізацію сказаного вище.

*Орна модифікація контурно-смугового структурування земель.*

Це структурування здійснюють в межах вздовжсхилувих секторів схилувих земель, у мікрозоні Б (плакорний польовий і схилувий польовий підтипи місцевості). Наявні системи ПЗС тут закріплюють контурні стоковідвідні довгі поперечносхилуві межі контурно-смугових РД. Тільки завдяки ПЗС можливе збереження та ландшафтно стабільне існування цих меж і взагалі існування контурно-смугової просторової структури



**Рис. 14.10. Організація території поверхні куполоподібного підвищення (без істотного вздовжсхилового розчленування): вгорі — контурно-спіральна; внизу — у вигляді схилових блоків контурно-смугових робочих ділянок:**

1 – поперечно-схилові межі робочих ділянок; 2 – експозиційні рубезі, закріплені дорогами і водотоками; 3 – вал-дорога; 4 – напрям відведення стоку

схилових земель: без них неможливо гарантувати усунення рецидивів обробітку ґрунту та інших агротехнічних операцій в довільному напрямі, запобігти руйнуванню поперечносхилових рубезів сільськогосподарською технікою. Відповідно ширина (у вздовжсхиловому напрямі) контурно-

смугових РД визначається відстанню між ПЗС у їхніх дійсних системах - 200 м на більшій частині України, крім зони темно-каштанових і каштанових ґрунтів, ділянок з дефляційнонебезпечними легкими ґрунтами, де потрібні значно менші відстані. На ділянках зі складним рельєфом ускладнюється і контурно-смугове структурування. Тут часто буває бажано зменшити вдвічі ширину контурно-смугових РД (і відстань між ПЗС, що закріплюють їхні поперечносхилкові межі). Так вирішується питання суміщення надійної полезахисної меліорації схилкових земель з їх контурно-смуговим структуруванням.

Функція часткового тимчасового затримання води, що утворюється на поверхні ґрунту, з ерозійно безпечним відведенням непоглинутих ґрунтом надлишків покладається на стоковідвідний орний нанорельєф, паралельний контурним стоковідвідним межах РД. Нанорельєф поступово усталюється завдяки незмінності напряму обробітку ґрунту, а частково переростає в стоковідвідний мікрорельєф - контурні стоковідвідні гребені і улоговини на місці більш-менш постійних гребенів і борозен при оранці всклад або врозгін. Функція перехоплення вздовжсхилового стоку і його ерозійно безпечного відведення у контурному напрямі покладається на діючі системи лінійних стоковідвідних земляних споруд.

Можна передбачати дві основні схеми (при максимальному насиченні ЗПД) розміщення ЗПД на межах і на площі контурно-смугової РД у напрямі вздовж схилу (рис. 14.11):

1) ПЗС по верхній межі, суміщена зі стоковідвідною спорудою – 50 м – споруда – 50 м – споруда – 50 м – споруда – 50 м – ПЗС по нижній межі, суміщена зі спорудою.

2) ПЗС по верхній межі – 25 м – споруда – 50 м – споруда – 50 м – споруда – 50 м – споруда – 25 м – ПЗС по нижній межі.

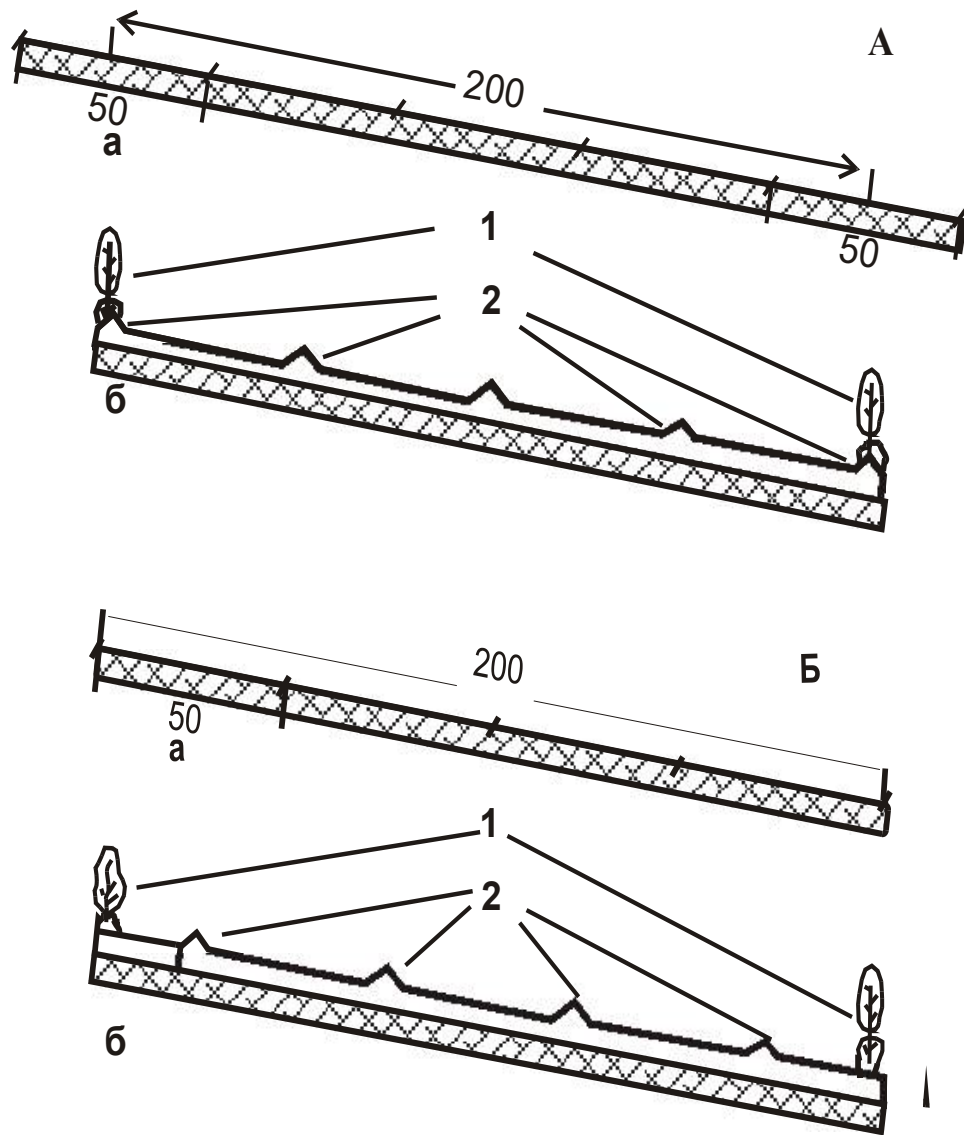


Рис.14.11. Схеми двох варіантів (А і Б) поділу 200-метрової ширини контурно-смугової робочої ділянки для розміщення поздовжніх смуг (кожна завширшки 50 м) з метою докоріної меліорації мікрорельєфу поля з попереднім зняттям гумусованого шару ґрунту й поверненням після планування поверхні та створення валів-терас (а), а також відповідного розміщення валів-терас (б).

У варіанті А полезахисні смуги суміщуються зі стоковідвідними спорудами (далі вказано відстані у метрах).

1 — полезахисні смуги-куліси; 2 — вали-тераси

Перша схема зручніша в період прискореного запровадження, особливо якщо немає підстав очікувати прихильного сприйняття агроландшафтної реорганізації землекористувачами і існує необхідність «ставити їх перед фактом». Але за цієї схеми утруднений догляд за ПЗС, складніша загінна оранка: розміщення її меж таке ж, як і для докорінної меліорації ґрунтового покриву (рис. 14.11). При другій схемі спрощується знищення сторонньої рослинності впритул до стовбурів дерев у ПЗС-кулісі. Загінна оранка дає змогу постійно підтримувати вали-тераси з широкою основою суміщенням із віссю валу зваляного гребеня при оранці всклад. Вздовж ПЗС з часом утворюється додаткова орна форма стоковідвідного мікрорельєфу.

Найважливіша просторова вимога до орних контурно-смугових РД — постійність ширини кожної РД по всій її довжині, тобто паралельність її верхньої і нижньої поперечносхилових меж. Забезпечити цю паралельність за умов переважно непаралельних горизонталей рельєфу непросто. Це може бути полегшено комп'ютерним проектуванням, для якого нині складаються сприятливі передумови. По-перше, поширення деталізованої топооснови утруднює «ручну» працю з нею. По-друге, громадськість поступово готується до сприйняття того, що земельне проектування має забезпечувати, насамперед, природні ресурсоохоронні вимоги і тільки після цього - вимоги механізації технологічних процесів. У спробах поєднати ці часто непоєднувані настанови навички та інтуїція проектувальника були незамінними. Обмежена кількість проектувальних критеріїв і вимог створює умови і для автоматизованого просторового проектування.

Деякі поради до проектування паралельних поперечносхилових меж контурно-смугових РД, що впливають з набутого нами досвіду:

1. Якщо неможливо забезпечити рівноцінну ерозійну безпечність і верхньої та нижньої меж, слід віддати перевагу підвищеній ерозійній безпечності нижньої межі. Схема ж пошуку оптимального варіанту така: ерозійно безпечне трасування верхньої межі - паралельне їй трасування нижньої межі - перевірка ерозійної безпечності нижньої межі - виправлення її траси у випадку необхідності корекції з метою підвищення ерозійної безпечності - корекція верхньої межі, щоб вона стала паралельною відкоригованій нижній, з утворенням при необхідності вздовж верхньої межі коректуючих клинів.

2. Зростання екологічної свідомості працівників сільського господарства дозволяє сподіватися, що не виникатиме протидій створенню вздовж поперексхилових меж не тільки коректуючих клинів мінімальної площі, але і вузьких коректуючих смуг змінної ширини вздовж майже всієї межі РД. Саме це і полегшить комп'ютерне проектування. Слід нагадати загальновідоме про широкі можливості використання коректуючих РД за умов зменшеної інтенсивності механізованих операцій, для яких коректуючі РД менш зручні внаслідок нерегулярної конфігурації. Це й насінневі посіви багаторічних трав, і плантації медоносних рослин, і просто відновлення природних (квазіприродних) біоценозів для одержання, серед іншого, незамінного сприятливого екологічного впливу на суміжні орні землі.

3. Необхідно наголосити на необхідності закріплення за допомогою ПЗС і верхньої і нижньої межі коректуючої РД. За малої ширини РД одна з меж, бажано верхня, може бути закріплена не ПЗС, а чагарниковою смугою. На кінцях коректуючого клина верхня і нижня ПЗС мали б зімкнутися. З метою забезпечення доступу до коректуючого клина з боку і верхньої, і нижньої контурно-смугових РД, на одному з кінців

клина верхня ПЗС не доводиться до змикання з нижньою, на протилежному кінці - нижня не доводиться до змикання з верхньою. Це дасть змогу запобігти підсиленню вітру в місцях розривів (рис. 14.12).

4. Як правило, горизонталі зближуються, а ухил поверхні зростає на фланговій периферії майже кожного вздовжсхилового сектора. Тут важко сумістити паралельність поперексхилкових меж з їхнім ерозійнонебезпечним ухилом. Тому на цій фланговій периферії вздовж вздовжсхилкових ланок стоковідвідної інфраструктури потрібно розширити існуючу або створити вздовжсхилкову смугу «природних» кормових угідь. Смуга перетинається стоковідвідними спорудами, які з додержанням ерозійнонебезпечного ухилу, але вже без додержання паралельності відводять стік з контурно-смугових РД у гідрографічну сітку (рис. 14.13).

5. Вздовжсхилкові сектори мають звичайно опуклий поперечний профіль. Стоковідвідний принцип трасування поперечносхилкових меж РД зменшує кривизну горизонталей, і якщо їхня кривизна мала, межі РД можуть бути близькі до прямолінійних і навіть прямолінійними. Якщо ж кривизна горизонталей велика, часто виникає необхідність регулярного введення коректуючих клинів нижче майже кожної контурно-смугової РД вздовж вздовжсхилової осі сектора, де відстань між горизонталями найширша, або навіть РД немалої площі з непаралельними межами (рис.14.13). Якщо у такому збільшеному клині верхня і нижня межі мають ерозійнонебезпечний ухил (зрозуміло, верхня завжди має меншу кривизну, ніж нижня), можна за допомогою стоковідвідних споруд (особливо вузьких споруд із залуженою поверхнею і гребеня, і каналу) структурувати такий збільшений клин для зручнішого використання у складі сівозміни. Стоковідвідні споруди мають бути паралельними нижній межі клина і відводити стік до верхньої його межі.

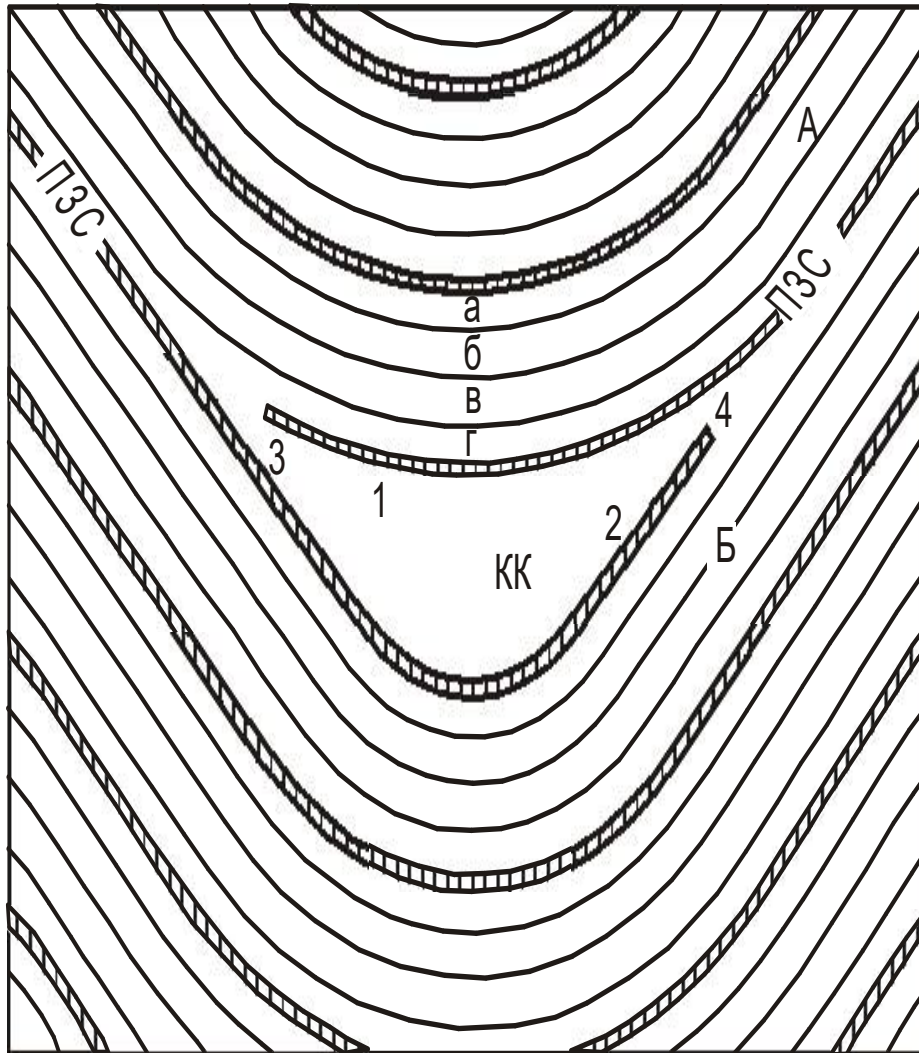


Рис. 14.12. Розміщення позахисних лісосмуг (ПЗС), які обмежують контурно-смугові робочі ділянки (А, Б та ін.) з коректуючим клином (КК) поміж ними (у даному випадку між ділянками А і Б).

Суцільними лініями показані лінійні стоковідвідні гідротехнічні споруди (тераси будь яких модифікацій) з міжтерасними просторами (а, б, в, г та ін.)

- 1, 2 — гілки ПЗС, що закріплюють відповідно верхню і нижню межу КК
- 3, 4 — проходи для агрегатів

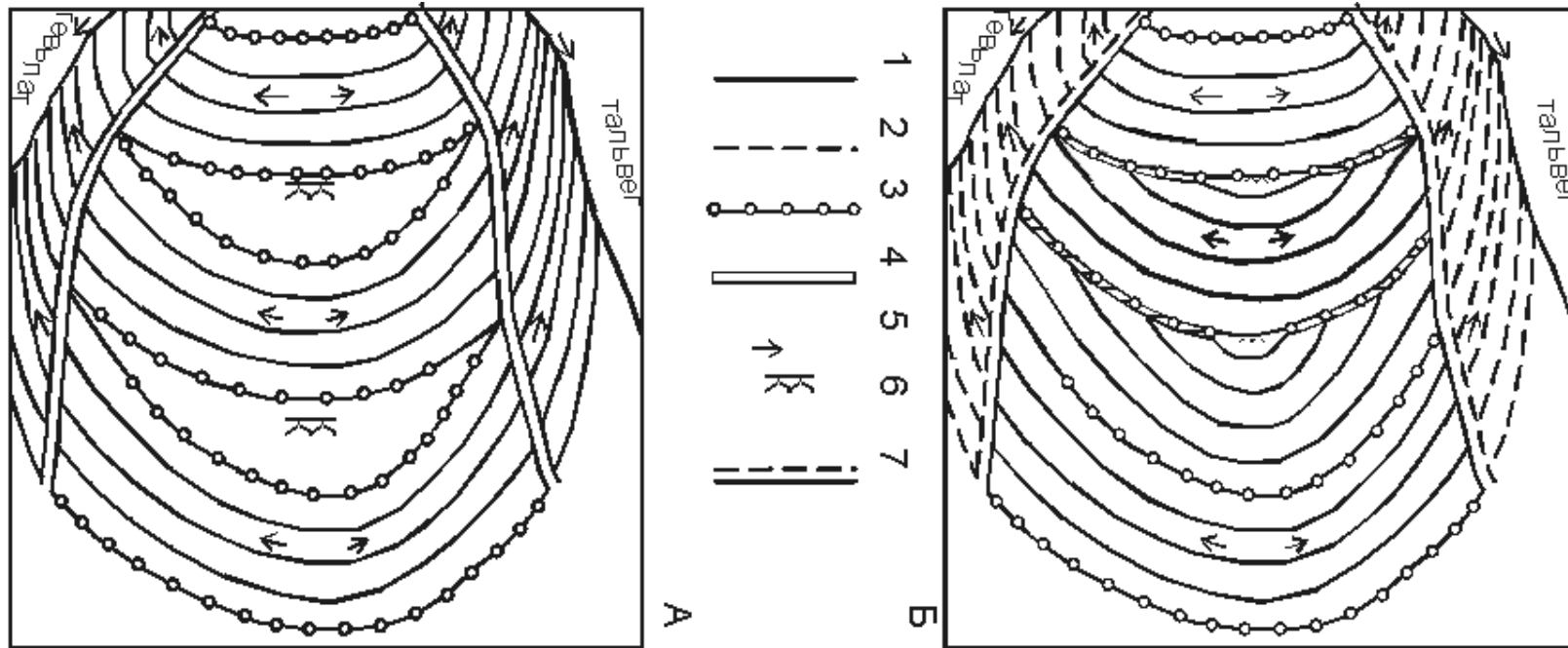


Рис. 14.13. Варіанти контурно-смугового структурування орної площі експозиційно порівняно однорідного поперечно-випуклого міжбалкового (міжулоговинного) схилу. Пояснення — в тексті.

Контурні стоківідвідні земляні споруди: 1 — на орних землях; 2 — продовження на схилі пасовищних землях; 3 — суміщені з полезахисними смугами поперечно схилів міжробочих ділянок; 4 — внутрішньоблокові поперечно схилів ланки стоківідвідної інфраструктури агроландшафту; 5 — напрямквідведення стоку; 6 — коректуючий клин; 7 — польова дорога по краю орних земель.

Останню можна протиерозійно підсилити, перетворивши у вздовжсхилову ланку (внутрішньосекторну, а не міжсекторну) стоковідвідної інфраструктури АЛ.

6. Якщо у вздовжсхиловому секторі між двома чітко вираженими рубежами поперечний профіль схилу увігнутий (саме слабо увігнутий), а сектор недостатньо широкий, щоб поділити його на два сектори вздовж осі стококонцентруючої увігнутості горизонталей, стоковідвідне трасування поперечносхилових меж РД приводить до того, що вони (за винятком флангових частин сектора) матимуть кривизну більшу, ніж горизонталі. Флангові ж периферійні частини сектора організуються у відповідності з п. 1.4.

#### *Сівозмінне використання орних контурно-смугових РД*

Контурно-смугові РД звичайно мають невелику площу, переважно до 10-15 га. Тому не виникає труднощів з їхньою агрегацією у поля сівозмін (зрозуміло, за умови найсуворішої недоторканості меж РД і ЗПД, які їх закріплюють). До сказаного вище слід додати доцільність черезсмужного об'єднання РД у поля сівозмін. Наприклад, у перше поле сівозміни потрібно включити 1-у, 3-ю, 5-у (і т.д.) РД, у друге - 2-у, 4-у, 6-у (і т.д.) РД. Це підвищить екологічну стабільність АЛ в цілому, зменшить швидкість поширення шкідників, захворювань рослин, багатьох бур'янів, навіть пожеж.

Про необхідні зміни у веденні так званих «ГЗ» сівозмін згадувалося вище .

#### *Пасовищна модифікація контурно-смугового структурування земель*

Це питання висвітлене вище. Додамо лише, що на невеликих смугах кормових угідь по вздовжсхилових ланках стоковідвідної інфраструктури

(і також на виведених з орного використання крутих і еродованих флангових периферійних частинах вздовжсхилових секторів, що примикають до вздовжсхилових ланок), контурно-смугове структурування досягається простим виведенням з орних земель у вздовжсхилові ланки контурних ЗПД з ерозійнобезпечним ухилом.

Відповідно до наведеної можливості виконання контурно-смугового структурування безпосередньо в полі із застосуванням найпростіших геодезичних робіт, камеральне проектування для великих площ пасовищ (наприклад, для розвинених балкових систем) може завершуватися на етапі виділення вздовжсхилових ланок стоквідвідної інфраструктури і їхнього закріплення.

### **Логічна формула присвоєння номерів земельним масивам, блокам робочих ділянок, робочим ділянкам**

Після агроландшафтної реорганізації кількість РД зростає у десятки разів. Виникає питання їхньої інвентаризації, паспортизації із занесенням даних у комп'ютерну базу (банк) даних для поточного управління. Відповідно потрібно позначити їх постійними номерами, бажано на підставі логічної формули, яка б відбивала природничі, гідролого-геоморфологічні принципи, покладені в основу агроландшафтного структурування земель, на відміну, від звичного простого позначення поля сівозміни і порядкового номера РД у цьому полі. Далі для нижньої ланки таксономії підрозділів АЛ «ЗМ - блок смугових (контурно-смугових) РД - РД» пояснюється одна з таких формул.

*Напрямок ведення нумерації ЗМ і їхніх підрозділів*

- а) від вододілу до підніжжя схилів;
- б) для схилових блоків РД - переважно у напрямі руху стрілки годинника (Пн - ПнС - С - ПдС - Пд - ПдЗ - З - ПнЗ).

### *Групи цифр і літер, що складають номер РД*

Для легшого сприймання зручно розділяти групи косою рисою:

перша група означає ЗМ;

друга - блок смугових РД або схиловий блок контурно-смугових РД;

третья - РД у їхньому блоці.

### *Номер ЗМ (перша група цифр)*

Надають кожному ЗМ в порядку єдиної і суцільної нумерації усіх ЗМ даного проекту агроландшафтної реорганізації агроландшафтно-меліоративного об'єкта, адміністративної одиниці (сільради). Не виключено дати ЗМ також (додатково) власну назву за найбільш характерним і відомим урочищем. Такі назви зазвичай є на топокартах.

### *Нумерація власне плакорних блоків смугових РД*

Якщо у межах ЗМ наявний блок смугових РД на привододільному просторі власне плакорного ГЗ-М підтипу місцевості, цей блок позначається цифрою 0, якщо таких блоків кілька, вони позначаються додатковою літерою: 0а, 0б, 0в, і т.д. Приклади нумерації блоку смугових РД: 3/0/...; 4/0б/... .

### *Нумерація смугових РД*

Якщо для даної місцевості встановлено переважний напрям вітру або сукупності всіх шкідливих вітрів (дефляційних, хуртовинних, суховійних тощо), смугові РД у їхньому блоці слід нумерувати починаючи з першої за цим напрямом. Це відповідатиме закономірності наростання інтенсивності дефляції в напрямі вітру, а також імовірній закономірності підсилення полезахисної дії ПЗС вглиб їхньої системи.

Якщо переважний напрям вітру не встановлений чи не виявлений достатньо чітко, бажано нумерувати РД відповідно до п.1.5.1 б, тобто починаючи з Пн - ПнС.

Якщо ширина РД менша за стандартну по всій довжині РД або більша як на 1/2 її (це найчастіше крайні РД в блоці), до номера РД слід додати Х, наприклад: 3/0a/7X.

*Нумерація контурно-смугових РД у їхніх схилових блоках*

Нумерація (рис. 14.14а) ведеться в напрямі проходження стоку - зверху вниз по схилу. РД зі стандартною шириною (у напрямі вздовж схилу) нумеруються двома цифрами, наприклад:

1/1/1+2;

1/1/3+4.

РД шириною, що дорівнює 1/2 стандартної, нумеруються однією цифрою, наприклад:

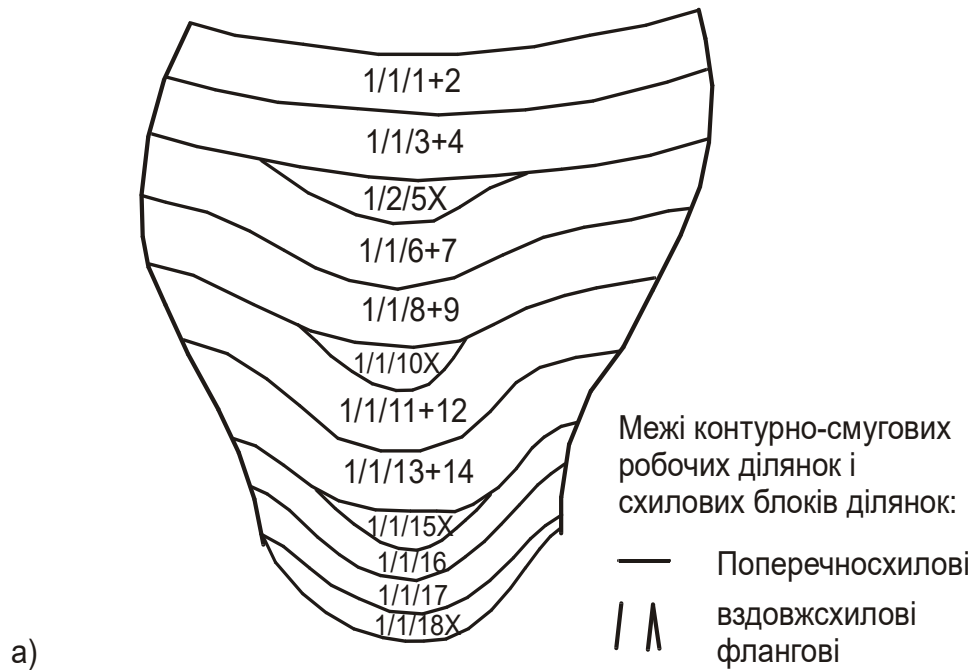
1/1/5.

РД, що на половині своєї довжини (або більш) мають ширину, меншу за стандартну або її половину, позначаються однією цифрою з додаванням літери Х:

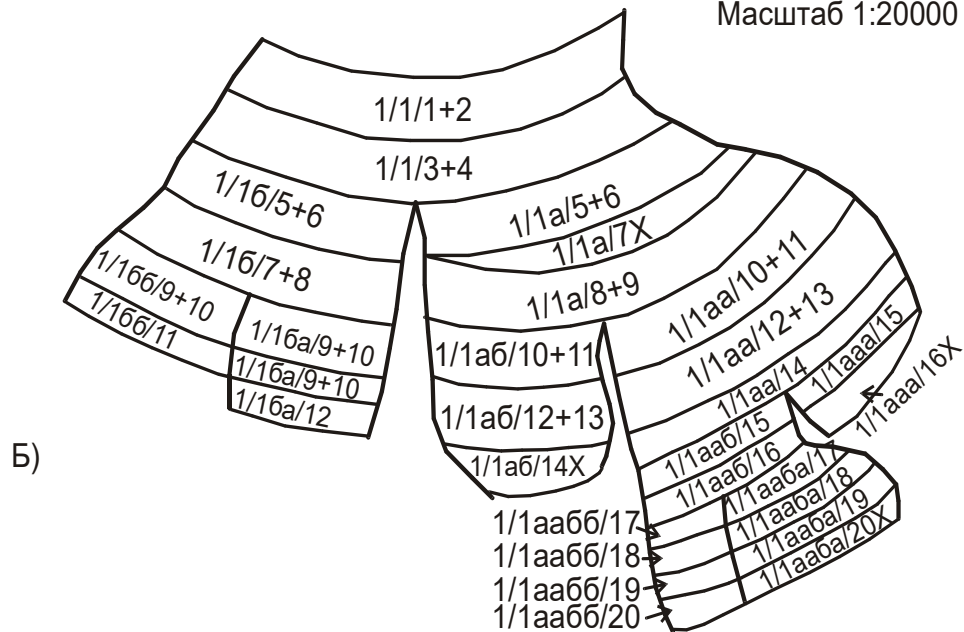
1/1/6X.

*Специфічні випадки нумерації частин ЗМ, або субмасивів*

В умовах ерозійного долинно-балкового рельєфу контури ЗМ визначаються, як правило, на основі геоморфологічних ознак. Із них найхарактерніша - єдиний для ЗМ привододільний простір у вигляді вододільного «горба» (сідловина між горбами звичайно генерує на схилах лінію розділу між ЗМ). Але іноді при посиленому розчленуванні поверхні окремі периферійні частини ЗМ виглядають частково відокремленими або значною мірою ізольованими від решти ЗМ.



Масштаб 1:20000



**Рис. 14.14 Конкретні приклади застосування логічної формули  
присвоєння номерів підрозділам агроландшафтно  
реорганізованих угідь. Аркуш 1**

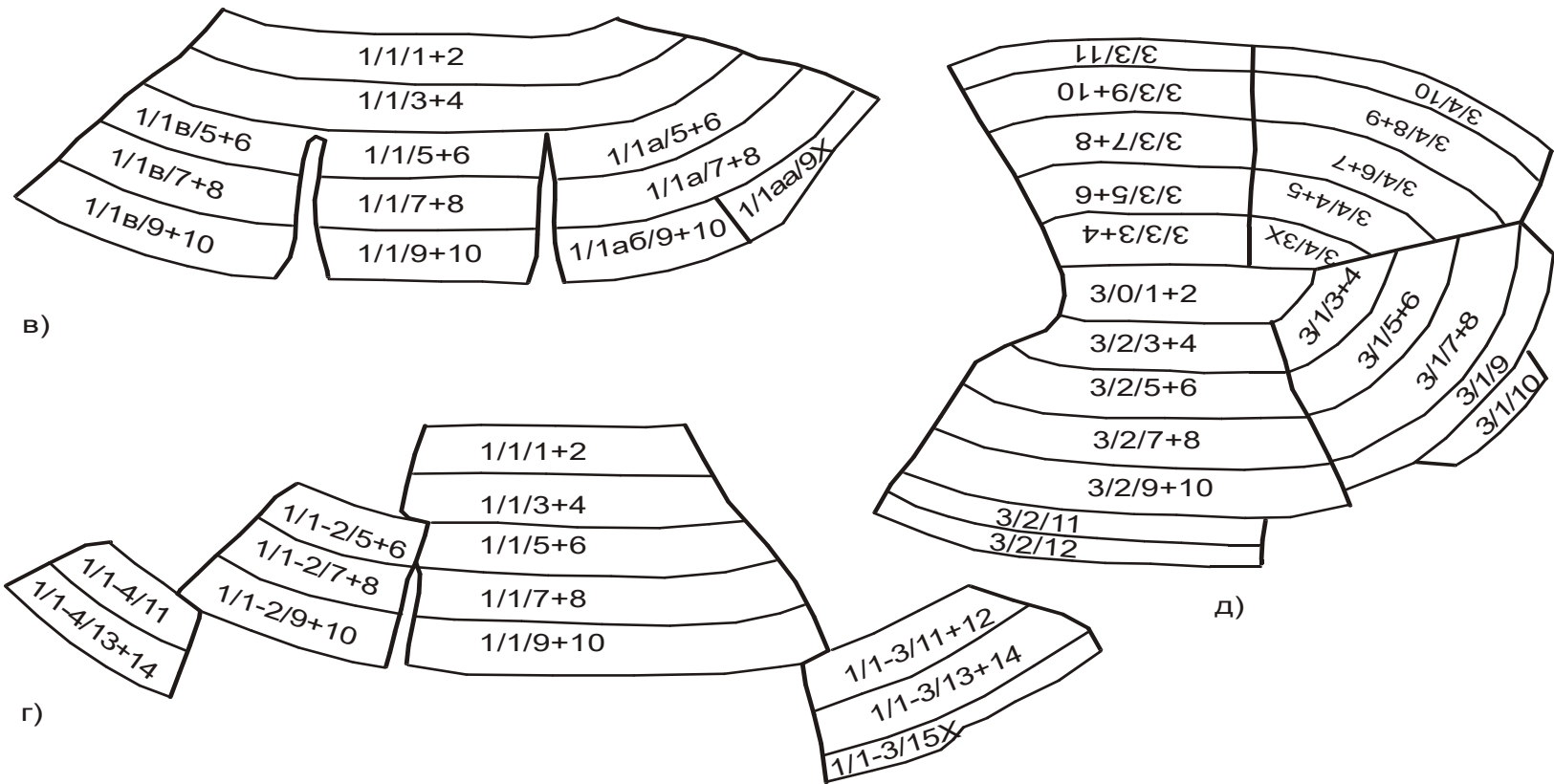


Рис. 14.14. Конкретні приклади застосування логічної формули присвоєння номерів підрозділам агроландшафтно реорганізованих угідь. Аркуш 2

Це варто відобразити у нумерації субмасивів. Можна використати у 1-й «земельно-масивній» групі цифр і літер правила, викладені нижче для подібних випадків у схилових блоках контурно-смугових РД, зокрема, для випадків значної ізоляції.

*Нумерація підрозділів схилових блоків контурно-смугових РД*

Поширеним явищем є «роз'єднання» (диз'юнкція, дихотомія) схилового блоку нижче по схилу на два, три й більше субблоків. Диз'юнкція найчастіше обумовлена тим, що у середній і (або) нижній частинах схилу набувають морфологічного вираження від'ємні елементи вздовжсхилового розчленування, які вище відсутні або нечітко виражені. Ці елементи потребують стоковідвідного і протиерозійного оснащення і оформлення як вздовжсхиліві ланки стоковідвідної інфраструктури АЛ. Можуть бути і інші причини диз'юнкції, наприклад:

а) дуже велика ширина схилу (у поперексхиловому напрямі) в його нижній частині, яка перевищує ерозійно безпечну межу довжини контурно-смугових РД (тобто довжини ліній відведення стоку) і вимагає відповідного розділення штучною стоковідвідною вздовж схиловою ланкою стоковідвідної інфраструктури АЛ;

б) зросла у нижній частині схилу відмінність у експозиції різних («правої» та «лівої») частин схилу;

в) наявність істотних антропогенних рубежів тощо.

Спостерігаються дві основні форми вздовжсхилової диз'юнкції схилового блоку:

а) верхні, нероз'єднані контурно-смугові РД чинять помітний стоко-ерозійний парадинамічний вплив на нижні, роз'єднані РД; це парадинамічно чітка форма; пропонується позначати субблоки індексом-літерою біля номера блока, наприклад: 1а, 1б і т.д. (якщо диз'юнкція повторюється і нижче по схилу, вводяться додаткові літери, наприклад: 1аа, 1аб, 1ав і т.д.; ще нижче - 1ааа, 1ааб, 1аав і т.д.; 1аба, 1абб, 1абв і т.д.);

б) зазначений парадинамічний вплив незначний або майже

відсутній; пропонується позначати субблоки індексом-цифрою, наприклад: 1-1, 1-2, 1-3 і т.д.; якщо диз'юнкція повторюється нижче у парадинамічно чіткій формі, субблоки позначаються додатковими літерами; інші пояснення - у п. 1.5.8.5.

Приклад літерної індексації субблоків і контурно-смугових РД у схиловому блоці з парадинамічно чіткою диз'юнкцією, що повторюється у напрямі вниз по схилу, наведено на рисунку 14.14б. В індексації субблоків, суб-субблоків (і т.д.) слід дотримуватися вищенаведених правил.

Те ж саме для випадку, коли схиловий блок не роздвоюється, а «розтрюється» (і т.д.) - на рисунку 14.14в.

Приклад цифрової індексації субблоків контурно-смугових РД у схиловому блоці з наявністю парадинамічно нечіткої диз'юнкції наведено на рисунку 14.14г, де відбито, що така дихотомія часто може обумовлюватися не геоморфологічними особливостями розчленування поверхні ЗМ, а тим, що у склад схилового блоку не включаються несільськогосподарські землі. Слід звернути увагу: цифра 1 не вживається як друга цифра другої групи цифр і літер. Порядок нумерації субблоків - по черзі їхнього появи у напрямі від вододілу вниз по схилу, тобто визначається висотним рівнем відокремлення субблоку від блоку. Якщо висотний рівень однаковий – за вищевказаними правилами.

*Нумерація привододільних РД у специфічних (хоч і дуже типових)*

*випадках відсутності у привододільній частині ЗМ*

*власне плакорного блоку смугових РД*

Якщо схилові блоки протилежних експозицій з'єднуються по вододільній лінії і припасовані один до одного без коректуючих клинів-«вставок», РД нумеруються в кожному схиловому блоці окремо.

Якщо на привододільному стику схилових блоків утворено привододільні коректуючі клини або інші невеликі РД нерегулярної конфігурації, в нумерації цих клинів чи РД номери схилових блоків конструюють згідно із загальними правилами. Якщо ж клин чи РД майже

цілком пов'язаний парадинамічно з одним із протилежних схилових блоків, у групі номера схилового блоку ставлять номер тільки цього блоку.

Оскільки ширина цих клинів і РД не є стандартною, номер власне клина (РД) складається з однієї цифри (цифри 1) з додаванням літери Х. Якщо клинів утворено кілька, до цифри 1 слід додати літери, черговість яких має бути такою: 1/1/1aX; 1/1/1bX; 1/1/1vX, і т.д.

Якщо на привододільному просторі утворена одна привододільна смугова (контурно-смугова) РД, пов'язана парадинамічно з обома схиловими блоками протилежних експозицій, вона і має бути віднесена до обох цих блоків, з позначенням їх у групі схилового блоку, наприклад: 1/(1,2)/1+1 за стандартної ширини РД, або 1/(1,2)/1 - якщо ширина РД дорівнює 1/2 стандартної, або 1/(1,2)/1X за іншої ширини РД. Першим у дужках ставлять номер того схилового блоку, з яким РД парадинамічно пов'язана тісніше. У наведених прикладах це перший блок; якби РД була тісніш пов'язана з 2-м блоком, було б: (2,1). Якщо без додаткових досліджень важко з'ясувати тісноту парадинамічних зв'язків, номери схилових блоків у дужках не розділяються комою, а з'єднуються знаком «дорівнює». Зокрема, для наведених вище прикладів відповідно: 1/(1=2)/1+1; 1/(1=2)/1; 1/(1=2)/1X. Так у третій групі літер і цифр, що характеризують власне номер РД, формально відбивається ширина РД, але це не вплине на номер розташованої нижче у схиловому блоці контурно-смугової РД. Її номер буде 2+3 за стандартної її ширини, 2 якщо ширина складає 1/2 від стандартної, 2X за іншої ширини.

Якщо ж вододільна смугова чи контурно-смугова РД є «замком» для трьох (або більшої кількості) схилових блоків контурно-смугових РД (як на рисунку 14.14д), вододільну РД слід позначити у групі схилового блоку як 0 (нуль), а у групі РД як 1, або 1+2, або 1X - в залежності від ширини. Нижче розташовані РД нумеруються як 2, 2X або 2+3 у першому і третьому випадках, 3, 3X або 3+4 у другому випадку.

## **Закінчення: про практичне виконання агроландшафтної реорганізації земель**

Охарактеризована послідовність етапів проектування (і реалізації) ГЗ-М просторової структури угідь відкриває перспективи поступового виконання агроландшафтної реорганізації земель у тій же послідовності безпосередньо за ескізним проектом.

Можна сподіватися, що в недалекому майбутньому реалізація ескізних проектів може стати безпосередньою справою самих землекористувачів (звичайно ж, за умови залучення спеціалістів різного рівня й різних профілів як для консультацій, так і для виконання окремих специфічних операцій). Навіть якщо всі роботи виконуватимуться сторонніми спеціалізованими організаціями та підприємствами, повсякчасний і всебічний контроль за роботами з боку землекористувача повинен бути обов'язковим.

Після виконання другого й - у першому наближенні - третього етапів можна починати контурно-смугове структурування вздовжсхилових секторів. В ідеалі бажано щороку в кожному вздовжсхиловому секторі виносити в натуру і тимчасово закріплювати стоковідвідні попереکشиліві межі однієї, верхньої контурно-смугової робочої ділянки, облаштовувати її необхідною кількістю стоковідвідних земляних споруд. Потім протягом року (або двох) пересвідчитися в прийнятності зробленого (перш за все у справному стоковідвідному функціонуванні поверхні РД і гідротехнічних земляних споруд), внести необхідні поправки й уже тоді закріпити поперечносхиліві межі за допомогою ПЗС. Після цього в даному схиловому блоці РД можна починати виносити в натуру нижчої по схилу контурно-смугової РД і всіх інших робіт із її облаштування й закріплення.

Прискорення темпів робіт, як і виконання їх за один прийом у всьому вздовжсхиловому блоці «від привододільних земель до тальвегу» приховує у собі можливість дефектів, виправити які буде вже важко, або навіть неможливо. Від прихованих дефектів не може бути гарантований

вільним і деталізований техноробочий проект агроландшафтної реорганізації, складений спеціалістами установ землеустрою або інших спеціально уповноважених установ, підприємств, фірм. Розрахункова основа проектування, створена за будь-якою з безлічі запропонованих методик, теж не є гарантією повної досконалості і бездефектності. Тому для всіх випадків слід було б рекомендувати зазначене вище поступове, поетапне, розважливо помірковане виконання агроландшафтної реорганізації земель, щоб мати можливість постійно коригувати й сам проект настільки, наскільки в ньому неможливо було достатньо врахувати просторову варіабельність умов поверхневого стоку та ерозії, в першу чергу мікрорельєфу поверхні, на яку вперше в історії її існування наложиться обробіток ґрунту в заданому раз назавжди, фіксованому, стоковідвідному напрямку.

#### **Контрольні запитання**

1. Термін агроландшафт (АЛ).
2. Технологічний субкомпонент створюваного АЛ.
3. Просторово структурний субкомпонент антропоного компонента АЛ.
4. Стоковідвідні гідротехнічні земляні споруди.
5. Стоковідвідна інфраструктура АЛ.
6. Критерій системності стоковідвідних земляних споруд.
7. Типологія ґрунтозахисно-меліоративної просторової структури агроландшафту.
8. Перша еколого-технологічна група земель.
9. Друга еколого-технологічна група земель.
10. Третя еколого-технологічна група земель.
11. Етапи і методичні прийоми практичного ескізного проектування.
12. Орна модифікація контурно-смугового структурування земель.

## ГЛАВА 15. СУЧАСНІ МЕТОДИ ПЕРЕДПРОЕКТНОГО ОБСТЕЖЕННЯ ТЕРИТОРІЇ

Нині ми живемо в ері інформації. Вважається, що до винаходу парової машини в світі панувала ера матерії, сировини. Після цього почалася ера енергії, тобто час в якій саме енергія, її джерела, методи та технології одержання і використання набули найбільшої ціни для людства.

Але вже на початку 20 століття найдорожчою за все інше стала інформація. Безсумнівно все це пов'язано з загальним розвитком людської цивілізації, її науки та техніки.

Прискорення наукового прогресу призвело до різкого прискорення темпів життя світового суспільства. Найбільш явним проявом цього стали розвиток засобів пересування та постійне підвищення їх швидкостей. Іншим прикладом є по'явлення нових, все більш зручних та потужних засобів зв'язку.

Все це стало трампліном для приходу епохи інформатики. Дійсно, за умов коли найбільший прибуток стало можливим одержати, насамперед, за рахунок швидкої реакції в часі та просторі, саме інформація стала королевою економіки, а слідом за неї і політики. Історія останнього століття має безліч прикладів, коли саме наявність певних даних руйнувала, або навпаки підносила як фінансові так і політичні імперії.

Отже, прийняття будь-яких рішень, в тому числі і земельпорядних, повинно ґрунтуватися на ретельному аналізі наявної інформації. Чим точніша та об'єктивніша ця інформація, чим оперативніше вона оновлюється, тим більше шансів на те, що прийняте рішення буде вірним. Ще одним важливим аспектом є дешевизна одержання інформації та її оптимальність. Останнє можна охарактеризувати словами “необхідно та достатньо”, тобто інформації повинно бути не забагато і не замало.

Узагалі, можна сформулювати такі основні вимоги до інформації:

1. Достовірність. Інформація має бути достовірною, тобто обґрунтованою будь-яким способом (наприклад, експериментом, логічним доказом).

2. Оперативність. Тісно пов'язана з достовірністю – застаріла інформація не може вважатись достовірною.

3. Репрезентативність. Дуже важливий аспект оцінки інформації. Репрезентативність (від франц. *representatif* - показовий) - відповідність характеристик, отриманих у результаті вибіркового спостереження, показникам, що характеризують усю генеральну сукупність. Тобто, наприклад, ми маємо вибірку з 20 автомобілів, 15 із яких є “Мерседеси”, а решта - “Запорожець”. Якщо ми навмання оберемо одну машину для характеристики всієї групи, і це буде саме “Запорожець”, то така інформація буде нерепрезентативною.

4. Оптимальність. Об'єм інформації повинен відповідати вимозі “необхідно та достатньо”. Зайва інформація може лише заважати при прийнятті рішень та буде розцінюватись, як “шум”.

Відповідно до цих вимог можна визначити критерії щодо збору інформації:

1. Об'єктивність. Інформація, що надходить повинна бути стовідсотково достовірною та репрезентативною. Для виконання цієї умови збір інформації має проводитись з використанням методів і засобів, які є стандартизованими та верифікованими.

2. Економічність. Система збору інформації має бути побудована таким чином, щоб з одного боку забезпечувати всі вище перелічені вимоги, а з іншого боку, не витратити зайвих коштів. Іншими словами, щоб уникнути “стрільби з гармати по горобцях”.

3. Оптимальність. Вибір методів та засобів одержання інформації повинний повністю забезпечувати достовірність та оперативність

даних, та при цьому не створювати дублюючої або зайвої інформації. Дотримання цієї вимоги автоматично впливатиме і на критерій економічності збору інформації.

Бурхливий науково-технічний прогрес останніх 20 років у сфері комп'ютерної техніки й технології дав новий поштовх розвитку кількісних методів досліджень у таких традиційно «якісних» науках як географія, біологія, ґрунтознавство.

Мова йде насамперед про оцінку, аналіз і інтерпретацію описової інформації, яка навіть якщо і вимірюється в абсолютних величинах, але характеризує, як правило, дискретний (точковий) об'єкт, із принципово нових позицій - кількісного аналізу характеристик об'єкта. Прикладом може бути рельєф, а точніше його традиційна форма відображення у вигляді ізоліній.

Розробка математичних принципів і методів роботи з картами рельєфу має свою історію. Однак складність представлення й обробки континуальної інформації традиційними засобами (паперові носії) не давала можливості широко використовувати дані підходи при вирішенні прикладних задач.

Сучасні комп'ютерні технології інтерполяції та відтворювання реальних поверхонь дають змогу одержувати принципово нові «картографічні» матеріали, наприклад, цифрову модель рельєфу. Остання є растровим зображенням реальної поверхні, для кожного пікселя якої визначено ряд геоморфологічних параметрів (абсолютна височина, ухил, ухил, експозиція та ін.).

Іншим прикладом може бути традиційна методика проведення ґрунтової зйомки. Інформація, яку одержували ґрунтознавці, мала дискретний, а не континуальний характер. Побудова ґрунтових карт проводилося без чітких математичних обґрунтувань, що значно зменшувало вірогідність основи будь-якої науки – відтворюваність результатів експерименту. Досвід ґрунтознавця заміняв йому

неможливість повноцінного використання таких матеріалів як аерофотознімки і топографічні карти.

У той же час саме ґрунтова карта є альфою й омегою будь-яких господарських операцій із земельними ресурсами, будь-то розробка чи сівозмін або видача оцінного сертифіката на землю.

Сучасні технології, а саме – геоінформаційні системи, геостатистичні прикладні пакети, програмні реалізації побудови й аналізу поверхонь, алгоритми розпізнавання образів, у сполученні з настільки затребуваною зараз аерокосмічною інформацією і традиційними топографічними картами, дають можливість принципово по новому підійти до ряду прикладних завдань ґрунтознавства та сільського господарства.

### **15.1. Системний аналіз просторової структури природних та сільськогосподарських ландшафтів**

Наш світ є чотиримірним – три вісі вимірювання характеризують те, що ми називаємо простором, четверта вісь – час. Будь-які явища та об'єкти, що існують у світі характеризуються саме цими універсальними науковими категоріями, що представляють “відношення об'єктів абстраговані від усіх їхніх властивостей крім координатії та слідування” (Боков В.А., Черванев І.Г., 1989).

Всі живі істоти на відміну від неживих можна охарактеризувати здатністю до самопродовження (розмноження) та здатністю до свободи рішень, яка ґрунтується на прогнозі ситуації у широкому сенсі цього слова.

Нині доведено, що тенденція до розмноження не є прерогативою лише живих організмів. Так, саморозвиток та поширення в певній мірі властиве таким природним утворенням як гідрографічна мережа, структура річкових дюн та піщаних барханів (Арманда.Д., 1988). Але хоча всі ці явища і ґрунтуються на складних зворотних від'ємних та додатних зв'язках, які є й обумовлюють “вибір” та “поступки” об'єктів, в жодному

разі ані косні ані біокосні об'єкти не можуть прогнозувати обставини, що склалися, та “осмислено” реагувати відповідно з прогнозом на них.

Інакше кажучи, у неживих утворень немає свободи, свободи вибору, яка є обов'язковим атрибутом життя. Так, камінь не може сам ані змінити місце розташування ані вплинути на природні умови таким чином, щоб забезпечити збереження існування самого себе в часі, як своєрідного аналога життя. Але вже найпростіші організми за рахунок адаптаційно-прогнозних механізмів здатні до пересування в просторі з метою поліпшення умов існування, і як наслідок створення можливості пересування в часі – тобто здійснення процесу, яке ми називаємо життям.

З біології, соціології, історії відоме, що первинним бажанням будь-якої живої істоти є бажання свободи, прагнення до вільного, самостійного прийняття рішень. Таке прагнення пояснюється дуже просто – максимальна свобода від обмежень надає і максимальну можливість вибору та прийняття рішень у процесі життя, а відповідно і максимальну вірогідність продовження свого існування та існування своїх нащадків, що вже можна назвати справжньою фантастичною часовою мандрівкою.

Птиця, звір можуть у певній мірі проаналізувати, оцінити та запобігти небажаному впливу через зміну просторового положення, говорячи нормально - втекти. Людина крім того, вже здатна впливати на середовище та змінювати його під себе.

Сама здатність вищих живих істот до аналізу, оцінки та прогнозу ситуації і викликала дуже складні “прилади” (органи відчуття) та механізми, що дають можливість цим істотам орієнтуватись в середовищі як у просторі, так і в часі.

Відомо, що чим вищий за розвитком організм, тим складніша будова його мозку та нервової системи, тобто апарату, який дає змогу оцінювати та адекватно реагувати на умови середовища. Появу людини, відокремлення її від тваринного світу, можна охарактеризувати появою

абстрактного мислення, що також є потужним засобом для вдосконалення аналізу просторово-часової ситуації.

Саме така потреба до прогнозу з метою поліпшення виживаності як окремого індивіда, так і соціальної структури, до якої він належить, і пояснює ту увагу та зацікавленість людей до понять термінів “часу” та “простору”.

**Абсолютні та відносні концепції простору та часу в ландшафтознавстві.** Уже в стародавньої Греції склались дві різні, і в значній мірі протилежні, концепції простору та часу. Перша з них розглядала простір суто як умістище, в якому розташовані матеріальні об'єкти. Вважалося, що воно як би заповнено цими об'єктами, при цьому не враховувались взаємовідносини між ними. Час розглядався як течія, що не пов'язана з існуванням матеріальних тіл. У другій концепції простір ототожнювався з порядком взаєморозташування об'єктів, а час – із мірою їх еволюційних змін (Боков В.А., Черванев І.Г., 1989).

Перша концепція стала основою для уявлень про абсолютні простір та час, які використовуються в сучасній фізиці, де абсолютний простір задається системою метричних мір, які характеризують відстані між об'єктами. Абсолютний час є мірою тривалості всіх процесів та задається системою мір, що визначають проміжки часу між подіями.

Концепція абсолютних просторово-часових уявлень дала змогу емпірично пізнавати світ шляхом формування певних реперів за допомогою умовних, але достатньо сталих мір, що відіграло значну роль у процесі пізнання матеріального світу, в тому числі і географічних явищ (Гришанников, 1983).

Друга концепція розвивала уявлення про простір та час як відносні категорії, що самі обумовлені взаємним розташуванням об'єктів та їх динамікою.

До речі, взагалі дуже важко уявити собі світ, який би не мав будь-яких матеріальних субстанцій, але мав би при цьому довжину та розвиток.

Проаналізуємо вище описані точки зору стосовно простору та часу на конкретному прикладі. Розглянемо схил (рис. 15.1), що має достатньо складний повздовжній профіль.

Існують два види просторових мір: метричні та позиційні. Метричні міри найбільш широко відомі, це відстані, висоти, площі, кути нахилу тощо. Під позиційними мірами розуміють місцеположення об'єктів, що утворюють просторові позиційні ряди.

Позиційні міри характеризують топологічні властивості простору і залежать лише від взаємного зіткнення об'єктів або частин одного об'єкту.

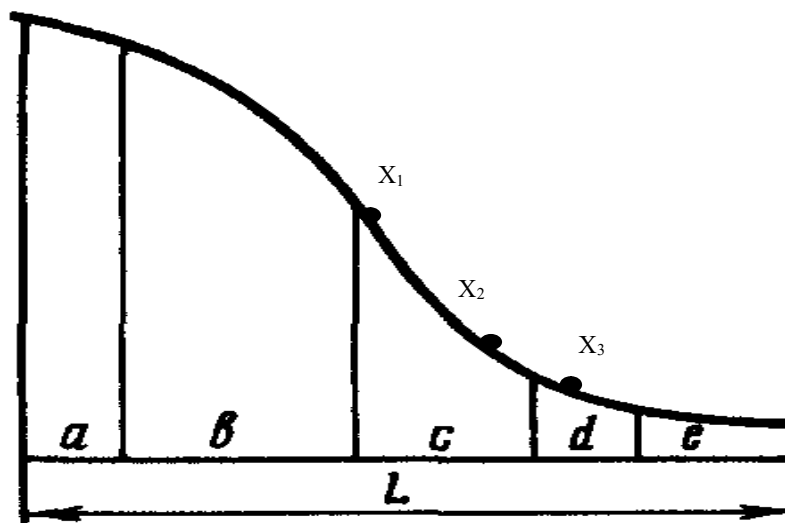


Рис.15.1. Схилний ряд місцеположень (складено за Боковим В.О.)  
Частина схилу: а - привододільна; б - верхня; с - середня; д - нижня; е - підніжжя. Відстань L відповідає п'яти позиційним одиницям.

Для наведеного на рисунку схилу позиційними мірами будуть його однорідні елементи – привододільна, верхня, середня, нижня частини та підніжжя. Кожна з них є однорідним неподільним на даному

географічному рівні елементом, що характеризуються однакою повздовжньою та поперечною крутизною грані. Для вирішення багатьох теоретичних та практичних задач саме позиційні міри можуть стати більш корисними аніж метричні. Кожна з частин даного схилу внаслідок однорідності своїх геоморфологічних показників буде характеризуватись надходженням однакою кількості сонячної радіації у кожній точці поверхні грані, однакою швидкістю руху води на ній, та ймовірно, при однакових гірських породах, і однакою швидкістю фільтрації води. Усе це буде створювати для кожного окремого елементу схилу однакові абіотичні умови для розвитку рослин та ґрунтів.

У цьому випадку може більше цікавити не загальна відстань між двома точками на схилі, а навпаки їх позиційне розташування. Так, наприклад, для проведення ґрунтового обстеження можна обрати тактику закладення ґрунтових розрізів за регулярною сіткою (тобто через однакові відстані), або за нерегулярною сіткою. В останньому випадку, як це до речі, і прийнято в ґрунтознавстві, розрізи закладаються на характерних однорідних ділянках рельєфу. Зрозуміло, що схема відбору зразків за нерегулярною сіткою буде оптимальною і в інформаційному і в економічному аспекті. За наведених умов точки  $X_1$  та  $X_2$ , що розташовані по краях частин В наведеного схилу (рис.15.2), будуть скоріш за все характеризувати більш схожі ґрунти ніж точка  $X_3$ , яка належить до частини С, хоча за метричними мірами остання значно ближче до точки  $X_2$  ніж точка  $X_1$ .

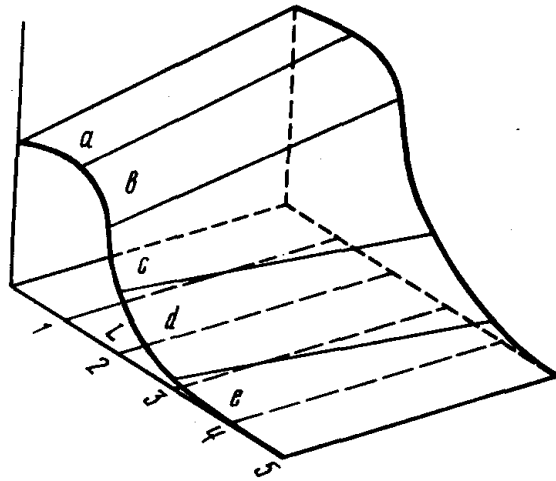


Рис.15.2. Співвідношення метричних мір (1,2,3,4,5) і позиційних мір (a,b,c,d,e) нахилі (складено за В.А. Боковим)

**Просторово-часові відношення в ландшафтних комплексах.** У фізико-географічних системах формуються особливі просторово-часові відношення, які з одного боку, пов'язані з простором та часом більш фундаментальних явищ (фізичних полів, планетарних мас, геологічних тіл і т. ін.) і навіть в більшій мірі визначається ними, а з іншої такі відношення самі і є результатом будови, функціонування й взаємодії самих систем (Боков В.О., Черваньов І.Г., 1989).

Сполучення таких різномасштабних факторів обумовлює одночасний прояв абсолютних і відносних властивостей простору та часу.

При цьому в залежності від масштабу геосистем, що розглядаються, дія таких фундаментальних факторів буде значно варіювати. Для геосистеми глобального рівня – географічної оболонки - основними формуючими факторами будуть сила тяжіння, гравітаційні взаємодії з космічними тілами, сонячна радіація, тектонічні рухи.

Так, наприклад, характерна зональна зміна ландшафтів України з півночі на південь є проявом відомого закону фізико-географічної зональності, що обумовлюється зростанням надходження сонячної радіації

на при наближенні до екватора. Ландшафтний прояв таких зональних закономірностей розподілу сонячної енергії характеризує структуру географічної оболонки і належить до глобального рівня.

На структуру й функціонування фізико-географічних комплексів регіонального рівня (фізико-географічні країни, області) впливатимуть вже інші фактори: переважаючі рухи повітряних мас, віддаленість території від океану, наявність високих гірських масивів та інші. Наприклад, західні й східні регіони України відрізняються за ступенем континентальності, що обумовлює різні кліматичні умови і, як наслідок, відміну в ландшафтах.

При переході на нижній локальний рівень дія факторів зональності та континентальності зникає майже повністю. Так, для місцевості, або урочища надходження сонячної енергії буде обумовлюватися вже фактором рельєфу, а саме експозицією та крутизною схилів. Віддаленість від океану та пов'язане з цим надходження опадів, також буде фоновим для території ландшафтів локального рівня, і не буде визначати його внутрішню будову й динаміку. Замість цього в гру вступають інші активні гравці (фактори), які впливатимуть на перерозподіл, такого важливого компоненту ландшафту, як волога. Для ландшафтної місцевості такими домінуючими факторами крім уже згаданого рельєфу будуть її геологічна будова, ґрунти, рослинність антропогенне використання території тощо.

Отже, для кожного ієрархічного рівня ландшафтів існує своя просторово-часова розмірність, яка зумовлюється переважаючими за інтенсивністю ландшафтоформуючими факторами. Можна сказати, що кожний ландшафт живе у своєму просторі, розмірність якого часто буває більшою, ніж традиційна тривимірна метрична розмірність.

Існування будь-якого об'єкта описується його переміщенням у просторі та зміною в часі. Якщо припустити, що зміна в часі, тобто динаміка та еволюції об'єкта може бути також розглянута (розкладена) на складові, тобто на зміни окремих його параметрів, то розмірність світу в

якому існує такий об'єкт дорівнюватиме кількості параметрів, що визначають його цілісність.

Як приклад розглянемо луки, які існують в реальному трьохвимірному просторі, тобто займають певну територію. Термін утворення та існування луків – четверта координатна вісь, вісь часу. Життя луків, як об'єкту, можна описати зміною їх меж у просторі та часом її існування. Цілісність луків, як системи обумовлюється певним набором рослин, мікроорганізмів, нижніх та вищих тварин. Сталість існування луків в значній мірі забезпечується людиною, яка своєю діяльністю (косіння трави на сіно) підтримує луки в рівноважному стані. У разі припинення такої підтримки в геосистемі починаються зміни: з'являються чагарники, молоді дерева, змінюється видовий склад трав'янистої рослинності та мікроорганізмів. Наслідком цього буде сукцесійний процес зміни біоценозу. а для луків – процес її деградації як системи.

Зазвичай на початкової стадії зміни будуть відбуватись на периферії геосистеми, там де луки межуєть, наприклад, із лісом. З часом спостерігатиметься зменшення площі розташування об'єкта. Це можна вважати і рухом луків у просторі (зміна просторових координат їх місцеположення) і її еволюції (розвитку) у часі (скорочення площі можна розглянути як процес старіння об'єкта). Таким чином, для даної системи грань між простором та часом якби стирається, стає умовною.

Якщо розглянути процес “життя” луків як динаміку набору основних екологічних факторів, що обумовлюють їх “я”, її цілісність як системи, то одержимо інший віртуальний багатовимірний світ існування луків. Координатними вісями його будуть: надходження сонячної енергії, водний режим, поживні речовини, мікробний пул, а також час та три вісі геометричного простору.

Зміна координат по кожній з цих вісей до критичного значення призведе до зміни і інших координат об'єкта, а значить до його руху-житті в реальному абсолютному просторі та часі.

Іншим прикладом може бути людський організм – його існування в часі-просторі підтримується також низкою зовнішніх та внутрішніх факторів, і критична зміна будь-якого із них, наприклад, рівня гемоглобіну в крові, призведе до анемії та, навіть, можливого припинення існування людини в цьому реальному світі.

Традиційні тривимірні моделі простору (наприклад, прямокутна система координат) дають змогу ефективно здійснювати просторову прив'язку та адресацію об'єктів, однак не завжди оптимальні для географічного аналізу явищ. Справа в тому, що географічні об'єкти створюють у зонах свого впливу особливі просторові відношення. Простір об'єкта зі сферою свого впливу А.Ю. Ретеюм назвав хоріоном. Прикладом може бути гірський масив, що формує неоднакові кліматичні умови у своїх передгір'ях (рис.15. 3), або полезахисна лісосмуга, яка за рахунок перерозподілу снігу створює зони різного зволоження (рис. 15.4). При використанні метричних мір у традиційному звичному нам тривимірному просторі ми вважаємо цей простір ізотропним, тобто простором, що має однакові властивості по всіх напрямках.

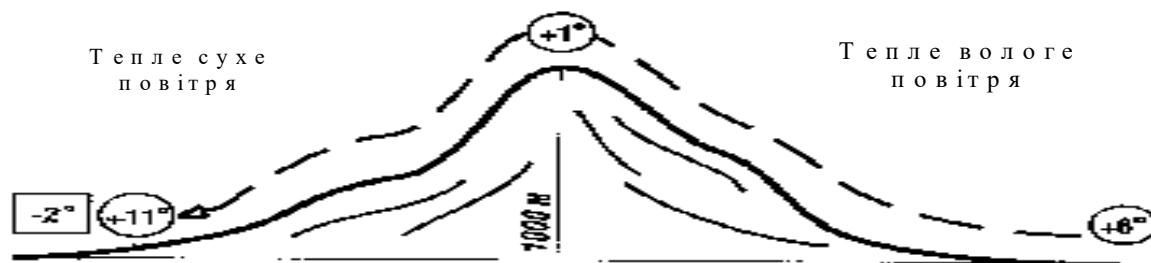


Рис.15.3. Схема формування фена

Узагалі однорідність, ізотропність має простір, що позбавлений масивних тіл, наприклад, космічний простір. Людина переважно переміщується в площинному просторі, зміни по координатах висоти при цьому зазвичай незначні. Саме тому нам важко підійти до філософської відносності абсолютності простору.

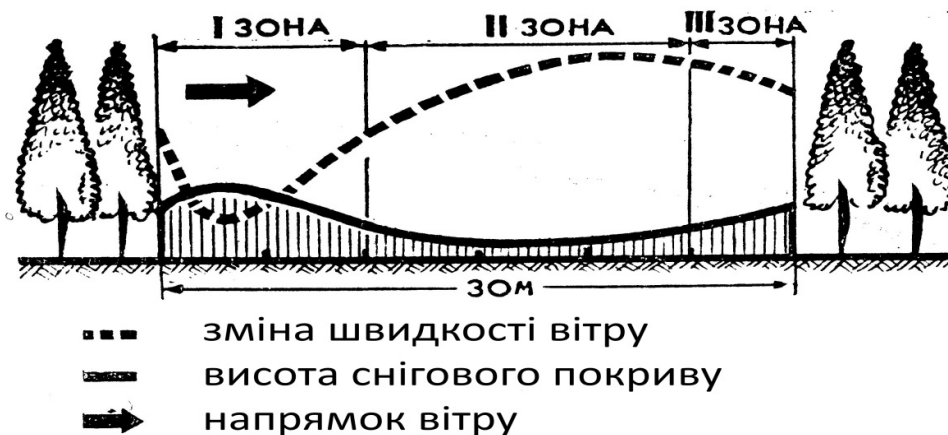
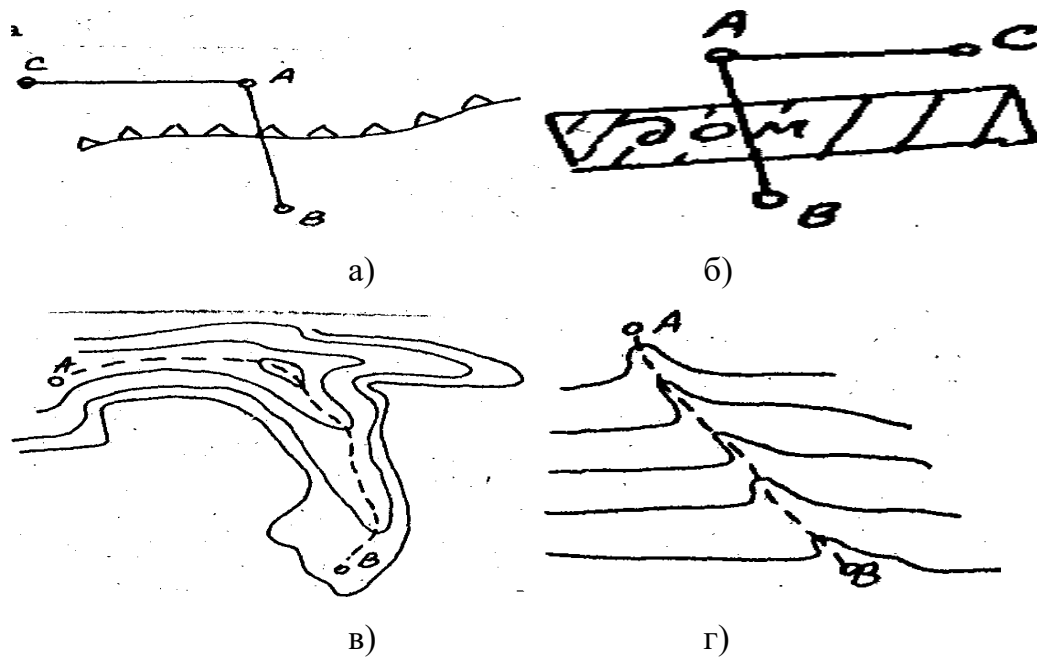


Рис. 15.4. Відкладення снігу за лісосмугою.

Біологічно та психологічно ми звикли до класичних фізичних уявлень про час та простір. Але в деяких ситуаціях ми відчуваємо анізотропність земного простору, наприклад, при підйомі вгору. В цьому випадку (рис.15.5г) метрична міра постійна, але час та зусилля, що витратимуться в разі спуску та підйому, будуть зовсім різними. Для оцінки таких витрат використовуються так звані функціональні міри простору. Вони пропорційні швидкості або часу проходження метричної відстані, енергетичним витратам на його здолання та іншим схожим за сенсом показникам (Суворов, 1987).



**Рис.15.5. Істотні особливості просторових відносин геосистем:**

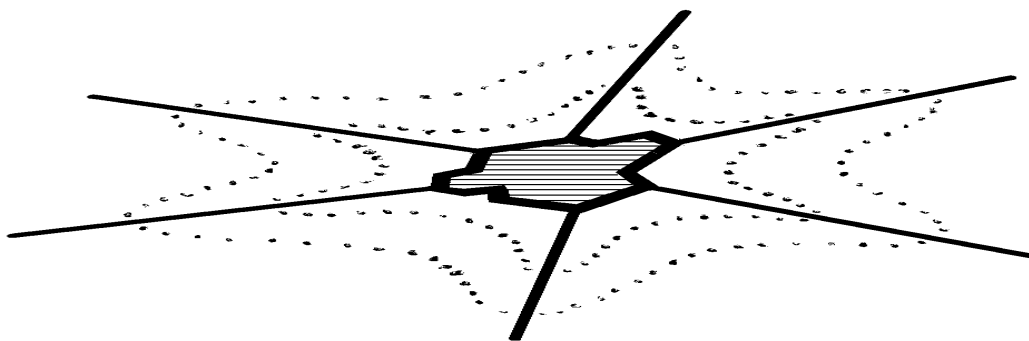
а - вплив на просторові відносини точок А,В,С куестового уступу; б - те ж, штучного спорудження (в обох випадках точка В більш ізольована від А, чим рівновіддалена точка С); в - найкоротша відстань по поверхні між точками А до В, що знаходяться на вододілі; г - "відстань" по тальвегу від точки А до В істотно менше, ніж від У до А через анізотропності простору (за Боковим В.А., Черваньовим І.Г., 1989).

Введення таких мір пояснюється тим, що використання абсолютних мір довжини не завжди достатньо для уявлення природних явищ. Характерно, що вже в давнині людина відчула недостатність суто метричних мір оцінки відстані. Наприклад, в Середній Азії здавна використовують таку міру відстані як "чакрим" (Боков В.А., Черваньов І.Г., 1989). Він характеризує простір, так би мовити, через його "доступність", або легкість досягнення якомось пункту. Чакрим залежить від характеру рельєфу поверхні: в горах він коротший, на рівнині – довший. У нас існують вирази "година пішки", "година вершки", "15 хвилин їзди", "дві пересадки" і т.ін.

Тобто фізико-географічні об'єкти, наприклад, пагорб через прояви анізотропності викривлюють простір, змінюють його розмірність. кожна геосистема знаходиться у сфері впливу множини об'єктів, що формують просторові відносини. Наприклад, властивості ландшафтів фізико-географічної області Київського Полісся будуть формуватися під дією таких факторів: а) віддаленість від екватору (надходження сонячної радіації); б) віддаленість від Атлантичного океану (кількість опадів); в) віддаленість від Північного полюсу (надходження холодного повітря); г) абсолютна височина над рівнем моря (кліматичні умови); д) віддаленість від Дніпра та його водосховищ (фактор додаткового зволоження); е) відстань від Києва (характер та ступінь антропогенного перетворення ландшафту) тощо. Кожну точку області Київського Полісся можна кількісно охарактеризувати по кожному з перелічених вище факторів, при цьому така кількісна оцінка показуватиме мов би координату та “положення” , “розташування” даної точки у “вимірі” конкретного фактора.

Для окремого елементу схилу до наведених вище факторів додаватимуться: експозиція та нахил поверхні (перерозподіл енергії Сонця), відстань від вододілу (надходження вологи, ерозійні процеси), наявність чи відсутність лісу на схилі чи поруч з ним (мікрокліматичні умови, вплив на гідрогеологічний режим території, ерозійні процеси), геологічна будова (формування ґрунтів), висота залягання ґрунтових вод (вплив на гідрогеологічний режимі) та ін.

Прикладом викривлення простору є Київ, як потужний соціально-економічний центр. На рис. 15.6 наведена схема районування території біля великого міста за особливостями рекреаційних (відпочинок) та маятникових (із роботи – на роботу) міграцій населення. Суцільними лініями на схемі позначені шосейні та залізничні дороги, пунктиром – зони, що характеризуються однаковими функціональними мірами простору, а саме часом або грошовими витратами на поїздку в місто.

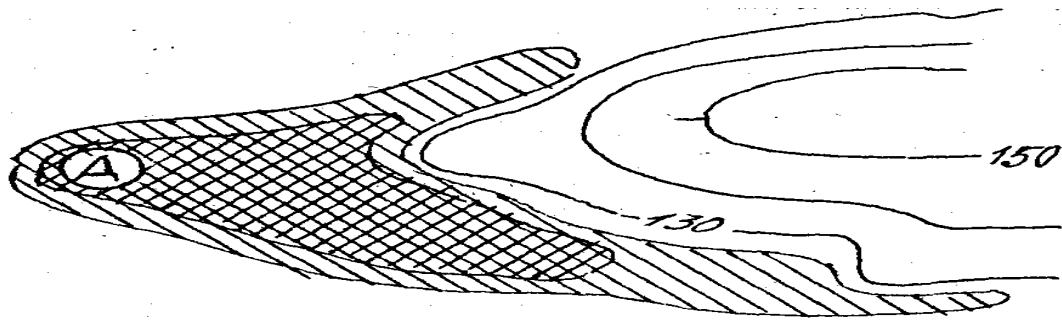


**Рис.15.6. Схематична карта ізохрон (пунктир) навколо міста (заштриховане), витягнутих уздовж транспортних магістралей (суцільні лінії).**

В ізотропному просторі за метричними мірами відстані такі зони повинні були б складати концентричні поля, але наявність лінійної транспортної інфраструктури з її хоріоном перетворює простір області на анізотропний за фактором “доступності”. Особливо уважно треба аналізувати таку багатовимірність географічного середовища з точки зору його раціонального використання та охорони від забруднення.

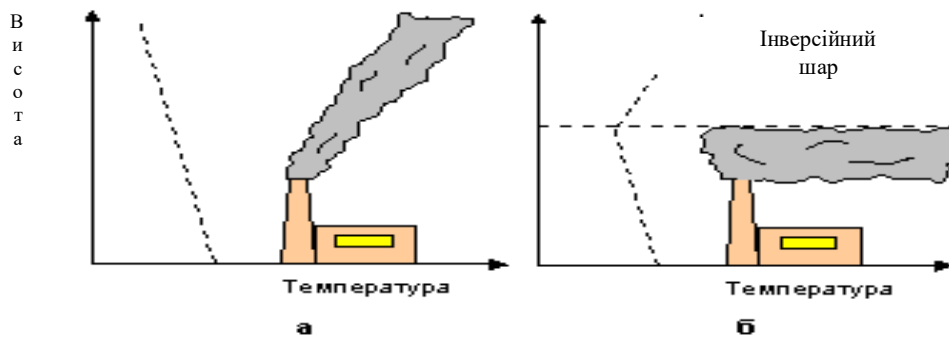
Так, при проектуванні підприємств, що мають значні викиди в атмосферу, необхідно враховувати рельєф місцевості, наявність висотних будинків навколо, переважаючі напрямки вітру і т. ін. Всі ці фактори будуть впливати на розподіл та інтенсивність розсіювання забруднюючих речовин у просторі міста (рис.15.7).

Якщо підприємство розташоване в пониззі місцевості, то вночі внаслідок стікання холодного повітря у западину може сформуватись інверсійний стан повітря. Температурна інверсія характеризує стан атмосфери при якому температура повітря знижується біля земної поверхні, а з висотою зростає. Через інверсію вертикальна циркуляція припиняється і всі нічні викиди не розсіюються в атмосфері, а концентруються в приземному шарі повітря, що погіршує екологічну ситуацію в місті (рис.15.8).



**Рис. 15.7. Горизонтальний зріз простору хоріона; зона впливу промислового об'єкта на повітряний басейн в навітряному схилі височини**

При цьому ми спостерігаємо як простір концентрації забруднюючих речовин зазнає подвійного перетворення: під впливом добової циклічності погодних умов, що обумовлюється глобальним фактором – обертанням Землі навколо своєї вісі, та під впливом рельєфу – як локального фактора.



**Рис. 15.8. Розсіювання викидів у нормальних умовах (а) і при інверсії (б)**

Усе вищесказане має не лише теоретичний та філософський аспект, як це може здаватися. Як кажуть: “нема нічого більш практичного, ніж гарна теорія”. Погляд із точки зору, яка обґрунтовувалась в попередніх розділах, дає можливість сформулювати ряд положень стосовно суто прикладних досліджень, таких як, наприклад, проведення ґрунтового обстеження території. Останнє тим більш цікаво, що саме зараз фахівці ґрунтознавці

чітко висловлюють твердження про необхідність проведення повторного обстеження ґрунтового покриву України.

Оснoву інформаційного забезпечення щодо стану ґрунтового покриву країни становлять матеріали великомасштабних досліджень ґрунтів 1957-1961 рр. та їх, наступного коригування, які застаріли і не дають змоги об'єктивно оцінити характер і масштаб змін земельних ресурсів за останні 40 років.

В умовах земельної реформи, що триває нині, є нагальна потреба переведення інформаційної бази щодо стану земель на принципово новий рівень. Дієвий механізм Державної земельної політики може бути створений лише на основі обстеження земельних ресурсів України за сучасною методологією з використанням новітніх технологій: дистанційного зондування, географічних інформаційних систем, глобальних систем позиціонування, кількісних аналітичних систем контролю стану ґрунтів. Тільки на підставі нової методології можна буде розробити науково обґрунтовану систему державних об'єктивних земельних тематичних карт.

Оптимальним методом проведення великомасштабного ґрунтового обстеження територій є так званий метод "ключів". Його суть полягає в закладенні ґрунтових розрізів у точках, що повністю відбивають умови ґрунтоутворення для достатньо великої території та подальшої інтерполяції одержаних ландшафтно-ґрунтових індикаційних залежностей у просторі.

Для виявлення таких ключових точок та визначення їх оптимальної кількості необхідно формалізувати всі фактори ґрунтоутворення. Вищеприведений варіант використання позиційних мір при аналізі просторової структури схилу є простішим прикладом формалізації рельєфу, як з одного з найважливіших факторів ґрунтоутворення.

Наведемо загальну схему, яка дає можливість використовувати сучасні технології про які вже говорилось, структурувати наявну

інформацію та надавати передумови для її принципово нового використання.

Припустимо, що треба провести ґрунтове обстеження певного господарства. Як оптимальніше використати наявну інформацію стосовно рельєфу території, а саме топографічної карти масштабу 1:10000?

Сучасні геоінформаційні технології дають змогу оцифровувати традиційні паперові картографічні матеріали, прив'язувати їх до географічних координат та будувати цифрову модель рельєфу (ЦМР), яка являє собою сукупність значень оцінок перевищень рельєфу, прив'язаних до вузлів досить дрібної регулярної мережі, і є цифровим вираженням висотних характеристик рельєфу на топографічній карті.

У свою чергу ЦМР може бути дуже швидко перетворена в набір зображень, що характеризують такі параметри рельєфу, як ухил, кривизна поверхні (похідна від ухилу), експозиція. Крім того, стає можливим проводити різноманітні арифметичні операції з цими поверхнями.

Подальшим кроком щодо формалізації рельєфу як фактору ґрунтоутворення може бути кластерний аналіз таких наприклад, даних, як карти ухилу та експозиції. У результаті одержуємо синтезоване цифрове зображення території, на якому чітко виділені ділянки (кластери), що мають однаковий ухил та експозицію (рис. 15.9).

Тобто, фахівець, уже перед початком польових досліджень, одержує карту, на якій виділені ділянки, де фактор рельєфу однаково впливає на процес ґрунтоутворення.

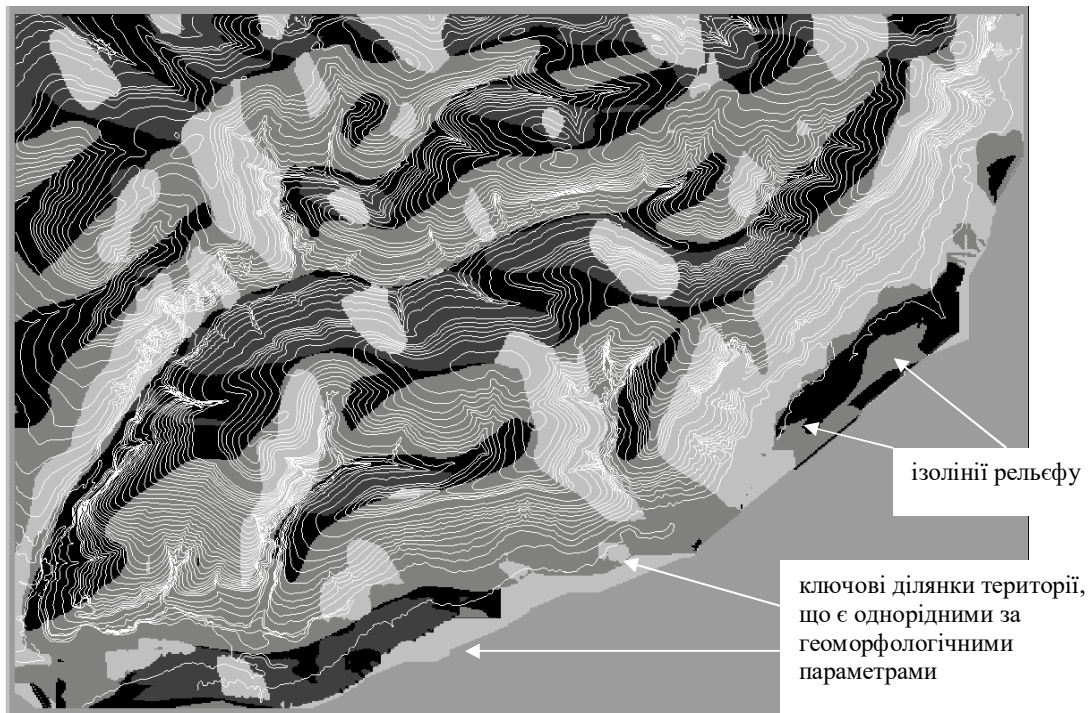


Рис. 15.9.Електронна карта ключових ділянок території однорідних за геоморфологічними параметрами.

## 15.2. Формалізація рельєфу, як фактора ґрунтоутворення

Одним із принципово нових підходів стосовно досліджень ґрунтового покриву є побудова віртуальних поверхонь певних його властивостей через врахування та формалізацію процесу ґрунтоутворення.

Відомий вислів В.В. Докучаєва “ґрунт – це дзеркало ландшафту” стисло та точно висловлює мабуть перше системне бачення всіх складних природних взаємозв’язків, які, власне, і утворюють таке унікальне явище, яким є ґрунт. Перша спроба формалізації дії всіх ґрунтоутворних факторів також належить В.В. Докучаєву (1901), який запропонував своєрідну “формулу” ґрунту:  $\Gamma = f(k, p, b, r, t)$ . У ній головними факторами, що обумовлюють будову профілю ґрунту є: 1) к - клімат; 2) п - материнська порода; 3) б - рослинність та тварини; 4) р - рельєф; 5) t - час.

Це можна вважати відправною точкою з якої почалися численні спроби кількісного математичного опису ґрунту. Вирішення цієї проблеми

неможливо переоцінити як для теоретичного ґрунтознавства, так і для всіх практичних аспектів, що пов'язані з використанням ґрунту як ресурсу. Крім того, із певною часткою гумору можна погодитись зі ствердженням, що саме можливість успішного застосування математичного апарату є своєрідною перепусткою для будь-якого вчення до звання “справжньої науки”.

Для відносно невеликої території, яка має схожу геологічну історію, фактор часу можна вважати постійним і не брати до уваги. Так, наприклад, для ґрунтового покриву фізико-географічної зони Лісостепу України ґрунтоутворна дія цього фактору має майже однакову тривалість - починаючи з останнього льодовикового періоду і донині. Саме за цей час утворились та досягли стадії клімаксу ґрунти чорноземного габітусу [Іванов І.В., 1984]. У випадку коли ми розглядаємо значно менший природний об'єкт, не більший за фізико-географічну область, твердження про однорідність дії фактору часу ще більш вагомі. Зрозуміло, що при цьому залишається мікрое вплив фактору часу, який має другорядне значення та пов'язаний з впливом людини, тобто різною тривалістю обробітку, а також сучасними рухами земної кори, які впливають на процеси ерозії та зміни мікроклімату, а через них і на формування ґрунту, але такі тонкі взаємодії не будуть мати суттєвого впливу на основні закономірності процесів ґрунтоутворення і тому в рамках запропонованої моделі їх можна не враховувати.

Фактор впливу біоти на генезис ґрунту є похідним від клімату, материнської породи та рельєфу і фактично постійним для автоморфних ґрунтів у межах однієї фізико-географічної зони. Зміна рослинної формації впливає на зміну генезису ґрунту дуже повільно, що пов'язано з тим фактом, що ґрунт і рослинність, як компоненти геосистеми мають різний характерний час, тобто інтервал, протягом якого певна властивість чи процес системи проявляють свої основні особливості [Арманд А.Д., Таргульян В.О., 1974]. Відомо, що в системі “ґрунт-рослина” остання хоча

і впливає на ґрунт, але ефект цього значно менший, ніж зворотний. Так, , на полі, де відбулась Полтавська битва (1709 р.) донині існують темно-сірі ґрунти, які, як відомо, утворюються під впливом лісової рослинності]. Але також відомо, що вже майже 200 років, із часів Полтавської битви, ця територія не була під лісом, тобто на ній переважав дерновий процес, що повинен призводити до зміни темно-сірих ґрунтів на чорноземи. Також відомо, що в Україні значні ареали сірих лісових ґрунтів постійно знаходяться під ріллею ще з XVI-XVII століть, проте свого генетичного типу вони не змінили [Крупенников В.В., 1996]. Отже, можна стверджувати, що вплив біоти на генезис ґрунту має вторинний характер і тісно пов'язаний з фактором часу.

Фактор клімату для невеликої території перетворюється у фактор мікроклімату, вплив якого на будову ґрунту тісно пов'язаний з рельєфом та материнською породою. Сама зміна терміну “клімат” на “мікроклімат” вже означає, що для невеликої території надходження сонячної радіації та опадів однакове в будь-якій точці умовної площини, і мова йде лише про перерозподіл цих агентів ґрунтоутворення по реальній поверхні.

Якщо в дослідженнях розглядаються лише цілинні ґрунти, або ґрунти, які не зазнали деградаційних явищ від діяльності людини, – можна уникнути впливу антропогенного фактора. Таким чином, головними факторами ґрунтоутворення залишаються рельєф, який повністю регулює надходження сонячної радіації та опадів на поверхню ґрунту, і материнська порода, яка через гранулометричний склад та відповідно через швидкість фільтрації регулює перерозподіл вологи в тілі ґрунту. Зазначимо, що такі міркування в цілому справедливі для автоморфних зональних ґрунтів, які становлять понад 70% ґрунтового покритву України.

Дослідження проводили на території господарства “Краматорський” Слав'янського району Донецької області в 2000-2001 рр. Під час польових обстежень ґрунтового покритву даної території було закладено 72 розрізи та напіврозрізи. В кожному з них було відібрали зразки ґрунту з генетичних

горизонтів. Крім цього було відібрано 34 зразки поверхні ґрунту. Усі місця відбору зразків були прив'язані до топографічної карти масштабу 1:10000. В усіх пробах визначали вміст гумусу та гранулометричний склад. За матеріалами топографічної карти були одержані геоморфологічні параметри кожної точки відбору проб, а саме: абсолютна височина над рівнем моря (В), крутизна поверхні (Кр), експозиція схилу (Е), відстань від вододілу (Д). Для більш коректного математичного врахування окремого впливу експозиції на процеси розвитку ґрунту запропонували використовувати “показник експозиції” (ПЕ), який представляє собою оцінку орієнтації схилу порівняно з північчю і розраховується як модуль виразу  $(180^\circ - E)$ .

Найкращим описом будь-якого явища чи процесу є математична модель, що базується на чітко визначених фізичних закономірностях. Першим кроком до формалізації формули В.В. Докучаєва можна вважати параметризацію надходження до ґрунту двох головних речовинно-енергетичних агентів ґрунтоутворення: сонячної енергії та вологи. Виходячи з наведених вище міркувань перерозподіл цих величин для невеликої території цілком обумовлюється рельєфом та гранулометричним складом ґрунту. При цьому сумарне річне надходження прямої сонячної радіації на земну поверхню повністю залежить від нахилу схилу та його експозиції. Оптимальним варіантом врахування цих геоморфологічних показників в єдиній фізико-математичній моделі ґрунтоутворення є використання інтегрального параметра, яким є коефіцієнт інсоляції земної поверхні ( $K_i$ ), що характеризує надходження прямої сонячної радіації на реальну поверхню схилу, порівняно з кількістю радіації, що надходить на горизонтальну площину. Для розрахунку коефіцієнта інсоляції використовували емпіричні дані щодо надходження сонячної радіації для широти  $50^\circ$  на поверхні, що мають різну експозицію та крутизну [Пивоварова З.І., 1973].  $K_i$  розраховували методом поліноміальної апроксимації цих даних. Як результат: коефіцієнт інсоляції, що дорівнює

одиниці характеризує плакорні умови рельєфу. Для південних схилів значення  $K_i$  менше одиниці, для північних схилів – більше одиниці (табл.15.1).

Надходження вологи в ґрунт у першому наближенні можна оцінити також через крутизну поверхні (яка зумовлює швидкість стікання та відповідно і час надходження води на поверхні) та гранулометричний склад (швидкість фільтрації). Вважаємо, що для параметризації кількості вологи, яка надходить з атмосферними опадами, в майбутньому також буде доцільно використовувати порівняльний коефіцієнт, який характеризуватиме надходження вологи в ґрунтове тіло в залежності від геоморфологічних параметрів порівняно з горизонтальною поверхнею для однакових умов фільтрації, тобто для однакового гранулометричного складу. Подальша деталізація опису умов атмосферного зволоження ґрунтів полягатиме в урахуванні вітрового режиму місцевості та пов'язаного з ним перерозподілу снігу. В ідеалі ж відношення коефіцієнта надходження вологи до коефіцієнта інсоляції буде характеризувати умови ґрунтоутворення.

На першому етапі обробки даних були відкинуті азональні гідроморфні ґрунти (лучно-чорноземні, мочаристі і лучні мочаристі) та еродовані ґрунти. Така вибірка даних пов'язана з необхідністю дотримання принципу єдиної відміни, тобто вивчення дії одного фактора при стабільності інших. Генезис гідроморфних ґрунтів обумовлюється, головним чином, фактором додаткового зволоження, який пов'язаний з високим рівнем залягання ґрунтових вод. Через це решта факторів ґрунтоутворення будуть мати цілком підлегле значення. Еродовані ґрунти внаслідок процесів змиву верхнього шару ґрунту також не будуть відповідати модальним автоморфним ґрунтам – тут проявляється переважаюча дія антропогенного фактора та фактору часу.

Після вибраківки була сформована вибірка з 75 зразків, які характеризують орні ґрунти чорноземного габітусу, що склалися на лесових породах.

Як головний досліджуваний показник, що здатний характеризувати умови ґрунтоутворного процесу обрали вміст гумусу в поверхневому шарі ґрунту. Такий вибір пояснюється двома причинами: по-перше, гумус є специфічною суто ґрунтовою речовиною, можна сказати, що без гумусу немає ґрунту, по-друге, вміст гумусу це аналітично визначена кількісна величина, що може коректно використовуватися в процесі статистичного аналізу, на відміну, скажемо, від потужності ґрунту, точність визначення якої залежить від багатьох суб'єктивних чинників.

Кореляційний аналіз одержаних даних показав (табл.15.1), що вміст гумусу лінійно залежить від вмісту фізичної глини —  $r = 0.63$ , що логічно підтверджує провідну роль гранулометричного складу породи як матриці гумусоутворення [Карпачевский Л. О., 1993]. З факторів рельєфу відзначимо крутизну схилу, вплив якої на накопичення гумусу має зворотний характер ( $r = -0.60$ ) та модифікований авторами показник експозиції схилу —  $r = 0.51$ . Обидва результати цілком зрозумілі і підтверджують наведені вище теоретичні обґрунтування. Так, збільшення крутизни призводить до зменшення інфільтрації вологи в ґрунт та уповільнення процесу гумусонакопичення в ньому. З іншого боку пряма залежність  $H$  від  $PE$  також обумовлена співвідношенням надходження сонячної енергії та вологи: для північних схилів з яких випаровується менш вологи і де  $PE$  дорівнює 180, характерний більший вміст гумусу, ніж для південних схилів, які одержують меншу кількість вологи ( $PE=0$ ).

Серед усіх показників, що характеризують рельєф місцевості, з умістом гумусу найкраще корелює коефіцієнт інсоляції —  $r = -0,61$ . Тобто, збільшення надходження сонячної енергії зворотно впливає на кількість гумусу в ґрунті. В цілому аналіз таблиці 15.1 підтверджує, що для чорноземів України саме надходження вологи є лімітуючим природним

фактором, який обумовлює розвиток ґрунту в цілому та гумусонакопичення в ньому зокрема. Сонячна енергія виступає тут, головним чином, у ролі регулятора вмісту вологи.

На рис. 15.10 наведено розподіл зразків в двовимірному просторі, одну з осі якого становить вміст гумусу, а другу - коефіцієнт інсоляції. Отже, залежність між цими показниками характеризується криволінійною функцією, що також пояснює відносно невеликий коефіцієнт лінійної кореляції.

Таблиця 15.1

### Результати кореляційного аналізу

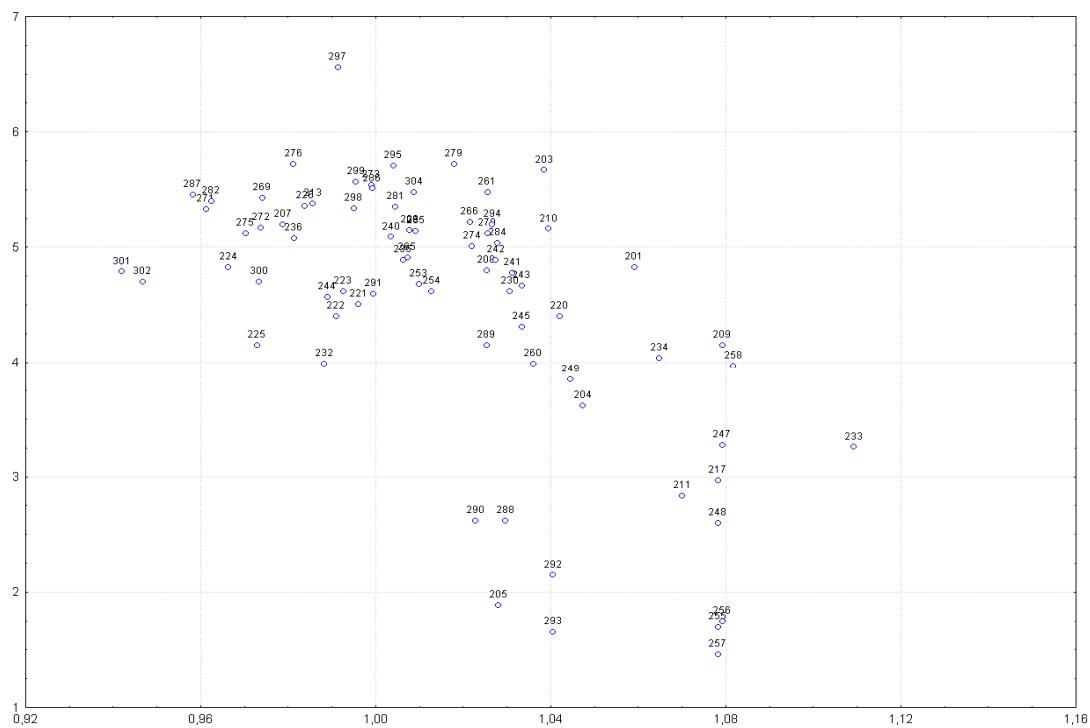
	ФГ, %	Н, %	Кр, град	Е, град	ПЕ, град	Д, м	В, м	Кі	КПГ	СНГ
ФГ, %	1,00	0,63	-0,21	-0,03	0,08	-0,26	0,45	-0,09	-0,05	-0,10
Н, %	0,63	1,00	-0,60	0,06	0,51	-0,02	0,30	-0,61	0,72	0,57
Кр, град	-0,21	-0,60	1,00	-0,07	-0,46	-0,08	-0,11	0,61	-0,58	-0,72
Е, град	-0,03	0,06	-0,07	1,00	-0,21	0,06	0,02	0,17	0,17	0,17
ПЕ, град	0,08	0,51	-0,46	-0,21	1,00	0,11	0,05	-0,90	0,54	0,59
Д, м	-0,26	-0,02	-0,08	0,06	0,11	1,00	-0,39	-0,18	0,25	0,33
В, м	0,45	0,30	-0,11	0,02	0,05	-0,39	1,00	0,02	-0,09	-0,17
Кі	-0,09	-0,61	0,61	0,17	-0,90	-0,18	0,02	1,00	-0,67	-0,74
КПГ	-0,05	0,72	-0,58	0,17	0,54	0,25	-0,09	-0,67	1,00	0,79
СНГ	-0,10	0,57	-0,72	0,17	0,59	0,33	-0,17	-0,74	0,79	1,00

Примітка: Н – вміст гумусу в шарі 0-10 см, %; ФГ – вміст фізичної глини в шарі 0-10 см, %; П – потужність профілю ґрунту, см; Кр – крутизна поверхні, градуси; Е – експозиція схилу, градуси; ПЕ – показник експозиції, градуси; Д – відстань від вододілу, м; В – абсолютна височина над рівнем моря, м; Кі – коефіцієнт інсоляції; КПГ - коефіцієнт питомого гумусонакопичення; СНГ - параметр сумарного накопичення гумусу у профілі.

Детальний аналіз графіка та табл.15.1 показує, що зразки ґрунту під номерами №№205, 288, 290, 292, 293, які “випадають” з логарифмічної залежності, характеризуються легким гранулометричним складом – вміст фізичної глини в них становить не більше 30%. Для решти зразків

останній показник коливається в межах 37-57%. Оскільки залежність між вмістом гумусу та фізичної глиною також має нелінійний характер (рис.15.11), можна припустити, що для ґрунтів легкого гранулометричного складу накопичення гумусу лімітується не надходженням сонячної радіації, а прискореною інфільтрацією води через ґрунт.

H, %



Ki

Рис. 15.10. - Залежність вмісту гумусу (H) від коефіцієнту інсоляції (Ki).

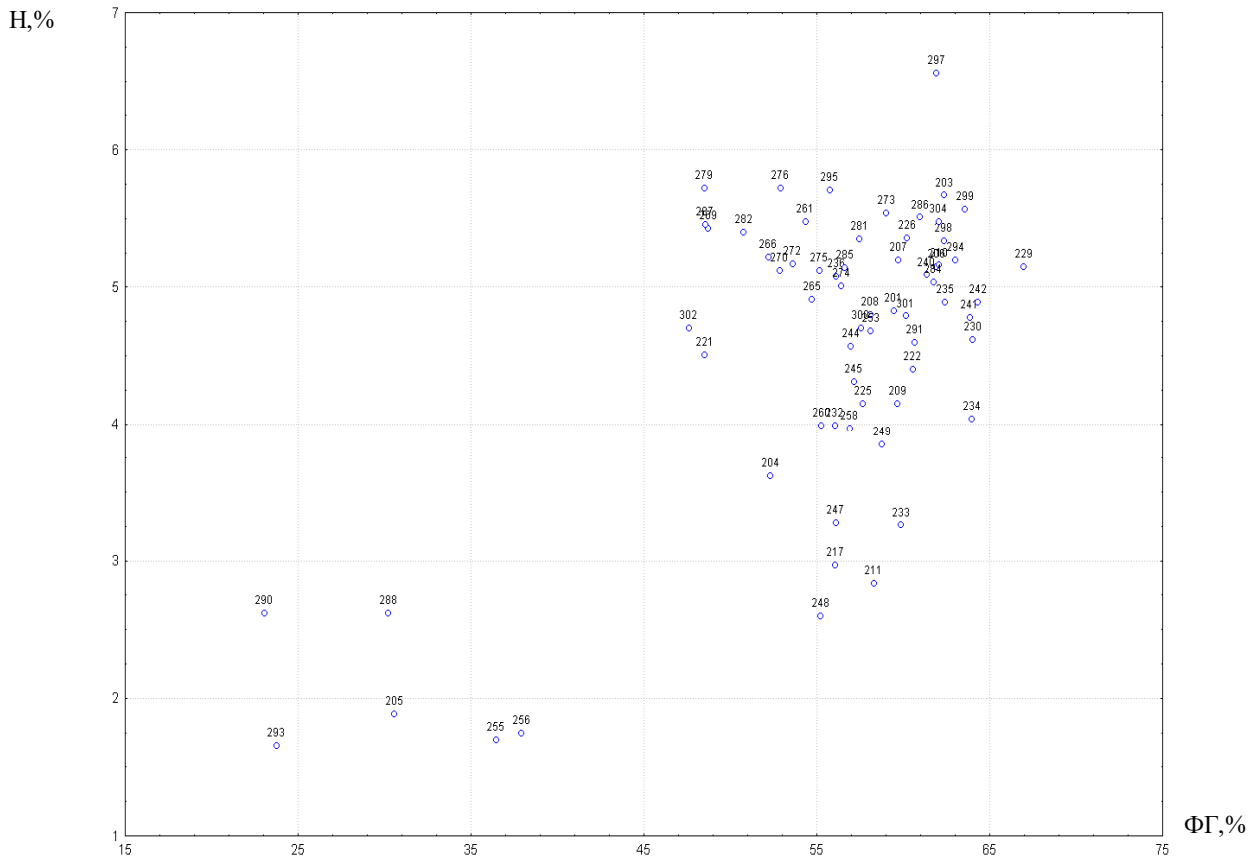


Рис. 15.11. – Залежність вмісту гумусу (Н) від вмісту фізичної глини (ФГ).

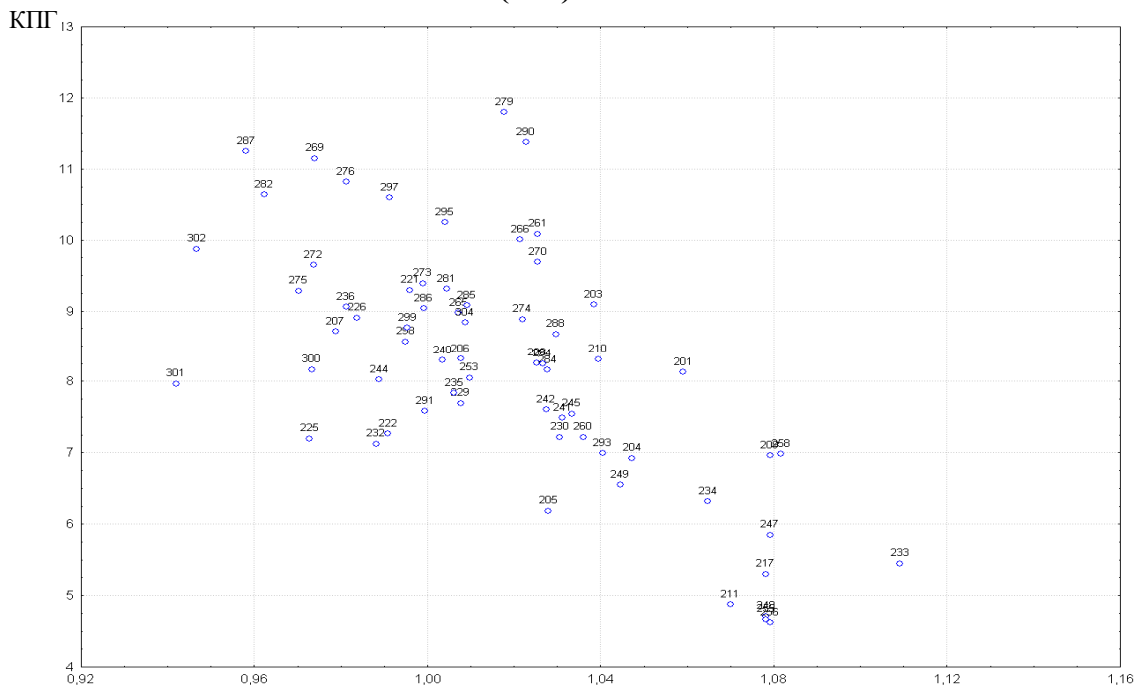


Рис. 15.12. – Залежність коефіцієнту питомого гумусонакопичення (КПГ) від коефіцієнту інсоляції (Кі).

Кі

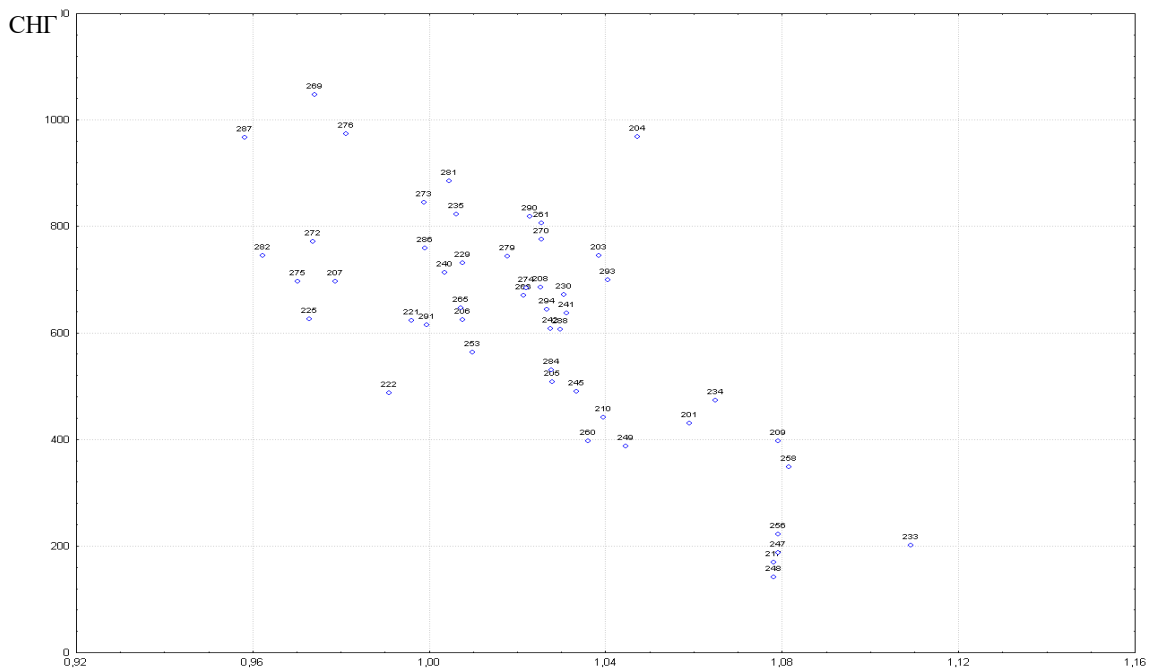


Рис. 15.13. – Залежність параметру сумарного накопичення гумусу по профілю ґрунту (СНГ) від коефіцієнту інсоляції (Кі).

Кі

При введенні в аналіз такого параметра, як коефіцієнт питомого гумусонакопичення (відношення вмісту гумусу до вмісту фізичної глини), коефіцієнт кореляції між ним та параметром К підвищився –  $r = -0.67$ . Коефіцієнт питомого гумусонакопичення (КПГ) уведений як спроба оцінити умови накопичення гумусу в залежності від кількості надходження до ґрунту вологи, що можна приблизно охарактеризувати через гранулометричний склад ґрунту. Розглянемо залежність коефіцієнту питомого гумусонакопичення від коефіцієнту інсоляції (рис.15.12). В цьому випадку можна вважати, що враховані і умови надходження енергії в ґрунт, і умови його зволоження. Отже, навіть при такої грубій схемі простежується достатньо чітка лінійна залежність, що підтверджується і коефіцієнтом кореляції  $r = -0.67$ .

На рис. 15.13 показано залежність між коефіцієнтом інсоляції та параметром сумарного накопичення гумусу по профілю (СНГ). Останній розраховують перемноженням КПГ на потужність профілю ґрунту і таким

чином виникає можливість у першому наближенні оцінити сумарне накопичення гумусу по всьому профілю ґрунту. Отже, залежність між СНГ і Кі близька до лінійної,  $r = -0.79$ . Ця залежність встановлена для вибірки об'ємом 60 зразків, що характеризують ґрунтові розрізи.

Як зазначено вище, проведені дослідження є лише першим кроком до формалізації процесів ґрунтоутворення. Безперечно, представлена схема має недоліки. Так, вона не враховує один із суттєвих факторів мікроклімату – вітровий режим місцевості, який буде впливати на перерозподіл снігу по поверхні та на темпи випаровування вологи з ґрунту. Також поки що лише в першому наближенні враховується вплив рельєфу та гранулометричного складу на накопичення ґрунтом вологи. Необхідно звернути увагу на той факт, що хоч до вибірки і не потрапили явно еродовані ґрунти, однак усі досліджувані ґрунти зазнали впливу антропогенної діяльності та відповідно і процесів дегуміфікації. Цей фактор також буде впливати на результати досліджень через “замулювання” реальної картини природного гумусоутворення.

### **15.3. Використання сучасних технологій для оцінки еродованості ґрунтового покриву через формалізацію рельєфу, як фактору ґрунтоутворення.**

Ерозія ґрунтів – одна з головних екологічних, економічних та соціальних проблем сучасного суспільства. Найкращим вирішенням цієї проблеми є створення протиерозійно-впорядкованого агроландшафту, тобто ландшафту, який активно використовують у сільському господарстві при відсутності процесів інтенсивної ерозії.

Одним із найбільш важких завдань, вирішення якого необхідно для успішного конструювання подібного протиерозійного захисту земельних угідь, є об'єктивна діагностика еродованості ґрунтів. Це питання і дотепер залишається дискусійним. Найчастіше змиті ґрунти діагностуються й

класифікуються по відносному скороченню потужності всього ґрунтового профілю або окремих його генетичних горизонтів порівняно з потужністю незмитого ґрунту. За еталон незмитого ґрунту при цьому приймається профіль нееродованого ґрунту на найближчому вододілі [Соболев С.С., 1940]. Існує значна кількість модифікацій цієї методики, які також базуються на припущенні, що для схилових ґрунтів еталоном нееродованості є ґрунти плакору [Сурмач Г.П., 1985; Швебс Г.І., 1981]. На думку багатьох фахівців такий підхід є методично невірним у зв'язку з різними умовами ґрунтоутворення на вододілі та схилах [Ларіонов Г.А., 1991].

Однак, існує якісно відмінний підхід до визначення ступеню еродованості ґрунтів. Так, В.В.Розумов [1989] пропонує прийняти фактори ґрунтоутворення як незалежні змінні, які визначають стан ґрунтової системи, а властивості - в якості залежних змінних. Суть такого підходу полягає у спробі формалізувати рівняння В.В.Докучаєва, що показує функціональний зв'язок розвитку ґрунтового тіла від факторів ґрунтоутворення. На цьому принципі С.Ю. Булигін та ін. [1997] розробили та опрацювали спосіб визначення ступеня еродованості ґрунту. Ця методика заснована на об'єктивній оцінці реального профілю ґрунту порівняно з "ідеальним", що розраховується на підставі математичної моделі, яку у свою чергу одержують шляхом статистичного аналізу кількісно виражених факторів ґрунтоутворення.

Наведемо приклад визначення еродованості ґрунтового покриву на принципах математичної формалізації ґрунтоутворюючих факторів із використанням сучасних технологій одержання та обробітку інформації, а саме: геоінформаційних систем (ГІС) та цифрових моделей рельєфу (ЦМР).

Згідно з методикою [Булигін С.Ю., 1997] ґрунтоерозійне обстеження конкретної території (не більш ніж декілька десятків тисяч гектарів) починають з вивчення схилових цілинних вірогідно

нееродованих ґрунтів. Необхідною умовою є відсутність ерозійного надходження дрібнозему з верхніх елементів схилів. Описують достатню для проведення статистичного аналізу кількість профілів нееродованих ґрунтів (не менш 15-20). Одна з обов'язкових умов методики - розмах параметрів незалежних аргументів на цих ґрунтах повинен бути максимально граничним для ґрунтового покриву території, що досліджується. Статистичний регресійний аналіз дає змогу виявити впливові фактори (аргументи) статистики, які суттєво визначають величину залежності змінної. У нашому випадку такою змінною є величина потужності ґрунтового профілю або його частини вірогідно нееродованих схилових цілинних ґрунтів. В результаті регресійного аналізу буде одержано одне або декілька багатфакторних регресійних рівнянь, які репрезентують моделі розвитку профілю цілинного ґрунту або його деяких генетичних горизонтів для фізико-географічних умов даної території.

Після цього на основі цієї моделі розраховують "ідеальні" ґрунтові профілі для орних ґрунтів та проводять їх співставлення з реальними профілями. Якщо реальний профіль ґрунту має меншу потужність, ніж розрахунковий і це підтверджується статистично, то роблять висновок про те, що цей ґрунт є еродованим.

Ґрунтовий покрив ландшафтного парку "Печенізьке поле" досліджували влітку 2002 року. Під час досліджень заклали 60 ґрунтових розрізів, із них 32 розрізи на цілинних ґрунтах. Крім цього відібрали 103 зразки поверхні ґрунту (рис. 15.14). В усіх зразках визначали вміст гумусу та гранулометричний склад ґрунту. Крім цього усі точки відбору зразків прив'язували до системи географічних координат за допомогою приладу GPS Garmin12.


Обстеження показало, що ґрунтовий покрив території ландшафтного парку представлений переважно чорноземами типовими різного ступеню змитості.

Для проведення об'єктивної оцінки еродованості ґрунтового покриву господарства за вищенаведеною методикою кількість обстежених цілинних ґрунтів майже дорівнювала кількості орних ґрунтів. Таким чином, згідно з основним принципом статистичного аналізу сформували дві приблизно однакові за об'ємом вибірки, на одній з яких (цілинні ґрунти) проводили аналіз взаємозв'язків між факторами ґрунтоутворення, а друга група (орні ґрунти) була тестовою.



**Рис. 15.14.– Територія ландшафтного парку “Печенізьке поле”**

Умовні позначення: 7 - місця відбору зразків ґрунту;

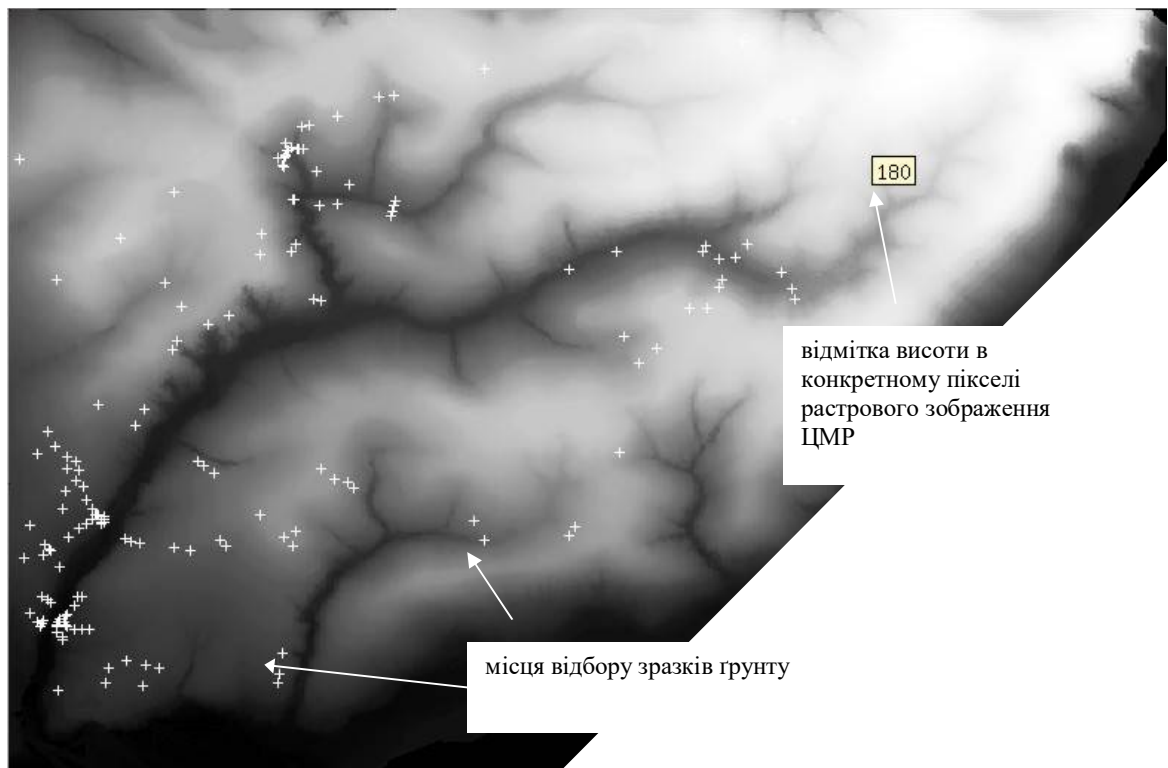
 - ізогіпси рельєфу

За даними топографічних карт масштабу 1:10000 побудували цифрову модель рельєфу (ЦМР) території ландшафтного парку “Печенізьке поле” (рис.15.15). ЦМР будували в геоінформаційній системі GRASS. Наступним кроком було перетворення ЦМР у карти крутизни, експозиції та кривизни існуючого рельєфу. Зрозуміло, що всі ці карти, як і сама ЦМР мають точну прив'язку до географічної системи координат. Отже, після суміщення з ЦМР шару інформації про географічні

координати точок відбору зразків ґрунту, по кожній точки відбору в автоматичному режимі була одержана інформація щодо їх геоморфологічних характеристик.

Для подальшого аналізу використовували такі параметри рельєфу: абсолютна височина над рівнем моря, крутизна поверхні, експозиція схилу, відстань від вододілу. Для більш коректного математичного врахування окремого впливу експозиції на процеси розвитку ґрунту запропоновано використовувати “показник експозиції” (ПЕ), який являє собою оцінку орієнтації схилу в порівнянні з північчю і розраховується як модуль виразу  $(180^\circ - \text{ЕКСПОЗИЦІЯ})$ .

Згідноу вищевикладеною методикою під час обстеження було описали 32 цілинних ґрунтових розрізи. Усі вони знаходяться на території ландшафтного парку “Печенізьке поле”, а саме - на схилах балки Гнилушки, та репрезентативно відображають ґрунтово-екологічні умови цієї території. Після попереднього аналізу цієї вибірки за даними польових морфологічних та лабораторних аналітичних обстежень вибракували деякі розрізи, які мали суттєві признаки змиву/намиву ґрунту. До статистичного аналізу увійшло 22 розрізи ґрунтів чорноземного габітусу.



**Рис. 15.15.– Цифрова модель рельєфу ландшафтного парку  
“Печенізьке поле”**

За результатами регресійного аналізу було одержано таке рівняння:

$$\text{ПП} = 191.2 - 8.2 \cdot \text{Кр} - 0.34 \cdot \text{ПЕ} - 0.21 \cdot \text{ФГ}$$

де: ПП – потужність профілю ґрунту, см; Кр - крутизна земної поверхні у точці ґрунтового розрізу, градуси; ПЕ – показник експозиції схилу в точці ґрунтового розрізу, градуси; ФГ - вміст фізичної глини, % .

Множинний коефіцієнт кореляції цього рівняння становить  $R = 0,63$ , достовірність результату підтверджена на 95% рівні забезпеченості. Не дуже високий кореляційний зв'язок можна пояснити тим, що навіть після вибравки з вибірки цілинних ґрунтів явно змитих, або намитих ґрунтів у неї з певною мірою вірогідності залишаються ґрунти, які зазнали вплив ерозії у попередні роки і які нині не можна стовідсотково класифікувати як

змиті знову ж таки внаслідок недоліків суб'єктивних методів визначення еродованості. Вибраковування цих сумнівних ґрунтів призвело б до статистично недопустимого зменшення вибірки. Головною ж причиною цього є той факт, що в 50-60 роках розорювались всі схилі та заплавні землі, де міг проїхати трактор, і зараз дуже важко знайти реальні цілинні ґрунти. До цього ж навіть такий коефіцієнт кореляції є статистично достовірним і свідчить про середній ступінь зв'язку між потужністю ґрунтового профілю та ґрунтоутворюючими факторами рельєфу та материнської породи.

На наступному етапі за одержаним рівнянням було розраховано "ідеальні" ґрунтові профілі для розрізів, які презентують орні ґрунти. В таблиці 15.2 наведено статистичні дані по вибірці розрахункових потужностей та по вибірці реальних потужностей ґрунтового профілю. Результати статистичного аналізу по t критерію свідчать, що між цими двома вибірками існує суттєва різниця на 99%-му рівні вірогідності.

Таблиця 15.2

**Статистичні дані по розрахунковим та реальним потужностям ґрунтових профілів орних земель**

<b>Статистичні показники</b>	<b>Розрахункова потужність ґрунтового профілю, см</b>	<b>Реальна потужність ґрунтового профілю, см</b>
Середнє арифметичне	119,8	93,8
95% довірчий інтервал для середнього арифметичного	114,7 - 124,9	84,9 – 102,7
Мінімальне значення по вибірці	100,4	42,0
Максимальне значення по вибірці	144,9	125,0
Середньоквадратичне відхилення	12,1	21,1
Стандартна похибка середнього арифметичного	2,5	4,3

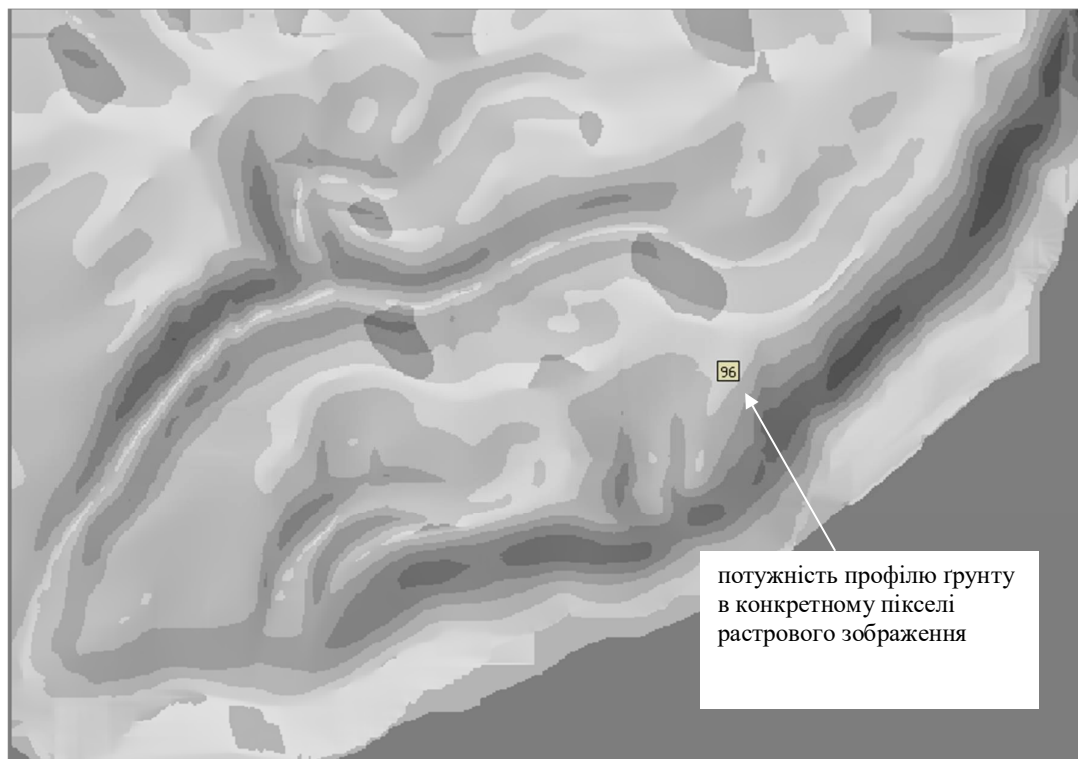
Аналіз таблиці 15.2 свідчить, що в цілому ґрунтовий покрив “Печенізького поля” зазнав суттєвого впливу ерозії, оскільки середнє арифметичне значення різниці між розрахунковою потужністю ґрунтового профілю та його реальною потужністю складає 26 см. Виходячи з існуючої класифікації чорноземних ґрунтів за ступенем еродованості можна зробити висновок, що в середньому ґрунтовий покрив господарства представлений слабозмитими ґрунтами, тобто ґрунтами, що втратили до половини верхнього гумусового горизонту.

Але головним недоліком усіх існуючих методик визначення еродованості ґрунту є дискретний характер їхніх результатів, тобто неможливість коректно поширити їх у просторі. У принципі, таж сама вада взагалі властива всім результатам традиційних ґрунтових досліджень. Всі вони надають інформацію про характеристики ґрунту в конкретній точці (ґрунтовому розрізі) і подальша їх екстраполяція, наприклад, створення ґрунтової карти, майже повністю залежить від досвіду та інтуїції фахівця-ґрунтознавця.

У той же час, сучасні технології надають принципово нову можливість переведення дискретних даних у континуальні. Авторами запропоновано використання цифрової моделі рельєфу, який немов своєрідна матриця, багато в чому обумовлює властивості та будову ґрунтового покриву.

Виходячи з вищевказаного рівняння як моделі, що описує процес природного розвитку ґрунту та надає віртуальний еталон нееродованого ґрунтового профілю, а також враховуючи той факт, що вміст фізичної глини в орних ґрунтах ландшафтного парку коливається незначно можна побудувати карту нееродованого “ідеального” ґрунтового покриву. На рис. 15.16 показано електронну карту потужності ґрунтів території “Печенізького поля”, що була побудована в геоінформаційній системі GRASS шляхом перетворення цифрової моделі рельєфу даної території. Спочатку з ЦМР одержали карти нахилів та експозицій поверхні. Потім

одержані картографічні матеріали за рівнянням перетворили в нову карту – електронну карту потужності ґрунтового покритву. Використання подібних картографічних матеріалів значно спростить процедуру об'єктивної польової діагностики еродованості ґрунтів.



**Рис. 15.16.– Електронна карта потужності ґрунтів ландшафтного парку “Печенізьке поле”**

Дослідження підтвердили доцільність використання сучасних комп'ютерних технологій для процесу об'єктивізації та оптимізації результатів традиційних ґрунтових досліджень. Під час роботи опрацювали принципи математичної формалізації ґрунтоутворюючих факторів та просторового представлення їх результатів у вигляді електронних картографічних матеріалів.

Наведений приклад створення карти ґрунтового покритву території характеризує його природний стан до початку впливу ерозійних процесів, які викликані антропогенним фактором. Наявність такої карти дозволяє коректно та об'єктивно проводити оцінку еродованості ґрунтів даної

території та надає підстави для конструювання протиерозійно-впорядкованого агроландшафту.

#### **15.4. Використання матеріалів дистанційного зондування для дослідження стану та картографування ґрунтового покриву**

Майже віковий досвід генетичного картографування ґрунтів, яке ґрунтується на відображенні структури ґрунтового покриву через аналіз факторів ґрунтоутворення виявив основну його ваду - узагальнення внаслідок класифікації. Як цілком слушно зауважив А.В. Шатохін (2001), через це при використанні різних класифікацій можна отримати різні ґрунтові карти, а при використанні будь-якої класифікації частина інформації втрачається, оскільки при будь-якому узагальненні зберігається лише класифікаційно значима інформація.

Більшість великомасштабних ґрунтових карт України створювали в 50-60 роки, під час проведення великомасштабного ґрунтового обстеження, а також подальших корегувань в 70-80 роках, що обумовлює їх низьку інформативність. Це насамперед, пов'язано з неможливістю на той час використовувати в повній мірі математичні методи обробітку та інтерполяції одержаних дискретних даних щодо характеристик ґрунтового покриву, що значно зменшувало вірогідність основи будь-якої науки – відтворюваність результатів експерименту. При виділенні ґрунтових ареалів, як і під час виділення ґрунтових горизонтів фахівці керувалися переважно професіональним досвідом та інтуїцією.

Прикладом може бути, оцінка та опис забарвлення ґрунтових горизонтів, що є одним з головних діагностичних ознак ґрунту. Колір ґрунту оцінювався переважно якісно, через надання йому вербальних характеристик – “темно-сірий”, “сірувато-бурий”, “світло-палевий” тощо. Навіть не зважаючи на потужну школу ґрунтознавства, яка існувала і в Радянському Союзі і в Україні, та відповідно на високий рівень фахівців,

що нею готувалися, не можна не визнати суб'єктивність такої оцінки найважливішого параметру ґрунту.

Таж сама, ситуація була й при виділенні потужності окремих профілів та всього ґрунту в цілому. Особливо це стосується чорноземів, які мають переважно поступовий, розтягнутий перехід одного горизонту в інший та займають майже 70% території України.

Зрозуміло, що альтернативою такому "якісному" підходу до одержання та обробки інформації, має бути об'єктивна методика досліджень, яка заснована на використанні інструментальних критеріїв, за якими має кваліфікуватися та класифікуватися будь-який об'єкт.

Враховуючи все вищевикладене стає очевидним необхідність використання сучасних методів одержання, обробітку та аналізу об'єктивної інформації, яка б мала кількісний характер. В даному контексті стає зрозумілим, що роль дистанційних методів зондування та геоінформаційних технологій при вирішенні теоретичних та практичних завдань сільського господарства важко переоцінити.

Розглянемо приклад використання матеріалів дистанційного зондування для дослідження стану та картографування ґрунтового покриву, як основи земельних ресурсів.

Об'єктом досліджування можливостей вивчення характеристик ґрунтового покриву за допомогою матеріалів багатоспектрального космічного сканування була обрана територія філії "Краматорський" агрофірми "Шахтар" Слов'янського району Донецької області.

Ґрунтовий покрив філії "Краматорський" представлений чорноземами звичайними, які сформувалися на лесах, рихлих пісковиках і глинах, модальних та різного ступеню еродованих. У масивах чорноземів зустрічаються лучно-чорноземні мочаристі та лучні мочаристі ґрунти різного ступеня солонцюватості і солончакуватості. Вміст гумусу за Тюрніним у досліджуваних чорноземах коливається від 0,62% до 5,72%, вміст фізичної глини - від 15,8% до 64,4%.

Методика досліджень включала проведення польових, лабораторних досліджень ґрунтів, а також інтерпретацію даних фондкових обстежень земельних ресурсів і багатоспектрального сканування супутника “Landsat-4”, в географічній інформаційній системі GRASS.

На підготовчому до польового обстеження періоді було зібрано планово-картографічні матеріали - топографічну карту, план землеустрою, ґрунтову карту (М1:10000), багатоспектральну зйомку супутника “Landsat-4”. Зйомка проведена у серпні 1988 року по 7 каналах при довжинах хвиль (мкм): 1) 0,45-0,52; 2) 0,52-0,60; 3) 0,63-0,69; 4) 0,79-0,90; 5) 1,55-1,75; 7) 2,08-2,35. Роздільна здатність зйомки - 28,5 м. Дані шостого каналу не використовували оскільки роздільна здатність його надто мала - 120 м.

Усі матеріали було використавували для створення бази даних земельної ГІС (ЗГІС) у якості окремих прошарків інформації. Усі паперові картографічні матеріали переводили в цифровий формат (сканували) та прив'язували до географічних координат в геоінформаційної системі по характерних елементах (перехрестя доріг, лісосмуг та т ін.). Плани землеустрою та ґрунтові карти планів векторизували, тобто створювали об'єкти різних категорій, які відповідають різним об'єктам на плані. Серед них лінійні - межі полів, дороги, посадки тощо. При векторизації ліній дотримувалися певних топологічних правил, що є обов'язковим для коректної побудови полігональних об'єктів. Так, лінійні об'єкти не можуть мати самоперетинів, а також не можуть бути приєднані один до одного інакше, ніж на кінцях. Полігональними об'єктами відображали населені пункти, водойми тощо.

ГІС-технології дають можливість зняти з топографічної карти окремим прошарком горизонталі і після оцифрування перетворити їх у цифрову модель рельєфу (ЦМР).

Для суміщення багатоспектральних космічних зображень із топографічною картою користувачеві надається інтерфейс для їх трансформування ортогональним перетворенням. Останнє використовують

для того, щоб зберегти метричні властивості плану (площі, довжини, кути).

Наступною ітерацією визначали поля, не зайняті рослинністю в момент зйомки, шляхом розрахунку вегетаційного індексу (NDVI). NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) - нормалізований відносний індекс рослинності - простий кількісний показник кількості фотосинтетично активної біомаси (звичайно названий вегетаційним індексом). Один з найпоширеніших і використовуваних індексів для рішення задач, що використовують кількісні оцінки рослинного покриву, обчислюються за наступною формулою:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

де NIR - відображення в ближній інфрачервоній області спектра;

RED - відображення в червоній області спектра

Відповідно до цієї формули, щільність рослинності (NDVI) у визначеній точці зображення дорівнює різниці інтенсивностей відбитого світла в червоному й інфрачервоному діапазоні, діленої на суму їх інтенсивностей.

Розрахунок NDVI ґрунтується на двох найбільш стабільних (не залежних від інших факторів) ділянках спектральної кривої відображення судинних рослин. У червоній області спектра (0,6-0,7 мкм) знаходиться максимум поглинання сонячної радіації хлорофілом вищих судинних рослин, а в інфрачервоній області (0,7-1,0 мкм) - область максимального відображення клітинних структур листа. Тобто висока фотосинтетична активність (зв'язана, як правило, з густою рослинністю) веде до меншого відображення в червоній області спектра і більшому в інфрачервоній. Відношення цих показників дає змогу чітко відокремлювати й аналізувати рослинні від інших природних об'єктів. Використання ж не простого відношення, а нормалізованої різниці між мінімумом і максимумом відображень збільшує точність виміру, дає змогу зменшити вплив таких

явищ як розходження в освітленості знімка, хмарності, димки, поглинання радіації атмосферою й ін.

При аналізі синтезованого зображення даних космічної зйомки і інформації про рельєф регіону досліджень визначали місця закладки ґрунтових розрізів і попереднє ландшафтне дешифрування ґрунтового й рослинного покриву.

При ґрунтовому обстеженні, проведеному нами у 2000-2001 рр на полях не вкритих рослинністю, заклали 28 розрізів, відібрали 44 зразки із шару 0-10 см, в яких провели аналітичні дослідження. Тобто обстеження було максимально спрямоване на отримання кількісної характеристики ґрунтів. Усі точки відбору проб прив'язували до системи географічних координат за допомогою приладу глобального позиціонування. Використовуючи ці прив'язки за матеріалами багатоспектрального сканування на кожну точку були одержані спектральні характеристики поверхні ґрунту.

За результатами регресійного аналізу довели, що дані дистанційного зондування дають змогу достатньо точно визначати такі параметри ґрунтів Степової зони, як вміст гумусу (Н) та гранулометричний склад.

Було виявлено високу точність індикації вмісту фізичної глини (ФГ) за яскравістю п'ятого (Я<sub>5</sub>) і сьомого каналів (Я<sub>7</sub>) супутника Landsat-4:

$$\begin{aligned} \text{ФГ} &= 118,9 - 0,64\text{Я}_5 - 0,27\text{Я}_7 \\ r &= 0,89; \quad r^2 = 0,80 \end{aligned}$$

Таким чином, задовільної при великомасштабних ґрунтових обстеженнях точності визначення вмісту ФГ можна досягти за рівнянням по яскравості космічного зображення поверхні чорноземів, не вкритої рослинністю.

На основі аналізу сполучень різних діапазонів розрахували рівняння регресії, придатне для індикації вмісту гумусу по яскравостях космічного зображення відкритої поверхні чорноземів у кожному його пікселі:

$$\begin{aligned} \text{Н} &= 13,13 - 0,06\text{Я}_1 - 0,04\text{Я}_5 - 0,11\text{Я}_2 \\ r &= 0,88; \quad r^2 = 0,77 \end{aligned}$$

Отже з вищенаведеного рівняння 77% вмісту гумусу в чорноземах описується найбільш інформативними яскравостями першого, другого і п'ятого каналів багатоспектрального зображення супутника Landsat-4.

У зв'язку з тим, що частина полів на будь-якому знімку (більша чи менша залежно від строку зйомки) буде все ж екранована рослинністю, постає проблема розробки індикаційних залежностей при визначенні кількісних параметрів ґрунтів, вкритих рослинним покривом. Як приклад, наводимо наступну модель, згідно якої приблизно такого ж рівня точності індикації гумусу, як у попередній моделі, можна досягти за параметрами, які прямо (або опосередковано) характеризують рельєф. Для характеристики ЦМР взяли такі показники: крутизна схилу ( $K_p$ ), експозиція ( $E$ ), висота над рівнем моря ( $B$ ) та коефіцієнт інсоляції ( $K_i$ ). При цьому  $K_i$  - це відношення кількості сонячної радіації, що падає на реальну площину до кількості сонячної радіації на горизонтальну площину. Розрахунки  $K_i$  проведено для широти  $50^0$ . Серед обраних показників до моделі ввійшли  $K_i$  та висота над рівнем моря.

$$H=19,9-22,1K_i+0,04B$$

$$r=0,68; r^2=0,46$$

Найвищої точності визначення вмісту гумусу в досліджених чорноземах вдалося досягти за рахунок спільного статистичного аналізу даних багатоспектрального сканування і цифрової моделі рельєфу. Регресійне рівняння для розрахунку вмісту гумусу має вигляд:

$$H=12,3-0,11Y_1-0,07Y_5-0,18K_p+0,04Y_4+0,002E$$

$$r=0,93; r^2=0,87$$

Отже, точної індикації гумусу можна досягти за даними яскравостей 1,4 і 5 каналів супутника Landsat-4, а також похилу та експозиції місцевості.

Аналізуючи одержані результати потрібно зробити важливий для розвитку сучасної ґрунтової картографії висновок щодо доцільності (необхідності) використання даних багатоспектрального сканування і

цифрових моделей рельєфу при створенні електронних картограм вмісту гумусу. Отримані моделі досить переконливо підтверджують принцип нерівноточності ґрунтових карт у різних її місцях залежно від отриманих ландшафтно-індикаційних зв'язків. Так, відносно оцінки вмісту гумусу в ґрунтах чорноземного габітусу у часі і просторі можна вже скласти декілька сценаріїв картографування і подальшого картографічного моніторингу. Залежно від цілей, задач, обсягів фінансування, необхідної точності можна обрати той чи інший сценарій ґрунтового картографування або створити нерівноточні картограми вмісту гумусу та/або фізичної глини.

Важливим кількісним показником ґрунтового покриву є потужність профілю (П). Для визначення цього показника використовували декілька видів ландшафтно-індикаційних зв'язків, за якими розраховували регресійні моделі (вони ж сценарії картографування грубизни ґрунтового профілю чорноземів досліджуваного регіону). Для розрахунків взяли 28 розрізів, які закладені на полях не вкритих рослинністю у момент зйомки.

На першому етапі розрахунку моделей використовували аналітичні дані по вмісту гумусу і фракцій гранулометричного складу в зразках, відібраних із шару 0-10 см. Одержали таку модель регресії виду:

$$P = -29,15 + 2,89G_3 + 0,9G_2 + 10,86H - 2,27G_5 + 1,53G_1$$

$$r = 0,79; \quad r^2 = 0,63;$$

Згідно з одержаною моделлю можна досить точно (на рівні точності традиційних ґрунтового-картографічних матеріалів) визначити П без копки ґрунтових розрізів, незалежно від наявності або відсутності рослинного покриву на полях. При цьому аналітичні роботи буде спрямовано на визначення гранулометричного складу й вмісту гумусу в шарі 0-10 см. Отже, цей сценарій значно зменшує обсяг польових та аналітичних робіт..

Такої ж приблизно точності можна досягти на основі даних цифрової моделі рельєфу, а саме похилу й експозиції місцевості:

$$P = 87,74 - 7,46K_p + 0,04E$$

$$r = 0,79; r^2 = 0,62;$$

Різниця між визначенням  $\Pi$  завищевказаними двома рівняннями у тому, що в першому випадку  $\Pi$  можна розрахувати в точці відбору зразку, а в другому - при наявності ЦМР можна скласти уяву про суцільну потужність профілю в регіоні досліджень.

Наступна модель дає змогу встановити  $\Pi$  за даними аналітичних досліджень  $H$  і фракцій ГС, визначених у шарі 0-10 см і показників ЦМР і має такий вигляд:

$$\Pi = 53,37 - 6,29K_p + 1,84ГC_3 + 0,35ГC_2 - 1,33ГC_5 + 0,04E$$

$$r = 0,89; r^2 = 0,79;$$

Як видно з моделі, вона не описує лише 21% інформації про гумусованість ґрунтового профілю.

Використання даних аналітичних досліджень вмісту гумусу й фракцій гранулометричного складу в шарі 0-10 см, ЦМР і БСС фактично дає можливість відмовитись від масової копки ґрунтових розрізів на основі використання наступної моделі:

$$\Pi = -55,37 - 7,62K_p + 1,82ГC_3 + 0,94Я_5 - 0,71ГC_6 + 0,19Я_7$$

$$r = 0,92; r^2 = 0,85;$$

Про це свідчить те, що лише 15% інформації про потужність профілю не враховано в цій моделі. Недолік моделі такий, що її можна використовувати лише на полях не вкритих рослинністю і при наявності даних по ГС<sub>3</sub> і ГС<sub>6</sub> за умови використання БСС і ЦМР.

Всі сценарії ґрунтового обстеження, в яких використовуються дані БСС, придатні для картографування лише ґрунтів без рослинного покриву, тобто лімітуючим фактором для суцільного визначення кількісних характеристик ґрунтів є рослинність. Сценарії, де використані дані щодо гранулометричного складу, в зразках ґрунту з шару 0-10 см з прив'язкою місця відбору зразків до системи географічних координат не придатні для суцільного картографування вмісту гумусу в зв'язку з обмеженою кількістю даних по аналітичному визначенню гранулометричного складу. Тобто останні лімітують застосування вказаних моделей ландшафтної

індикації при суцільному картографуванні гумусованості і потужності ґрунтів. Вони придатні лише для використання при моніторингу ґрунтів.

Перехід до суцільного картографування гумусованості ґрунтів можна реалізувати за таких умов: 1) кількість “точок” і їх розміщення у просторі повинно бути достатнім для визначення гранулометричного складу на території обстежень; 2) застосуванні методів геостатистичного аналізу ГІС, а саме – крігінгу, трендових поверхонь і інш. Найбільш високої точності ґрунтово-картографічних матеріалів можна досягти за сценаріями, в яких будуть використані моделі залежності вмісту гумусу від інформації БСС і даних ЦМР. Для цього слід використовувати космічні зйомки, коли ґрунт не закритий рослинним покривом. Навесні - це квітень, травень, восени – вересень, жовтень. Бажано використовувати одночасно весняні та осінні зйомки.

Деякі сценарії були апробовані при коригуванні матеріалів крупномасштабних ґрунтових обстежень. Алгоритм розробки сучасних картографічних матеріалів відпрацьовано на прикладі фрагменту космічного зображення чорноземів філії “Краматорський”, не вкритих рослинністю.

Було розроблено електронну картограму вмісту гумусу і фізичної глини в кожному пікселі космічного зображення, які розраховані відповідно за регресійними моделями (рис. 15.17). Ця картограма має важливе значення в якості окремого прошарку інформації, але може бути перетворена завдяки процедурі кластерного аналізу у більш зрозумілу для користувача форму, тобто прийняти форму картографічних одиниць. У наведеному прикладі (рис.15.18) виділено три класи, хоча кількість їх може бути і більшою й меншою. Така картограма може бути вагомим додатком до основної ґрунтової карти.

За рахунок розробленої методології маємо одержувати такі картограми для будь-якого не вкритого рослинами поля. На зайнятих рослинністю полях можна користуватися іншими моделями ландшафтної

індикації. Внаслідок використання різних сценаріїв картографування ґрунтова карта конкретного землекористування може бути нерівноточною в різних її частинах.

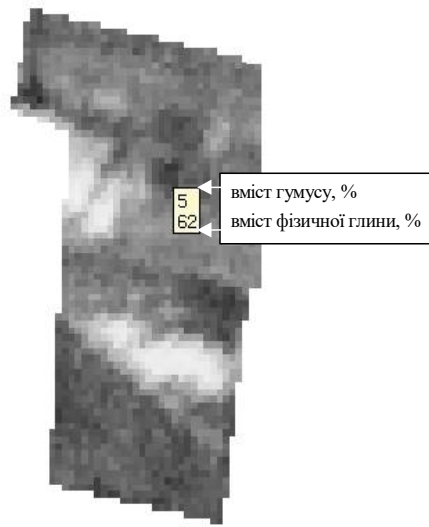


Рис.15.17. – Електронна картограма вмісту гумусу і фізичної глини в кожному пікселі космічного зображення






-  чорнозем звичайний із середнім вмістом гумусу – 2.4% та фізичної глини – 38.7%.
-  чорнозем звичайний із середнім вмістом гумусу – 4.1% та фізичної глини – 54.7%.
-  чорнозем звичайний із середнім вмістом гумусу – 4.5% та фізичної глини – 59.3%.

Рис.15.18. – Електронна картограма вмісту гумусу і фізичної глини після обробки кластерним аналізом

## **15.5. Алгоритм проведення крупномасштабного ґрунтового обстеження за застосуванням сучасних технологій**

Принципова схема сучасного великомасштабного ґрунтового картографування виглядатиме так:

1. Збір та підготовка картографічних матеріалів для польового обстеження.

На цьому етапі збираються всі наявні картографічні матеріали, що містять пряму або непряму інформацію стосовно ґрунтового покриву території. До матеріалів, що обов'язково мають бути представлені, належать ґрунтові карти, топографічні карти, плани землеустрою. Бажано мати ландшафтні карти та карти геологічної будови. Також необхідно використовувати сучасні електронні карти даної території за умов їх наявності.

2. Замовлення аерокосмічної інформації на район, що досліджується.

Інформація, що замовляється має відповідати певним вимогам. Однією з головних вимог є дозволяюча здатність аерокосмічних знімків. Більшість дистанційних матеріалів потрапляють користувачеві у цифровому вигляді, що значно спрощує всі подальші операції з ними. Супутникове зображення складається з окремих елементів – пікселів (picture elements). У межах пікселя зображення є однорідним. Саме розмір такого пікселя і визначає величину, яка називається дозволяючою здатністю знімка.

Тобто просторова дозволяюча здатність – це міра найменшого кутового або лінійного розділення двох об'єктів (зазвичай виражається в радіанах або метрах). Чим менший параметр дозволу, тим більшу дозволяючу здатність він визначає. Зрозуміло, що дозволяюча здатність буде тісно пов'язана із масштабом карти, яку можна створити по

матеріалах дистанційного зондування. Умовно вважається, що дозвіл у 1 км відповідає масштабу карти 1:1000000, дозвіл у 100 м - масштабу 1: 100000, дозвіл у 30 м – масштабу 1:30 000 (Кашкін В.Б., Сухинін А.І., 2001). Аерокосмічні матеріали треба вибирати з урахуванням масштабу ґрунтової карти, що має бути створена.

Іншою суттєвою особливістю аерокосмічної інформації, яку треба враховувати є діапазон електромагнітних хвиль, в якому проводили зйомку. Наприклад, зйомка в оптичному діапазоні дає змогу одержати інформацію стосовно земної поверхні, але нічого не скаже про такі важливі особливості території, як рівень ґрунтових вод, геологічну будову тощо. Навпаки, використання радіодіапазону мало що скаже нам про колір ґрунту, але надасть інформацію про його вологозабезпеченість.

Дуже важливим для проведення ґрунтового обстеження є наявність матеріалів багатоспектрального сканування. Порівняння окремих спектральних зображень поверхні дає можливість одержати значно більше інформації про стан земної поверхні, ніж звичайне фотографічне зображення. Прикладом є використання NDVI індексу для визначення полів, не зайнятих рослинністю.

Таким чином, оптимальним вибором можна вважати наявність матеріалів багатоспектральної космічної зйомки з дозволяючою здатністю 10 м (для одержання інформації про стан поверхні), радіолокаційної зйомки в дециметровому та метровому діапазонах з дозволяючою здатністю 20-50 м (для одержання додаткової інформації стосовно характеристик підповерхневих шарів ґрунту) та 25-50 м, фотозйомка (для точної прив'язки та повного дешифрування знімків).

3. Переведення в електронний формат традиційних паперових картографічних матеріалів, або оцифрування, можна виконувати шляхом векторизації окремих видів інформації на дигітайзері, або через сканування

та подальше розпізнавання (розділення) об'єктів певними комп'ютерними програмами.

Використання дигітайзера дає змогу одержати точнішу інформацію, але потребує значних затрат часу та зусиль. При скануванні частково інформація може бути втраченою через викривлення паперу на планшеті сканеру, а також при подальшому дешифруванні зображення. Використання автоматичних та напівавтоматичних методів розпізнавання значно прискорює процес та скорочує витрати часу, але може призвести і до суттєвих помилок. Наприклад, для того, щоб зняти інформацію про рельєф території з топографічної карти, можна векторизувати ізогіпси шляхом обведення їх мишкою, пером, або іншим пристроєм.

Іншим способом буде сканування топографічної карти та її подальша оцифровка в автоматичному режимі. Одним з оптимальних варіантів при цьому буде розпізнавання ізоліній рельєфу за кольором. Як відомо, ізолінії на традиційних картах мають коричневий колір. Сучасні програмні пакети дозволяють відокремлювати об'єкти за їх забарвленням. Але і при такому варіанті буде потрібне ручне точне доведення матеріалів.

Обов'язковому переведенню в електронний формат підлягають: топографічна карта масштабу 1:10000; ґрунтова карта; план землеустрою.

4. Прив'язка всіх наявних матеріалів до системи географічних координат в геоінформаційній системі.

Майже кожна сучасна ГІС має модуль для прив'язки з метою приведення електронних зображень до формату певних картографічних проєкцій з відповідною прив'язкою до географічних координат. Всі картографічні матеріали, а також дані багатоспектрального сканування високої роздільної здатності, мають бути прив'язані до системи

географічних координат в ГІС. Прив'язку проводять за чітко визначеними точками: перехрестями доріг, лісосмуг, мостами тощо. В результаті створюється географічна база даних, де кожний тип даних представлений у вигляді окремого про шарку інформації у графічній та табличній формах.

5. Вибір та співставлення фрагментів відкритої поверхні ґрунтів на космічних зображеннях із фондовими картографічними матеріалами. Відкриті поверхні ґрунтового покриву виділяють за матеріалами багатоспектрального космічного сканування в автоматичному режимі за нормалізованим вегетаційним індексом (NDVI). Він показує наявність і стан рослинності за співвідношенням відбитих енергій у двох спектральних каналах. Ця залежність заснована на різних спектральних властивостях хлорофілу у видимому і ближньому інфрачервоному діапазонах.

6. Аналіз наявної інформації за допомогою сучасних методів обробки (геостатистика, цифрові моделі рельєфу і т. ін.) з метою вибору ключових точок ландшафту, що характеризують ґрунтовий покрив даної території за принципом “необхідно та достатньо”. Найпростіший варіант такого аналізу рельєфу території наведений в попередніх розділах.

7. Польове обстеження ґрунтів із точною прив'язкою GPS ґрунтових розрізів і місць відбору зразків до географічної системи координат. Точність прив'язки розрізу до картографічної основи традиційними методами становить приблизно 3 мм при масштабі 1:10000 (Євдокимова Т.І., 1987). Відповідно точність приладу глобального позиціонування (GPS) має становити не менш 30 м. Таким вимогам відповідають навіть прилади базового рівня. Наприклад, Garmin-12, який дає можливість позиціонуватись на місцевості з точністю 15-20 м.

8. Аналітичне обстеження ґрунтів за загальноприйнятими методиками. Обов'язковим є визначення в зразках ґрунту вмісту гумусу та гранулометричного складу.

9. Розробка ландшафтно-індикаційних моделей на основі статистичного аналізу даних польових і аналітичних робіт та даних багатоспектрального сканування високої роздільної здатності. Прикладом є описане у попередніх розділах обстеження господарства “Краматорський”.

10. Розробка електронних картограм параметрів ґрунту (наприклад: вміст гумусу, гранулометричний склад, потужність профілю ґрунту і т. ін.) на основі встановлених ландшафтно-індикаційних моделей між цими параметрами і даних багатоспектрального космічного сканування;

11. Розробка фрагментів нових електронних ґрунтових планів на основі яскравості зображення, цифрових моделей рельєфу і даних аналітичних досліджень ґрунтів;

12. Польова перевірка та корегування одержаних електронних картограм та планів (повторюються ітерації чинного алгоритму за номерами 4-9).

### **Контрольні запитання**

Назвіть основні критерії щодо збору інформації.

1. Що таке репрезентативність інформації?
2. Які види просторових мір ви знаєте?
3. Що таке ізотропний простір?
4. Що таке нормалізований відносний індекс рослинності та для чого він застосовується?
5. Як впливає рельєф на процес ґрунтоутворення?
6. Що впливає на нагромадження вмісту гумусу у ґрунті?

7. Що таке цифрова модель рельєфу?
8. Які методи визначення ступеня еродованості ґрунту ви знаєте?
9. Які матеріали необхідно використовувати при проведенні великомасштабного ґрунтового обстеження?
10. Що таке піксель?
11. Що таке дозволяюча здатність знімка?
12. Чи можна оцінити гумусованість ґрунтового покриву через використання матеріалів багатоспектрального космічного сканування?
13. Якою має бути точність прив'язки розрізу до картографічної основи традиційними методами (масштаб карти 1:10 000)?
14. Охарактеризуйте основні етапи сучасного великомасштабного ґрунтового обстеження.

## ЗАКЛЮЧЕННЯ

На кінець XX століття все актуальнішим стає питання щодо включення в методику визначення валового національного продукту обліку втрат природних ресурсів. Система, що опрацьована ще наприкінці 40-х років і прийнята Організацією Об'єднаних Націй за стандарт як Система Національних Рахунків (СНР), цілковито ігнорує зміни, які відбуваються у стані довкілля. Ці зміни вже починають впливати на подальший розвиток світової економіки (Роберт Ренетто, 1992).

Зазначене досить повно відображено в Декларації, прийнятій на конференції ООН з питань довкілля і розвитку (м. Ріо-де-Жанейро, 1992). Так, у принципі 4 цієї Декларації сказано, що для досягнення сталого розвитку і більш високої якості життя для всіх видів держав, охорона і відтворення довкілля повинні стати невід'ємною частиною цього процесу. І далі, в принципі 8 йдеться про те, що слід обмежити або ліквідувати нежиттєздатні моделі виробництва і споживання.

Відомо, що в колишньому Радянському Союзі Україна мала найвищий рівень сільськогосподарського виробництва - на одного мешканця тут вироблялося біля 1 тонни зерна, 100 кг цукру, 19 кг рослинної олії, 79 кг м'яса, 437 кг молока і т.і. (Созінов, 1993). Безсумнівно, що молода незалежна держава Україна матиме певні плани щодо відновлення і зміцнення національної економіки, насамперед, за рахунок інтенсифікації агропромислового комплексу. Його товарна продукція займала і буде займати провідне місце у валовому внутрішньому продукті країни. Визначення ефективності роботи сільськогосподарського виробництва на основі старої системи національних рахунків дає змогу зробити досить оптимістичний прогноз, а аналіз недоліків роботи агропромислового комплексу за колишньою методикою націлює на ще більш інтенсивне використання природних ресурсів і, передусім,

грунтового покриву. Вартість природних ресурсів при цьому ніяк не враховується, а приймається як те, що не має ціни.

Нині на всій території України можна знайти всі ознаки початку екологічної катастрофи. За офіційними даними кожного року з орних земель змивається біля 500 млн. т ґрунту, з яким втрачається 24 млн. т гумусу, 964 тис. т азоту, 678 тис. т фосфору, 9,7 млн. т калію. Середньорічний змив ґрунту по країні сягає 15 т/га, за областями він змінюється від 8 до 27 т/га. Спостерігаються катастрофічні прояви ерозії, коли тільки за одну зливу з полів втрачається 200 т/га ґрунту і більше. Досягнутий в республіці максимальний рівень внесення органічних і мінеральних добрив компенсує втрати ґрунту від ерозії на 60-90%, поживних речовин (NPK) - на 40-50%. Еродованість сільськогосподарських угідь вже сягає 40%. Склалася чітка тенденція щорічного збільшення еродованої ріллі більш як 80 тис. га. Може виникнути питання щодо достовірності наведених даних. Але, на нашу думку, насправді положення ще гірше. Як наслідок інтенсивних ерозійних процесів можна розглядати прискорене зникнення малих річок. У кризовому стані вже знаходяться великі ріки і інші водоймища. До того ж, крім ерозійного руйнування ґрунтового покриву спостерігається ще біля двох десятків дуже небезпечних деградаційних процесів.

Доцільно проаналізувати становище, що склалося з розвитком ерозійних процесів за вартісними показниками. За нашими оцінками вартість 1 т гумусу залежно від його якості і екологічної цінності становить 150-200 доларів США (Булигін, 1987, 1991). В такому разі тільки для компенсації втрат від ерозії орних земель України необхідно витратити біля 5 млрд. доларів. Це, так званий прямий збиток від ерозії. Побічний збиток, тобто зниження врожайності культур на еродованих ґрунтах, вже сьогодні обумовлює падіння продуктивності

сільськогосподарського виробництва, як мінімум, на 15-20%, що в грошовому обчисленні перевищує 1 млрд. доларів. Крім того, загально прийнятим є виділення, так званого, зовнішнього збитку, тобто збитку, що завдається територіям і акваторіям за межами сільськогосподарських угідь, звідки виноситься мілкозем. На думку американських дослідників цей вид збитку значно перевищує прямий (Clark, 1985). Таким чином, є всі підстави пред'явити сільськогосподарському виробництву України екологічний рахунок за статтею втрат ґрунтового покриву внаслідок ерозії. Звідси випливає, що без ризику помилитися у бік збільшення суми, можна говорити про 10-15 млрд. доларів США за рік. Цифра може порівнюватися з вартістю валової сільськогосподарської продукції України. Це ті коштовності, які щороку беруться в борг у природи і які, безумовно, доведеться колись повертати...

Така постановка питання має суто практичний аспект природоохоронної діяльності держави: доки не буде змінена система національних рахунків, доти діюча державна екологічна політика і екологічно чисті технології будуть залишатися, у кращому випадку, лише добрими побажаннями. Приблизно аналогічна ситуація спостерігається в розвинених країнах, у тому числі США і країнах Західної Європи. Фактори інтенсифікації сільськогосподарського виробництва, лише маскують наслідки хижацького відношення до природи.

Отже, різке погіршення стану довкілля зумовлює необхідність екологічного імперативу у землекористуванні, зміни системи цінностей, якими керуються в земельному законодавстві, економіці і повсякденному житті.

## СЛОВНИК АГРОЛАНДШАФТНИХ ТЕРМІНІВ

### 1. Геосистема, ландшафт, агроландшафт - загальні поняття

*Геосистема, територіальний комплекс* (ландшафт за ГОСТ 17.8.1.01-86) - будь-яка територіальна система, що складається із взаємодіючих природних або природних і антропогенних компонентів і комплексів нижчого таксономічного рангу. До цієї загальної групи належать також колишні ландшафти (післяландшафтні утворення), порушені, розладнані або зруйновані людиною.

*Ландшафт* - природний територіальний комплекс, який сформувався, існував і існує без втручання людини (за винятком епізодичного адаптивного використання) - первинний ландшафт, або позбавився наслідків цього втручання завдяки достатньо тривалому періоду інтенсивної відновлювальної дії природних факторів - відновлений ландшафт. Невід'ємні динамічні властивості ландшафту - здатність до саморегуляції, гомеостазу, самопідтримання, саморозвитку, самовідновлення.

*Адаптивне використання ландшафту* - відчуження деякої частини біомаси з природних (квaziприродних) ландшафтів, не здатне радикально вплинути на їхні динамічні властивості - сталість, живучість, здатність до саморегуляції, відновлення внутрішньої рівноваги після порушень, самовідновлення. Не виключаються деякі компенсаційні впливи людини, які теж не порушують згадані динамічні властивості ландшафтів.

*Післяландшафтні утворення* - загальна назва для колишніх ландшафтів, порушених, розладнаних або зруйнованих людиною, за винятком антропогенних ландшафтів.

*Антропогенний ландшафт* - а) ландшафт, створений людиною на місці природного ландшафту або післяландшафтного утворення як рівноважний територіальний комплекс, здатний до саморегуляції,

гомеостазу, саморозвитку, самовідновлення (під контролем людини або без нього); б) ландшафт, який був перетворений (або порушений чи пошкоджений) людиною, але після припинення антропоного впливу поступово позбавився процесів деградації, набув стану рівноваги з середовищем, еволюціонує в напрямі натуралізації або закінчив цей процес еволюції (вторинний, або похідний ландшафт).

*Натуралізація* (новозапроваджуваний адаптований термін) - стабілізація порушеного людиною територіального комплексу внаслідок дії гравітаційних процесів і самозаростання, з наступною суцесійною еволюцією під впливом переважно природних факторів у напрямі зближення з природними геосистемами, характерними для таких умов.

*Квазіприродний об'єкт (квазіприродний територіальний комплекс)* - а) природний (імовірно природний) об'єкт (ландшафт, елемент ландшафту), який після достатньо інтенсивного антропоного впливу майже позбавився його наслідків завдяки відновлювальній дії природних факторів протягом більш або менш тривалої натуралізації. Приклад: похідні (вторинні) ландшафти, рослинний покрив квазіприродних кормових угідь; б) природний (квазіприродний) об'єкт, що зазнає антропоного впливу, близького до недостатньо певно визначеної верхньої межі навантаження, допустимого при адаптивному використанні.

*Агрогеосистема* - геосистема, що включає землі, які використовуються сільським господарством.

*Угіддя* (сільськогосподарські, орні, пасовищні, рекреаційні, мисливські, рибальські тощо) – землі або територіальні комплекси, економічно придатні для відповідної форми використання. Можуть бути післяландшафтними утвореннями або агроландшафтами.

*Каталандшафт* - стадія руйнування ландшафту, наближена до фінальної, з якої самовідновлення колишнього природного ландшафту через натуралізацію стає неможливим. Приклади: бедленди; відклади виносів з ярів; рухомі піски; землі з сильнозмитими і - розмитими

грунтами; малі річки і прирічкові територіальні комплекси, що зникли під ерозійними наносами.

*Опустинення антропогенне* - порушення територіального комплексу, внаслідок якого стає неможливим існування зімкненого рослинного покриву.

*Агропустеля* - каталандшафт, що утворився на раніш продуктивних сільськогосподарських землях і характеризується умовами, які виключають існування будь-якого зімкненого рослинного покриву.

*Агропустеля сезонна* - угіддя, на яких із господарчих міркувань не здійснено посів сільськогосподарських культур і протягом деякого часу (звичайно до року) не допускається самозаростання (зяб, пар).

*Агроландшафт* - антропогенно-природна, інтегрована природно-виробнича територіальна система, що пристосована до науково обґрунтованого, екологічно раціонального й економічно ефективного ведення сільськогосподарського виробництва, забезпечує збереження й розвиток його природних основ і тих основ колишнього ландшафту, які ще збереглися, не суперечить охороні довкілля, підтриманню організованості біосфери. Див.: агроландшафтний шлях розвитку угідь.

*Дійсно культурний агроландшафт* - синонім терміна "агроландшафт", посилений з метою відмежування від поширеного, але безпідставного, чисто пейзажного, недиференційованого позначення цим терміном будь-яких земель, що використовуються сільським господарством, незалежно від їхньої ґрунтозахисно-меліоративної упорядкованості та ступеня екологічної раціональності господарювання.

*Агроландшафтогенез* - процес антропоного створення, вдосконалення, необмеженого в часі розвитку, згодом і саморозвитку агроландшафту.

*Агроландшафтний шлях розвитку угідь* - шлях планомірного вживлення людиною в угіддя систем щодалі повнішого забезпечення здатності агрогеосистем до саморегуляції, гомеостазу, самовідновлення й

саморозвитку - здатності, притаманної природним ландшафтам. Перший, основоположний етап а.ш.р.у. – ґрунтозахисно-меліоративне впорядкування.

*Агроландшафтна земельна політика держави* - політика, яка досягає цілей охорони, захисту й розвитку земель і ґрунтів передусім через повсюдне створення й розвиток агроландшафту.

*Квазіагроландшафт* - сільськогосподарське угіддя (переважно невелике за площею), що набуло більшості рис агроландшафту (принаймні характеризується відсутністю процесів деградації основ колишнього ландшафту, природних умов с.-г. виробництва) без цілеспрямованих зусиль людини переважно завдяки невеликому антропоному навантаженню та благодотвірній дії неперушеного довкілля.

*Протоагроландшафт* - угіддя, на якому здійснене ґрунтозахисно-меліоративне впорядкування і створена ґрунтозахисно-меліоративна просторова структура майбутнього агроландшафту.

*Ландшафтний* - визначення, яке стосовно різних етапів формування й розвитку агроландшафту позначає високу міру наближення його окремих складових частин або його ознак (динамічних властивостей) до їхнього стану (рівня) в (природних) ландшафтах. Наприклад: ландшафтна стабільність та ландшафтна істотність дії заходів (систем заходів) постійної дії.

*Агроземний напрям ґрунтоутворення* - прискорене або поступове перетворення ґрунтів (як колишнього компонента колишнього природного ландшафту або його залишків) на агроземи як складники ґрунтового компонента агроландшафту (майбутнього агроландшафту).

*Агроземи* - ландшафтно захищені від ґрунторуйнівних процесів ґрунти різноманітної класифікаційної належності, профіль і властивості котрих перетворені (цілеспрямовано перетворюються) для кращого виконання ґрунтами біопродукційних та інших ландшафтно-екологічних функцій.

## 2. Грунторуйнівні та інші деградаційні процеси

*Дегуміфікація ґрунту* - зменшення кількості гумусу *in situ*, яке не обумовлене відчуженням ґрунту.

*Діяльна поверхня* - поверхня ґрунту, води або рослинності, що безпосередньо поглинає сонячну і атмосферну радіацію і віддає випромінювання в атмосферу (Хромов С.П., Мамонтова Л.И. Метеорологический словарь. Ленинград: Гидрометеиздат, 1963. - С.141), також піддається фізичній дії води атмосферних опадів, водного або вітрового потоку. Форма ДП визначається нанорельєфом ґрунту, видом і розвиненістю рослинності, видом, кількістю, положенням рослинних решток. Із численних характеристик стану ДП найважливішими є агрегатний склад і проникність поверхневого шару ґрунту, його вологість і стан вологи залежно від температури.

*Грунторуйнівні процеси* - загальна назва групи різноманітних процесів (переважно антропогенних), що зменшують товщину ґрунтового профілю через видалення ґрунтового матеріалу (це переважно ерозія і дефляція ґрунту) або ведуть до погіршення якості ґрунту та зменшення родючості.

*Парадинамічні ерозійні та дефляційні зв'язки між агрогеосистемами, частинами агрогеосистем* – відповідно: надходження поверхневого або концентрованого стоку з вище розташованої агрогеосистеми (частини агрогеосистеми), яке здатне призводити до посилення ерозії або відкладання ерозійних наносів; надходження повітряного потоку, швидкість якого та завантаження наносами збільшилися під час проходження над частиною агрогеосистеми з навітряного боку, яке здатне посилити дефляцію (у тому числі через механічний вплив наносів на ґрунтові агрегати) та збільшити відкладення наносів.

*Тальвеговий (концентрований) стік* - стік через струмки, які при

наступних випадках стоку (на орних угіддях - навіть після обробітку ґрунту) відновлюються повністю або майже повністю по тих самих лінійних, переважно вздовж схилових заглибленнях, переважно ними ж і сформованих.

*Поверхневий стік* - стік із міжструмкових просторів і струмками без постійних русел.

*Ерозія ґрунту* (посилений синонім: водна ерозія ґрунту) - видалення й перенесення в напрямі ухилу ґрунтового матеріалу (із можливим частковим і тимчасовим його відкладанням) водами поверхневого й тальвегового стоку талих або дощових вод (в останньому випадку дезагрегація і зрушення ґрунту ініціюється значною мірою ударами дощових краплин).

*Ерозійність ґрунту* – вимірювані показники здатності ґрунту дезагрегуватися й видалятися ударами дощових краплин, водою, що стікає.

*Еродованість ґрунту* - показник, що характеризує товщину шару ґрунту, втраченого переважно внаслідок ерозії. Допустимо використовувати з цією метою також величину зменшення запасів гумусу.

*Нееродовані (недефльовані) ґрунти* – ґрунти, що досягли клімаксної стадії розвитку і надалі перебували в умовах природного ландшафту, які виключали прискорену ерозію (дефляцію ґрунту). Іноді, для визначення ступеня еродованості (дефльованості) ґрунтів у аналогічних умовах на сусідніх землях, за “еталони” нееродованих (недефльованих) ґрунтів приймають ті, що уникли ерозії (дефляції), принаймні помітної, у період інтенсивно нераціонального використання згаданих сусідніх земель; такі випадки повинні бути спеціально застережені.

*Еродовані ґрунти* - змиті й розмиті ґрунти (див.).

*Змиті ґрунти* - ґрунти, грубизна яких зменшена переважно внаслідок ерозії (водної). Часто змиті ґрунти є змито-намитими (намито-змитими).

*Розмиті ґрунти* - ґрунти, на яких наявні від’ємні лінійні форми

мікрорельєфу, створені й поновлювані стоком через струмки й потоки. Більшість розмитих ґрунтів є змито-розмитими.

*Намиті ґрунти* - ґрунти із збільшеною через відкладення змитого вище по схилу ґрунтового матеріалу товщиною гумусованого шару профілю.

*Перемиті (передуті) ґрунти* - ґрунти, верхній (у т.ч. орний) шар яких збіднений певними фракціями агрегатного або гранулометричного складу внаслідок вибіркового (переважного) виносу саме цих фракцій стоком (вітром).

*Бедлендизація ерозійна* - зростання ерозійної розчленованості поверхні схилів і привододільних земель до ступеня, який унеможлиблює сільськогосподарське використання залишків колишньої поверхні між розмивами та ярами, особливо за умови додержання ґрунтозахисного правила обробітку землі тільки впоперек похилу.

*Дефляція ґрунту, снігу* (вітрова ерозія ґрунту, снігу) - відокремлення й перенесення частинок ґрунту, снігу вітром з можливим частковим відкладанням у процесі перенесення, біля різноманітних бар'єрів або біля межі площі, що дефлюється. У процесі дефляції можливе механічне руйнування агрегатів ґрунту і включення їхніх решток у процес дефляційного перенесення.

*Дефляційність ґрунту* - вимірювана здатність ґрунту видалятися вітром.

*Дефльованість ґрунту* - зменшення товщини ґрунту переважно внаслідок дефляції.

*Агротехнічне розвіювання ґрунту (агротехнічна дефляція ґрунту)* - винесення вітром або конвекційно-турбулентними вихрами ґрунтового матеріалу при операціях з обробітку ґрунту.

*Агротехнічна ерозія* - поступове зсування ґрунту по схилу при операціях із обробітку ґрунту.

*Величина ерозійного (дефляційного) переміщення ґрунту* – кількість ґрунтового матеріалу, переміщеного водою (вітром) за певний час через певний відрізок прямої лінії, віднесена до довжини цього відрізка.

*Ерозійні (дефляційні) втрати ґрунту* – кількість ґрунту, видалена ерозією (дефляцією) в певному пункті простору (мм, см) або винесена за межі певної ділянки земної поверхні. Вимірюється масою видаленого ґрунту, у тому числі, віднесеного до площі ділянки. У загальному випадку е. (д.) в. г. виражаються різницею між зазначеним видаленням ґрунту і надходженням ґрунтового матеріалу у даний пункт у межі даної ділянки з водними (вітровими) потоками.

*Сумарні (ерозійно-дефляційні) втрати ґрунту* – сума ерозійних та дефляційних втрат ґрунту.

*Інтенсивність ерозійного (дефляційного) руйнування ґрунту* – ерозійні (дефляційні) втрати ґрунту (див.) за одиницю часу.

*Допустимі втрати ґрунту* - офіційно встановлені граничні розміри ерозійного та дефляційного видалення ґрунтового матеріалу (звичайно  $\text{мм}\cdot\text{рік}^{-1}$  або  $\text{т}\cdot\text{га}^{-1}\cdot\text{рік}^{-1}$ ), визначені з урахуванням наявних ґрунтоохоронних можливостей та інтенсивності ґрунтоутворення в даних умовах (якщо останню можливо визначити з достатньою мірою надійності).

*"Зовнішня" шкода від ерозії та дефляції* - забруднення ґрунтовым матеріалом, який винесений стоком та вітром, атмосфери прилеглих земель і водних об'єктів, інші їх пошкодження.

### **3. Антропний компонент агроландшафту, його технологічний субкомпонент**

*Антропний компонент агроландшафту* - результат людської діяльності, неухильно й свідомо спрямованої на створення, підтримання, вдосконалення й розвиток агроландшафту (див.), його природних (антропогенних) компонентів та елементів.

*Технологічний субкомпонент антропоного компонента агроландшафту* - здійснення в оптимізованих умовах ґрунтозахисно-меліоративної просторової структури угідь раціональної виробничої технології і заходів із розвитку ґрунтів в агроземному напрямі.

*Комплекс ґрунтозахисних заходів* - характерні для минулого періоду рекомендації із застосування на певній ділянці кількох різнорідних переважно технологічних ґрунтозахисних заходів. Не ставилося питання про агроландшафтну реорганізацію земель як про напрям створення гранично оптимізованих умов для раціональної виробничої технології.

*Ландшафтне землеробство* - недоречний термін, яким намагаються передусім підкреслити необхідність відповідності форм і способів використання земель їхнім характеристикам і властивостям. Питання про агроландшафтогенез взагалі не ставиться.

*Система землеробства* - а) в межах конкретної робочої ділянки або конкретної серії близьких за умовами робочих ділянок - набір і схема чергування в часі культур, що вирощуються, опис раціональних рослинницьких технологій, що застосовуються за найбільш характерного перебігу погодних умов; б) стосовно типу земель зони, регіону, місцевості, групи близьких за спеціалізацією господарств - те саме, але вимушено описане в більш загальних рисах, аж до найкоротшої умовно-розпізнавальної характеристики (просапна, травопільна тощо); в) в історії хліборобства зміст терміна визначається метою застосування.

*Ґрунтозахисні системи землеробства з контурно-меліоративною організацією території* – назва, під якою в Україні запроваджувався, переважно у 1980-х рр., розподіл земель між (еколого) – технологічними групами земель (див.) з диференційованим господарюванням на них і з окремими ґрунтозахисними заходами постійної дії.

*Контурно-меліоративне землеробство* – загальна назва для різноманітних пропозицій організації польової території з трасуванням напрямних ліній обробітку паралельно горизонталям; в Україні –

переважно як синонім попереднього терміна.

*Грунтозахисна сівозміна* – застарілий недостатньо конкретний термін (ГОСТ 16265-80), який вживався, як правило, стосовно сівозмін з переважанням багаторічних трав на середньо- і сильноеродованих ґрунтах. Проте у визначенні терміна висловлена безумовна вимога, дійсна щодо будь-яких сівозмін – “забезпечувати захист ґрунту від ерозії”, що в принципі неможливо методами ведення сівозміни. Грунтозахисний вплив мають справляти всі сівозміни.

*Система пасовищного тваринництва* - а) в межах конкретного загону пасовищезміни або серії близьких за умовами загонів - норми поголів'я, часовий режим випасу, раціональні технології підтримання і відновлення травостою; б) і в) аналогічно системі землеробства.

*Раціональна (грунтозахисна) виробнича технологія* (грунтозахисно-меліоративний аспект) - узагальнена назва групи виробничих технологій, рослинницьких та пасовищних, які в певних умовах забезпечують достатню економічну ефективність виробництва, максимальну технологічно можливу грунтозахисну дію, не суперечать агроземному напрямкові розвитку ґрунтів.

*Грунтозахисно-меліоративні заходи* - заходи (спеціальні або в складі виробничої технології), спрямовані на захист ґрунтів (переважно від ерозії та дефляції) і на одночасне поліпшення умов сільськогосподарського виробництва, особливо умов зростання рослин (в першу чергу, їхньої вологозабезпеченості).

*Грунтозахисний обробіток ґрунту* - забезпечує підвищення стійкості ґрунту до ерозії та дефляції, завдяки збереженню на його поверхні рослинних решток, збагаченню поверхневого шару стійкими агрегатами, збільшенню інфільтраційної здатності поверхневого й підповерхневого шарів ґрунту.

*Водозатримний нанорельєф* – заглибини на поверхні ґрунту (лунки, переривчасті борозди, мікролимани, тощо); може створюватися за

допомогою спеціальних знарядь для обробітку ґрунту. Деяка водозатримна здатність властива будь-якому орному нанорельєфу поверхні, у тому числі і водовідвідному.

НД: протиерозійний нанорельєф.

*Водовідведення* - уповільнене ерозійно безпечне розосереджене відведення води, що утворилася на поверхні ґрунту, переважно в напрямі, близькому до напрямку горизонталей рельєфу по борознах орного нанорельєфу або через перетікання води з однієї ємності нанорельєфу поверхні до іншої, розташованої нижче по схилу.

*Водовідвідний нанорельєф поверхні ґрунту* - створюється обробітком ґрунту паралельно водовідвідним (стоковідвідним) поперечносхилувим (контурним) межам контурно-смугових робочих ділянок.

*Стоковідведення* - відведення вод поверхневого стоку вздовж горизонталей рельєфу.

*Стоковідвідний мікрорельєф поверхні схилу* - стоковідвідні контурні заходи постійної дії, переважно у вигляді різноманітних земляних споруд, а також контурні мікроулоговини, які поступово утворюються вздовж ліній переважного розміщення розгінних борозен і звальних гребенів при контурній загінній оранці ґрунту в контурно-смугових орних ділянках при майже постійних поперекахсхилувих межах орних загонів.

*Збереження рослинних решток на поверхні ґрунту* - напрям захисту ґрунтів, націлений на мінімалізацію порушення поверхні ґрунту з післязбиральними рослинними рештками на ній через повне утримання від обробітку ґрунту або виконання його тільки на незначній частині площі.

*Мульчування ґрунту органічне* - укриття поверхні ґрунту органічною масою, завезеною або вирощеною тут же (рослинними рештками, залишеними після збирання врожаю); мульча може закріплюватися в поверхневому шарі ґрунту за допомогою спеціальних операцій з обробітку ґрунту.

*Мульчобробіток ґрунту* - обробіток ґрунту, призначений, крім загальних агротехнічних цілей, також для укриття поверхні ґрунту рослинними рештками, іншою органічною мульчею та їхнього закріплення в поверхневому шарі ґрунту.

*Щілювання* - нарізання в ґрунті щілин для прискореної інфлюкції в ґрунт води, що стікає по його поверхні.

*Вертикальне (щілинне) мульчування* - заповнення протиерозійних щілин подрібненими рослинними рештками (переважно соломою); захід сприяє агроземному напрямові ґрунтоутворення.

*ґрунтозахисно-меліоративні заходи тривалої дії* – непостійні заходи з тривалістю помітного впливу більше року. Приклади: вертикальне (щілинне) мульчування, якщо солома не прикрита повністю ґрунтом; ґрунтозахисні посіви багаторічних трав.

#### **4. Просторово-структурний субкомпонент агроландшафту, ґрунтозахисно-меліоративне впорядкування агроландшафту**

*Просторово-структурний субкомпонент антропоного компонента агроландшафту* - матеріалізований результат людської діяльності, спрямованої на створення, підтримання та вдосконалення ґрунтозахисно-меліоративної просторової структури агроландшафту.

*ґрунтозахисне (ґрунтозахисно-меліоративне) впорядкування агроландшафту* - перший, основоположний етап агроландшафтогенезу (див.), тобто етап створення ґрунтозахисно-меліоративної просторової структури угідь (майбутнього агроландшафту) і неухильного здійснення раціональної (у тому числі ґрунтозахисної) виробничої технології в умовах переходу від сучасного членування угідь, яке поступово ліквідується, до просторової структури, що створюється, а потім проходить стадію становлення.

*Агроландшафтна реорганізація (організація) земель* - створення ґрунтозахисно-меліоративної просторової структури майбутнього

агроландшафту (див.) на землях, що використовувалися сільським господарством (або на новоосвоюваних землях).

*Грунтозахисно-меліоративна просторова структура угідь (майбутнього агроландшафту)* - ландшафтно стабільне підрозділення (дискретизація) земель дійсними системами грунтозахисно-меліоративних заходів постійної дії (див.). Найважливіші модифікації – орна та пасовищна; при чергуванні орного й пасовищного способів використання землі бажано застосовувати орну модифікацію.

*Агроландшафтно-земельне проектування* - проектування грунтозахисно-меліоративної просторової структури угідь (див.), а в її межах - проектування використання земель, екологічно раціонального та прийняттого за економічною ефективністю.

*Ескізний проект агроландшафтної реорганізації земель* - проект грунтозахисно-меліоративної просторової структури майбутнього агроландшафту (звичайно в масштабі 1:10000), виконаний на основі відомостей про рельєф (топокарта) і ґрунти (план ґрунтів) з використанням попередніх стандартизованих (або інших) величин критеріїв створення дійсних систем грунтозахисно-меліоративних заходів постійної дії. Ретельно опрацьований ескізний проект може бути реалізований у природі за умови поступового, поетапного виконання робіт, починаючи від привододільних земель, з перевіркою працездатності виконаного фрагмента облаштування, з коректуванням при необхідності проекту на фрагмент, виконання якого на черзі.

*Робочий проект агроландшафтної реорганізації земель* – уточнений проект, ретельно перевірений (у тому числі, розрахунковими методами), з рекомендаціями відносно технологій створення заходів постійної дії і щодо винесення проекту в природу.

*Грунтозахисно-меліоративні заходи постійної дії* - ландшафтно істотні і ландшафтно сталі заходи, тривалість існування й дії яких - при належному догляді та підтриманні - складає одне або кілька десятиліть,

після чого їх можна відновити на тому ж місці завдяки їхньому правильному розташуванню в системі ґрунтозахисно-меліоративної просторової структури угідь (агрolandшафту), яку вони в цілому формують. Головні групи ГЗ-М ЗПД: меліоративні насадження (в першу чергу полезахисні смуги); гідротехнічні споруди (головно лінійні стоковідвідні земляні); стоковідвідна інфраструктура агрolandшафту.

*Дискретизація (ґрунтозахисно-меліоративна дискретизація) простору угідь* - поділ площі угідь ґрунтозахисно-меліоративними заходами постійної дії на порівняно невеликі робочі ділянки з метою послаблення й розриву стоко-ерозійних та вітродефляційних парадинамічних зв'язків між ними, відповідного недопущення посилення ерозії та дефляції, а також задля підвищення ступеня однорідності умов господарювання.

*Лінеаризація* - згущення континуальних перехідних смуг між підрозділами ландшафту або нечітких природних рубежів до лінії, яка закріплюється на місцевості. Приклади: частини схилу з відмінною експозицією розділяються вздовжсхилувим експозиційним рубежем; межі ділянок схилу з відмінностями в умовах внаслідок їхньої схилової мікрозональності лінеаризуються через системи поперексхилувих меж робочих ділянок і інших рубежів.

*Агролісомеліорація* - загальна назва ґрунтозахисно-меліоративних впливів на сільськогосподарські угіддя за допомогою різного роду деревних і (або) чагарникових меліоративних насаджень.

*Полезахисна меліорація* - створення полезахисних смуг з метою послаблення вітру і відповідного зменшення випаровування вологи, вітрового перенесення снігу й ґрунту, дефляції ґрунтів, а також ландшафтно стабільного закріплення меж робочих ділянок.

*Полезахисна агролісомеліорація* - те саме, що полезахисна меліорація (див.), але з участю також лісових смуг (див.), здатних на деякий полезахисний вплив.

*Полезахисна смуга* - малорядна смуга ажурної або (менш бажано) продувної конструкції, що здійснює ґрунтозахисно-меліоративний вплив через зменшення швидкості вітру.

*Полезахисна смуга-куліса* - полезахисна смуга оптимальної конструкції, що включає один ряд (іноді два ряди) високостовбурних густокронних дерев з гранично щільним розміщенням в ряду і низький (до 1 м) чагарник.

*Живоплоти* - ґрунтозахисно-меліоративні насадження (у тому числі і полезахисні смуги), непролазні для тварин, що випасаються.

*Лісові смуги (протиерозійні, стокорегулюючі, ілофільтри прибалкові та прияружні)* - багаторядні, з участю чагарників, щільні за конструкцією смугові меліоративні насадження, призначені переважно для затримання ерозійних наносів, затримання та розпилення вод поверхневого стоку для їх убирання в ґрунт, меншою мірою для полезахисного впливу на сільськогосподарські угіддя.

*Стоковідвідні заходи постійної дії, стоквідвідні споруди* - лінійні земляні наорні або виїмково-насипні споруди, іноді закріплені постійним рослинним покривом, призначені для перехоплювання вздовжсхилового поверхневого стоку і відведення його з ерозійно безпечним ухилом до ерозійно безпечних (протиерозійно облаштованих) русел (переважно вздовжсхилкових ланок стоквідвідної інфраструктури агроландшафту).

*Дійсні (справжні) системи ґрунтозахисно-меліоративних заходів постійної дії* - комплекси заходів такої інтенсивності (територіальної повторюваності), при якій: а) не спостерігаються ерозія та дефляція ґрунту; б) заходи постійної дії зберігають свою фізичну цілісність і функціональну дієздатність навіть при відсутності ґрунтозахисного впливу раціональної виробничої технології і за максимальної напруженості факторів ерозії та дефляції поза системами; в) меліоративний вплив охоплює всю площу угідь (причому рівномірно, без просторових ускладнень для технології) і істотно впливає на продуктивність. Системна

відстань між лінійними заходами - найперший системоформуючий критерій, критерій проектування, параметр, що нормується. Дійсні системи окремих заходів у сукупності формують суперсистему ґрунтозахисно-меліоративної просторової структури майбутнього агроландшафту. Вживання у назві підсилюючих визначень "дійсні (справжні)" обумовлено масовістю неправомірного відхилення від самого змісту поняття "система", якою іменують будь-який набір заходів.

*Системи ґрунтозахисно-меліоративних заходів постійної дії*– див.: дійсні (справжні) системи...

*Принцип ґрунтозахисно-меліоративної наддостатності*– застосування в конструюванні агроландшафту заходів з метою надійного захисту ґрунтів (і збереження заходів постійної дії від руйнування), у тому числі і при так званих "стихійних лихах" малої повторюваності. Перш за все, дія ґрунтозахисно-меліоративної просторової структури має доповнюватися дією раціональної (ґрунтозахисної) виробничої технології..

*Попередні стандартизовані критерії формування дійсних систем ґрунтозахисно-меліоративних заходів постійної дії* - запропоновані для широкого випробування в експериментальних зразках ґрунтозахисно-меліоративної просторової структури майбутнього агроландшафту величини відстані між полезахисними смугами (не більше 10-15 висот дерев, або на території України 200 м, крім районів крайнього Півдня і ґрунтів легкого гранулометричного складу) і стоковідвідними спорудами (не більше 50 м), а також величини довжини ліній ерозійно безпечного відведення поверхневого стоку (не більше 300-500 м при ухилі вздовж ліній від 0,5<sup>0</sup> до 0,5% і не більше 500-700 м при ухилі до 0,5%).

*Системоформуючі критерії дійсних систем ґрунтозахисно-меліоративних заходів постійної дії* - див. попередні стандартизовані критерії...

*Земельний масив (ЗМ)* - вихідна (для подальшого поділу) одиниця агроландшафтно-земельного поділу території. Окремий ЗМ може правити

за самостійний об'єкт агроландшафтної реорганізації земель. ЗМ - просторова сукупність земель, звичайно досить чітко відокремлена переважно геоморфологічно, існує реально внаслідок спільності стоко-ерозійних парадинамічних зв'язків. При слабковираженому плоскому рельєфі у виділенні ЗМ додатково збільшується значення відмінностей у ґрунтах, глибині ґрунтових вод, також вітродофляційних парадинамічних зв'язків. Занадто великі за площею ЗМ з великою різноманітністю природних і інших умов можуть для зручності підрозділятися на субмасиви.

*Схилові землі* – землі, розташовані вище від берегів елементів гідрографічної мережі, за винятком (при) вододільних земель із крутизною менше 2<sup>0</sup>, а після здійснення агроландшафтної реорганізації земель – за винятком земель власне плакорного підтипу місцевості.

*Схил елементарний* – експозиційно однорідна частина подовжнього сектора схилу, від варіювання експозиції поверхонь форм мікрорельєфу і вузьких смуг землі вздовж геоморфологічних істотних вздовжсхилкових рубежів звичайно абстрагуються.

*Схилувий (малий) водозбір* – деяка частина площі земельного масиву, поверхневий стік з якої, концентрується (і далі прямує) вздовж єдиного тальвегу. Лінія тальвегу розмежовує, як правило, два суміжні схилуві блоки контурно-смугових робочих ділянок і є місцем розміщення вздовжсхилової ланки стокоскидної інфраструктури.

*Схилова мікрозональність* - зміни в напрямі вздовж схилу природних умов (характеристик літології, мікроклімату, ґрунтів, рослинності тощо), а відповідно і умов господарського використання землі.

*Мікрозона (схилова мікрозона)* - витягнута в напрямі поперек схилу смуга схилкових земель, певною мірою однорідна за природними умовами.

*Ґрунтозахисно-меліоративний тип (підтип) місцевості* - у системі схилової мікрозональності ареал земель, відносно рівноцінних для

господарського використання (Ф.М.Мільков) і однотипних за методами агроландшафтної реорганізації. З урахуванням останнього опрацьована Ф.М.Мільковим схема типів місцевості потребує модифікації до такого вигляду:

А. Власне плакорний (просапний) підтип місцевості – порівняно безпечна у відношенні ерозії привододільна частина плакорного типу місцевості з крутизною до  $1^0$  і завдовжки до 400-600 м. Переважають нееродовані ґрунти. Землі підтипу підрозділяються на смугові робочі ділянки.

Б. Плакорний польовий підтип місцевості – землі нижньої частини схилу крутизною до  $3^0$ , з переважанням слабоеродованих ґрунтів. Землі підрозділяються на контурно-смугові орні робочі ділянки.

В. Схилувий польовий підтип місцевості – схили крутизною до  $5-6^0$ . Потрібно підрозділення на орні контурно-смугові робочі ділянки, котрі можуть використовуватися і як рілля, і як лукопасовищні угіддя.

Г. Схилувий пасовищний підтип місцевості – схилуві землі крутизною більше  $6^0$ . Підрозділяються на контурно-смугові загони пасовищезміни.

Д. Заплавний (днищний) тип місцевості – при агроландшафтній реорганізації враховуються перш за все природоохоронні вимоги.

Інші типи місцевості за Ф.М.Мільковим, якщо їхні землі використовуються сільським господарством, включаються за вищезначеними критеріями до названих типів і підтипів місцевості (міжрічковий недренований – до власне плакорного, прирічковий та надзаплавно-терасовий – до схилового).

*Господарчо-організаційна та ґрунтозахисно-меліоративна мікрозона схилу* – термін використовується в спрощених викладах та практичних рекомендаціях. Мікрозона А – власне плакорний підтип місцевості. Мікрозона Б з орною модифікацією агроландшафтної реорганізації об'єднує плакорний польовий та схилувий польовий підтипи місцевості. Мікрозона В – схилувий пасовищний підтип місцевості. Мікрозона Г – заплавний тип місцевості.

*Еколого-технологічна група земель* - в концепції “грунтозахисних систем землеробства з контурно-меліоративною організацією території” схиліві мікрозони для диференціації виробничих технологій, форм використання землі, культур, що вирощуються, відповідно до схилової мікрозональності: 1-а група відповідає плакорному типу місцевості, 2-а - схилловому польовому, 3-я - схилловому пасовищному. Системна агроландшафтна реорганізація не передбачалася.

*Робоча ділянка* - відокремлена за допомогою реально існуючих постійних і матеріально закріплених меж частина угідь, котра використовується, як правило, як єдине ціле і переважно не потребує виробничого поділу на ділянки дрібніші за площею і однорідніші за умовами господарювання. Стосовно земель, де не виконано агроландшафтну реорганізацію, бажано вживати терміни “поле (сівозміни)”, “частина поля (сівозміни)”.

*Смугова робоча ділянка* - у власне плакорному підтипі місцевості (мікрозона А) - витягнута в довжину робоча ділянка (звичайно обмежена двома суміжними полезахисними смугами як елементами їхньої дійсної системи), у трасуванні довгих меж якої немає необхідності строго додержуватися принципу контурності і стоковідвідного принципу (хоча ці принципи можуть урахуватися); відповідно ці межі можуть бути (або не бути) прямолінійними. У орної смугової робочої ділянки бажано мати довгі межі паралельними одна одній.

*Блок смугових робочих ділянок* - серія витягнутих у довжину суміжних робочих ділянок, що переважно прилягають одна до одної і одноманітно зорієнтовані в просторі - довільно або з урахуванням характеристик вітрового режиму.

*Мілководнолиманне зрошення* - поповнення ґрунту і підземних вод, затриманою вище водозатримної гідротехнічної споруди водою на період до повного її поглинання ґрунтом або на частину цього періоду.

*Стоковідвідна і стокоскидна інфраструктура агроландшафту* -

система споруд, спеціально створених, і елементів поверхні, спеціально облаштованих для ерозійно безпечного відведення поверхневого стоку води з площі угідь і його безпечного скидання на дно гідрографічної мережі, в водойми або водотоки.

*Істотні вздовжсхиліві рубежі (ІВСР)* - об'єкти, що перешкоджають поперечно-протяжному контурно-смуговому структуруванню схилу (або занадто ускладнюють таке структурування) і тому правлять за флангові межі вздовжсхилівих секторів, які (сектори) підлягають перетворенню на блоки робочих ділянок. Характерні ІВСР: від'ємні форми вздовжсхилового розчленування поверхні, особливо улоговини стоку, стококонцентруючу та ерозійну роль яких важко нейтралізувати через затримання в них або відведення від них тальвегового стоку; лінії (або смуги) значної зміни експозиції схилу; цінні антропогенні об'єкти та споруди (лісові смуги та польові дороги до таких переважно не належать). При агроландшафтній реорганізації земель ІВСР перетворюють на вздовжсхиліві ланки стокоскидної інфраструктури агроландшафту.

*Улоговина стоку* - від'ємна форма вздовжсхилового розчленування поверхні схилу переважно ерозійного походження (звичайно м'яких обрисів). Улоговини стоку належать до істотних вздовжсхилівих рубежів.

*Потяжина* – малопомітна на місцевості слабко увігнута частина поверхні схилу. Взагалі не є перешкодою для контурно-смугового структурування, але при необхідності її тальвег може розглядатися як істотний вздовжсхилівий рубіж.

*Вздовжсхилова стокоскидна (концентрована) ланка стоківідвідної і стокоскидної інфраструктури агроландшафту* - протиерозійно облаштований канал скидання з угідь у гідрографічну мережу води, відведеної звичайно з площі блоку (або суміжних блоків) контурно-смугових робочих ділянок; звичайно суміщується з від'ємною формою вздовжсхилового розчленування поверхні або приурочується до іншого істотного вздовжсхилового рубежа. У випадку занадто довгої протяжності

у поперечносхиловому напрямі поверхні схилу, не ускладненої істотними вздовжсхиловими рубежами, влаштовується спеціально.

*Поздовжній сектор схилу* - частина схилу, обмежена з флангів істотними вздовжсхиловими рубежами, переважно придатна для контурно-смугового структурування як єдиний блок контурно-смугових робочих ділянок, можливо із субблоками.

*Полюва (розосереджена) ланка стоковідвідної інфраструктури агроландшафту* - сукупність площі угідь (орних, пасовищних тощо), вода або поверхневий стік з якої безпечно відводиться орним нанорельєфом, фіксовано орієнтованим у просторі, формами поперечносхилового мікрорельєфу та вздовж стоковідвідних споруд до вздовжсхилових (концентрованих) ланок стоковідвідної та стокоскидної інфраструктури агроландшафту.

*Контурність, принцип контурності* - структурування схилових земель із повсюдним у просторі урахуванням напрямку горизонталей рельєфу, у тому числі, із додержанням стоковідвідного принципу.

*Стоковідвідний принцип контурно-смугового структурування території* - полягає в тому, що для надійності функціонування й збереження контурно-смугової ґрунтозахисно-меліоративної просторової структури схилових земель всі рубежі на схилових землях повинні сприяти ерозійно безпечному відведенню води (поверхневого стоку) до ерозійно безпечних стокоскидних ланок стоковідвідної інфраструктури агроландшафту, а відстань між рубежами має бути такою, щоби виключити можливість виконання операцій, які дозволяють стокові концентруватися у вздовжсхилові потоки.

*Орна модифікація агроландшафтної організації (реорганізації) (земель)* – виробничими ділянками є смугові, контурно-смугові орні (або орно-пасовищні) робочі ділянки.

*Контурно-смугова орна робоча ділянка* - витягнута в довжину (в поперечносхиловому напрямі) орна робоча ділянка, верхня й нижня

поперечносхиліві межі якої спроектовані таким чином, щоб на всій площі ділянки витримувався стоковідвідний принцип контурно-смугового структурування території. Ширина ділянки звичайно дорівнює системній відстані між полежащими смугами, котрі закріплюють поперечносхиліві межі ділянки і практично унеможливають виконання агротехнічних операцій у будь-якому напрямі, крім заданого поперечносхилівими межами ділянки. У проектуванні слід прагнути до паралельності цих меж, а при можливості також до довжини, достатньої як довжина гону для засобів механізації.

*Контурно-смугова орно-пасовищна робоча ділянка* – те саме, але може використовуватися і як орна, і як пасовищна.

*Коректуючий клин* - робоча ділянка нерегулярної конфігурації (як правило, з непаралельними верхньою та нижньою поперечносхилівими межами), що розміщується між двома орними контурно-смуговими робочими ділянками для поліпшення відповідності горизонталям їхніх поперечносхилівих меж, для забезпечення безпечного відведення в їхньому напрямі вод поверхневого стоку.

*Пасовищна модифікація агроландшафтної організації (реорганізації) (земель)* – виробничими ділянками є контурно-смугові загони пасовищезміни (контурно-смугові пасовищні робочі ділянки).

*Контурно-смуговий загін пасовищезміни, контурно-смугова пасовищна робоча ділянка* - витягнута в довжину (в напрямі поперек схилу) робоча ділянка пасовищних угідь між двома суміжними елементами дійсної системи живоплотів, які закріплюють безпечно стоковідвідні поперечносхиліві межі загону: останні, на відзнаку від меж контурно-смугової орної робочої ділянки, можуть бути не паралельними одна одній.

*Блок (схилівий блок) контурно-смугових робочих ділянок* – серія суміжних контурно-смугових робочих ділянок, що переважно прилягають одна до одної і зорієнтовані в просторі контурно (вздовж напрямку горизонталей); як правило, серія розміщена в межах одного

вздовжсхилового сектора схилу.

*Субблок (схилувий субблок) контурно-смугових робочих ділянок* – частина площі блоку контурно-смугових робочих ділянок, відділене від решти площі істотним вздовжсхилувим рубежем, який є істотним не по всій довжині блоку, а по частині довжини, стає істотним у більш нижній частині блоку. Іноді довгий схилувий блок поділяється на кілька субблоків, які теж можуть поділятися (субблоки 2-го, 3-го і т.д. порядків).

*Флангові межі (схилувих блоків контурно-смугових робочих ділянок)* - звичайно приурочені до істотних вздовжсхилувих рубежів неширокі вздовжсхилуві смуги, в яких розміщуються вздовжсхилуві ланки стоковідвідної та стокоскидної інфраструктури агроландшафту і елементи системи польових доріг; можуть супроводжуватися більш широкими смугами квазіприродних кормових угідь, якщо істотний вздовжсхилувий рубіж являє собою порівняно широку від'ємну форму рельєфу с землями, мало- або непридатними для орного використання та для орної модифікації контурно-смугового структурування земель. Ці смуги перетинаються стоковідвідними спорудами, що відводять стік із орних земель до вздовжсхилувих ланок.

*Агроландшафтна система польових доріг* - забезпечує доступ до кожної смугової і контурно-смугової робочої ділянки переважно з флангового (вузького) боків (проїзди транспортних і технічних засобів по крайніх зонах вздовж довгих боків робочих ділянок, як і по ріллі взагалі є вкрай небажаними) і не суперечить ґрунтозахисно-меліоративним вимогам. Як правило, в окремому земельному масиві система включає дорогу, суміщену з водозатримним валом по нижній межі ареалу власне плакорного просапного підтипу місцевості, і дороги вздовж флангових меж схилувих блоків контурно-смугових робочих ділянок.

## **СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

### **Основна:**

1. Булигін С.Ю. Формування екологічно сталих агроландшафтів. Підручник.- К.:Урожай, 2005.- 300 с.
2. Булыгин С.Ю., Неаринг М.А. Формирование экологически сбалансированных агроландшафтов: проблема эрозии. – Харьков:Эней,1999.-272с.
3. Исаченко А.Г. Ландшафтоведение и физико-географическое районирование. -М., -1991, -366 с.
4. Соболев С.С. Защита почв от эрозии и повышение плодородия. - М.: Изд-во с.-х. лит-ры, -1961, -232 с.
5. Булигін С.Ю., Бураков В.І., Котова М.М., Новак Б.І., Ачасов А.Б., Барвінський А.В. Проектування ґрунтозахисних та меліоративних заходів в агроландшафтах.- К.: НАУ, 2004.- 114 с.
6. Оцінка і прогноз якості земель / С.Ю. Булигін, А.В. Барвінський, А.О. Ачасова, А.Б. Ачасов//Харк. нац. аграр. ун-т.–2008.– 237 с.

**Додаткова:**

1. Инструкция по определению расчетных гидрологических характеристик при проектировании мероприятий на Европейской территории СССР. -Л.: Гидрометеиздат, -1979, -62 с.
2. Костяков А.Н. Основы мелиораций. -М.: Госиздат с.-х. лит-ры, -1960, -622 с.
3. Кузнецов М.С. Противоэрозионная стойкость почв. –М.: Изд-во МГУ, 1981. –135 с.
4. Кузнецов М.С., Глазунов Г.П. Эрозия и охрана почв: Учебник. – М.: Изд-во МГУ, 1996. –335 с, ил.
5. Микроэлементы в сельском хозяйстве/ За ред. А.И.Фатеева, С.Ю.Булыгина. Харьков, 2001.-61с.
6. Мирцхулава Ц.Е. Водная эрозия почв (механизм, прогноз). – Тбилиси: Мецниереба, 2000. –422 с.

7. Мирцхулава Ц.Е. Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии. -М.: Колос, -1970, -240 с.
8. Мирцхулава Ц.Е. Размыв русел и методика оценки их устойчивости. –М. 1967. –179 с.
9. Можейко Г.А. Лесо-аграрные ландшафты Южной и Сухой Степи Украины (природа и конструкция). –Харьков: Эней, 2000. –312 с.
10. Панников В.Д. Эрозия почв и борьба с ней.-М.:Колос, -1980,-367 с.
11. Поздняков А.В., Черванев И.Г. Самоорганизация и развитие форм рельефа. -М.: Наука, -1990, -204 с.
12. Соболев С.С. Развитие эрозионных процессов на территории Европейской части СССР и борьба с ними. – М.Л., 1948.-Т.1.-С.3-100.
13. Швобс Г.И. Теоретические основы эрозиоведения. -К.: Вища школа, -1981, -224 с.