

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ АГРОТЕХНОЛОГІЙ**

Кафедра ґрунтознавства та агрохімії

ПРОТИЕРОЗІЙНА ОРГАНІЗАЦІЯ ТЕРИТОРІЇ

Методичні рекомендації

до виконання практичних робіт

здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

ОПП «Геодезія та землеустрій»

спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»

денної форми здобуття вищої освіти

Миколаїв

2022

УДК 631.6.02
П83

Друкується за рішенням науково-методичної комісії факультету агротехнологій Миколаївського національного аграрного університету від 17.11.2022 р., протокол № 3.

Укладач:

С. Г. Чорний – доктор с.-г. наук, професор, завідувач кафедри ґрунтознавства та агрохімії, Миколаївський національний аграрний університет.

Рецензенти:

Ю. В. Дмитрук – докт. біол. наук, професор, експерт з програм моніторингу нейтрального рівня деградації земель, ФАО ООН;

А. В. Панфілова – докт. с.-г. наук, доцент, завідувач кафедри рослинності та садово-паркового господарства, Миколаївський національний аграрний університет.

©Миколаївський національний
аграрний університет, 2022

Зміст

Вступ

Практична робота 1

Практична робота 2

Практична робота 3

Практична робота 4

Практична робота 5

Література

Додатки

ВСТУП

В переліку фундаментальних екологічних проблем, що потребують найскорішого вирішення людством поряд з глобальним потепленням та зменшення біологічного різноманіття є спустелювання. Цей процес охопив зараз приблизно 70 відсотків з 5200 млн. гектарів посушливих земель, що використовуються у світі для сільського господарства. Таким чином, спустелювання в даний час загрожує майже 30 % загальної світової площі сільськогосподарських угідь. Більш ніж у 110 країнах в наявності є землі, над якими нависла потенційна загроза утворення пустель. За даними Програми Організації Об'єднаних Націй по навколишньому середовищу (UNEP), процеси спустелювання наносять збиток економікам світу приблизно в 42 млрд. дол. США за рік.

Для України, особливо для степової та лісостепової зони, головним пустелеутворюючим процесом є ерозія ґрунту. Ерозія є головним деградаційним щодо родючості ґрунтів процесом, який завдає величезної екологічної та економічної шкоди в багатьох країнах світу, у тому числі і в Україні. За даними Державного комітету із земельних ресурсів в країні налічувалося 13,9 млн. га еродованих сільськогосподарських угідь, що складає 33,2% від їх загальної площі, а щорічне зростання еродованих ґрунтів перевищує 80 тис. га.

Негативні наслідки прояву сучасної – антропогенної ерозії стосуються не тільки ґрунтового покриву, а і всіх інших компонентів ландшафту – рельєфу, рослинного покриву, поверхневих та підземних вод, біоти тощо. Кінцевим результатом ерозійної діяльності є утворення пустельоподібних малопродуктивних ландшафтів. А отже проблема ерозії ґрунтів є комплексною екологічною проблемою.

В методичних рекомендаціях до виконання практичних робіт

з дисципліни «Протиерозійна організація території» розглянуті питання проектування комплексу заходів щодо протиерозійної організації сільськогосподарських земель: агротехнічних, лісомеліоративних, гідротехнічних та організація сівозмін. Викладено послідовність виконання лабораторних робіт. Наведено необхідні довідкові відомості та приклади виконання розрахунків щодо оцінки ефективності запланованих заходів.

Методичні рекомендації призначені для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти ОПІ «Геодезія та землеустрій» спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій» денної форми здобуття вищої освіти.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 1. ФАКТОРИ ВОДНОЇ ЕРОЗІЇ. КІЛЬКІСНА ОЦІНКА ВПЛИВУ РЕЛЬЄФУ.

Під водною ерозією, треба розуміти ту частину процесу загального процесу денудації, яка безпосередньо зв'язана з руйнуванням ґрунтів та (або) гірських порід краплями дощу, водою, що стікає, переміщенням та акумуляцією продуктів руйнування водними потоками за межі області, де цей процес відбувається.

У формуванні водної ерозії ґрунту *рельєфу належить провідна роль*. Досить сказати, що на горизонтальній поверхні винос ґрунту за межі деякого обмеженого простору, наприклад, сільськогосподарського поля, водна ерозія ґрунту відсутня. Зі збільшенням ухилу зростає горизонтальна складова сили тяжіння і, відповідно, збільшується швидкість потоку та його руйнівна сила. Крім ухилу на інтенсивність ерозії та ерозійну небезпеку території впливає також довжина схилу, форма його поздовжнього та поперечного профілів та експозиція.

Попереднє вивчення плану землекористування за топографічними картами М 1:10000 (в 1 см – 100 м) із перерізом рельєфу 1 м

На основі топографічної карти та ґрунтової карти провести вивчення території землекористування та необхідно провести між орним масивом та іншими категоріями земель. На плані різними кольорами позначити такі об'єкти:

- населені пункти – коричневим;
- багаторічні насадження, ліси, лісосмуги – зеленим;
- яри, балки – червоним;
- елементи гідрографії (ставки, озера, річки і т. д.) – синім;

Для сільськогосподарських угідь необхідно на плані землекористування (на топографічній карті) провести *характерні лінії*, а саме лінії *вододілів* та *тальвегів* (рис. 1).

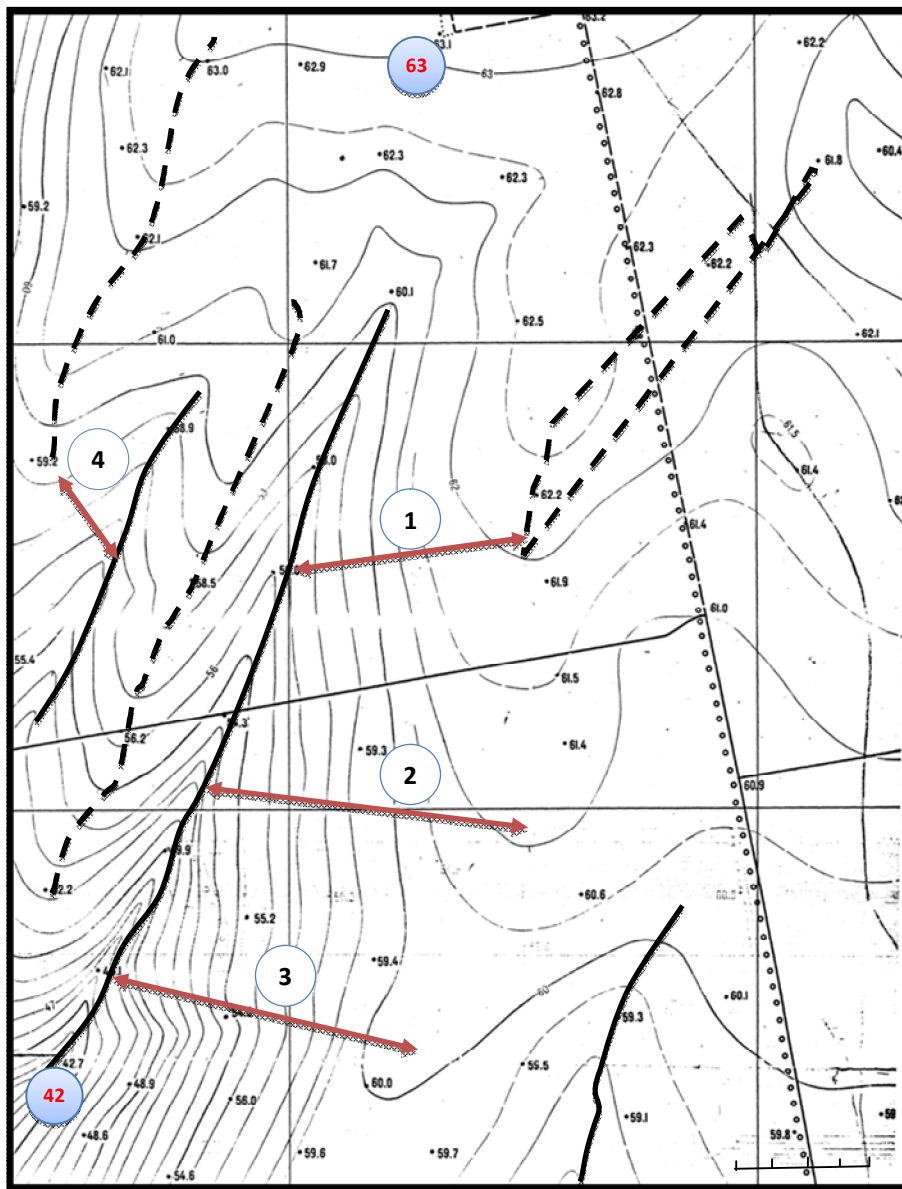


Рисунок 1. Приклад визначення тальвегів та вододілів.

Вододіл це лінія поділу стоку атмосферних опадів по двох протилежно спрямованих схилах; хребет або ділянка височенної місцевості, що розділяє два басейни стоку (рис. 1, пунктир).

Тальвег це лінія, що з'єднує найнижчі (найглибші) точки дна річки, долини, яру, балки та інших витягнутих форм рельєфу. Тальвег майже завжди є лінією найшвидшої течії в будь-якій річці. На картах він зазвичай являє собою відносно пряму або звивисту лінію (рис. 1, суцільна лінія).

Розрахунок коефіцієнтів розчленованості території, щільності ярів, місцевого базису ерозії

Слід здійснити розрахунок основних показників рельєфу, тому що він є найважливішим фактором розвитку ерозійних процесів. До таких показників відносять коефіцієнт розчленованості території, щільність ярів, місцевий базис ерозії.

А) Коефіцієнт розчленованості території який визначається за формулою

$$KR = \frac{L}{P}, \quad (1)$$

де KR – коефіцієнт розчленованості території, км/км²; L – довжина яружно-балкової мережі, км; P – площі землекористування, га.

Б) Щільність ярів визначається за формулою:

$$G = \frac{K}{S}, \quad (2)$$

де G – щільність ярів (шт./км²); K – кількість ярів (штуки); S – площа землекористування.

В) Місцевий базис ерозії (перепад висот) (H) визначають за формулою

$$(3)$$

де H_{max} – максимальна висота на певній площі землекористування, H_{min} – мінімальна висота на певній площі землекористування.

На рисунку 1 місцевий базис ерозії дорівнює $63 \text{ м} - 42 \text{ м} = 21 \text{ м}$.

Розрахунок функції рельєфу логіко-математичної моделі зливної ерозії.

Можна однозначно стверджувати, що інтенсивність ерозійного процесу на схилі прямо пропорційна його ухилу. При

цьому на підставі численних досліджень встановлено, що ця залежність нелінійна. У більшості випадків для її опису використовується статечна функція виду

$$f_1(I) = I^m \quad (4)$$

Таблиця 1. Приклад розрахунку функції рельєфу

Параметри	Профілі			
	№1	№2	№3	№4
Висота початку профілю (h_1), м	62,2	61,2	60,1	59,0
Висота кінця профілю (h_2), м	56,0	54,0	46,0	56,5
Висота перерізу рельєфу (h_1-h_2), м	6,2	7,2	4,1	3,5
Довжина схилу (закладання) (L), м	600	900	800	300
Ухил ($\alpha=(h_1-h_2)/L$)	0,010	0,008	0,005	0,012
Ухил в проміле ($I=1000 \cdot \alpha$), ‰	10	8	5	12
Функція ($I^{1,4}$)	25	18	10	32
Функція ($L^{0,5}$)	24	30	28	17
Функція рельєфу ($\Phi(I,L)$)	618	540	280	544

де $f_1(I)$ – функція, що описує вплив на інтенсивність змиву ґрунту ухилу поверхні I (в проміле); m – показник ступеня.

Величина показника ступеня m , що визначає швидкість наростання інтенсивності змиву із зростанням ухилу, для пари (зябу) у середньому становить 1.3-1.5. Тобто при збільшенні ухилу вдвічі інтенсивність змиву збільшується в 2.5-2.8 рази. За наявності сільськогосподарських культур величина показника ступеня m зменшується обернено пропорційно до протиерозійної ефективності культур до 1.2-0.9 для густопокривних культур і 0.8-0.7 для багаторічних трав і природних травостоїв.

Вважається, що вниз по схилу відбувається нагромадження маси стікаючої води і, відповідно, збільшення еродуючої здатності потоку. У зв'язку з цим, вважалось, що чим довший схил, тим більш інтенсивно проявляються на ньому ерозійні процеси, тобто, інтенсивність змиву ґрунту і, відповідно, ерозійна небезпека прямо пропорційна довжині схилу. Для опису цієї залежності використовується вираз:

$$f_2(L) = L^{0.5} \quad (5)$$

де $f_2(L)$ – функція, що описує вплив на змив ґрунту довжини схилу L , p – показник ступеня. При цьому величина показника ступеня p є постійною і дорівнювала 0.5.

Загальна оцінка впливу рельєфу на величину водної ерозії визначається через *функцію рельєфу* ($\Phi(L)$):

(6)

Приклад визначення функції рельєфу для чотирьох профілів (рис. 1) наведені в таблиці 1.

Послідовність виконання практичної роботи 1

1. На фрагменті топографічної карти, масштабом 1:10000 (в 1 см – 100 м, із перерізом рельєфу 1 м) визначити лінії вододілів і тальвегів.

2. Розрахувати коефіцієнт розчленованості території (при наявності ярів та балок), щільність ярів (при наявності ярів), місцевий базис ерозії.

3. Визначити чотири профілю для визначення функції рельєфу.

4. Розрахувати функцію рельєфу для кожного з профілів (результати розрахунків викласти в вигляді таблиці аналогічної таблиці 1.).

ПРАКТИЧНА РОБОТА 2. ФАКТОРИ ВОДНОЇ ЕРОЗІЇ. ВПЛИВ РОСЛИННОСТІ НА ПРОЦЕСИ ЕРОЗІЇ

Рослинний покрив має дуже суттєвий та дуже різнобічний вплив на протікання ерозійних процесів, у цілому зменшуючи їхню інтенсивність аж до повного припинення.

Ґрунтозахисний вплив рослинності проявляється по таких основних напрямках. Надземна маса рослинного покриву приймає на себе енергетичну дію падаючих крапель, охороняючи ґрунт від їхнього руйнівного впливу. Стебла і лежачі на землі листя збільшують гідравлічну шорсткість поверхні схилу, зменшуючи таким чином швидкість поверхневого стікання і, відповідно, його еродуючі та транспортуючі здібності, а також розосереджують потоки води по поверхні, збільшуючи, таким чином, площу зіткнення стікаючих вод із ґрунтом і забезпечуючи тим самим більш повне поглинання поверхневих вод. Нарешті, коренева система рослин, скріплюючи коренемісткий шар, збільшує здатність ґрунту протистояти ерозійному руйнуванню.

Сівозміна – інтенсивна система землеробства, науково обґрунтоване чергування сільськогосподарських культур і парів у часі і на території або тільки в часі (ротація) за заздалегідь визначеним планом.

Послідовність виконання практичної роботи №2.

Протиерозійна ефективність сівозміни визначається як середнє арифметичне ґрунтозахисної ефективності кожної сільськогосподарської культури в сівозміні (табл. 2).

Приклад такого розрахунку приведений в таблиці 3.

Таблиця 2. Грунтозахисна ефективність сільськогосподарських культур.

Сільськогосподарська культура та агрофон	Коефіцієнт грунтозахистної ефективності	
	Зливова ерозія (f_p)	Ерозія при снігорозтаванні
Чистий пар, зяб	1.00	1.00
Зайнятий пар	0.60	1.00
Кукурудза на зерно, сорго, просо, льон	0.70	1.00
Цукровий та кормовий буряк	0.85	1.00
Кукурудза на зелений корм і силос, картопля	0.75	1.00
Соняшник	0.8	1.00
Ярові колосові (ячмінь, овес, просо), яровий ріпак та злаково-бобові суміші	0.50	1.00
Зернобобові (горох, соя, віка)	0.35	1.00
Озимі зернові (пшениця, ячмінь) та озимий ріпак	0.20	0.30
Багаторічні трави першого року користування, ярий ячмінь (овес, просо) з підсівом багаторічних трав (люцерна, еспарцет, люпин, конюшина).	0,08	0.08
Багаторічні трави другого року (люцерна, еспарцет, люпин, конюшина).	0.03	0.03
Багаторічні трави третього року (люцерна, еспарцет, люпин, конюшина).	0.01	0.01
Мульча та стерня зернових	0,30	

Таблиця 3. Приклад розрахунку протиерозійної ефективності

№№	Сільськогосподарська культура та агрофон	Коефіцієнт ґрунтозахисної ефективності	
		При зливовій ерозії	При ерозії під час снігорозтавання
1.	Чорний пар	1,0	1,0
2.	Озима пшениця	0,2	0,3
3.	Кукурудза на зерно	0,7	1,0
4.	Ячмінь з підсівом багаторічних трав	0,08	0,08
5.	Багаторічні трави,	0,03	0,03
6.	Озима пшениця	0,2	0,3
7.	Соняшник	0,8	1,0
	Середнє	0,43	0,53

ПРАКТИЧНА РОБОТА №3. КІЛЬКІСНА ОЦІНКА ЕРОЗІЙНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ЗЕМЕЛЬ (ОЦІНКА ПОТЕНЦІЙНОЇ ЕРОЗІЇ ПРИ ЗЛИВАХ)

Ерозійно-небезпечними є землі, де *сполучення природних умов створює при їхньому господарському використанні без необхідних протиерозійних заходів можливість для прояву прискореної ерозії.*

У загальному випадку існуючі методи оцінки ерозійної небезпеки земель оцінюються категорією *потенційної ерозії ґрунту* - можливим для даних кліматичних і ґрунтово-геоморфологічних умов втрат ґрунту при використанні території під рілля і при відсутності протиерозійних заходів. Потенційна ерозія ґрунту оцінюється у тоннах з гектару за рік (т/га/рік) або в міліметрах шару ґрунту за рік (мм/рік).

Потенційна ерозія порівнюється з допустимою нормою ерозії і якщо є більшою за допустиму, то рекомендуються протиерозійні заходи різної інтенсивності.

Іншим способом інтерпретації таких даних є виділення за інтенсивністю ерозії різних категорій земель, з рекомендаціями, щодо їх використання (табл. 5). Необхідно підкреслити, що ці рекомендації мають загальний характер.

Оцінка потенційної ерозії при зливах

Для степової зони України ерозійна небезпека оцінюється як сумарна потенційна ерозія (W) за рахунок злив (W_z), при сніготаненні (W_c) та вітрової ерозії (W_v).

$$W = W_z + W_c + W_v \quad (7)$$

В практичній роботі №3 оцінюється лише потенційна ерозія за рахунок злив.

Потенційна ерозія при зливах оцінюється за формулою

(8)

де W_3 – середнє багаторічне потенційне значення зливної ерозії, т/га/рік;

Таблиця 4. Приклад розрахунку величини зливної ерозії і оцінки використання земель

Номер профілю	$\Phi(L,I)$	J_r	$K_{гм}$	$e^{-\lambda_p(0.85-100 \cdot m)}$	W , т/га	Ерозійна небезпека
1.	600	1,55	2578	1,0	6,2	Середня
2.	1000	1,55	2578	1,0	10,4	Висока
3.	2100	1,55	2578	1,0	21,8	Дуже висока
4.	2800	1,55	2578	1,0	29,0	Дуже висока
1.	600	1,55	2578	0,63	3,9	Слабка
2.	1000	1,55	2578	0,63	6,6	Середня
3.	2100	1,55	2578	0,63	13,7	Висока
4.	2800	1,55	2578	0,63	18,3	Висока

j_R – показник протиерозійної стійкості ґрунту;

$e^{-\lambda_p(0.85-100 \cdot m)}$ – функція рослинності.

де m – параметр, що враховує шорсткість поверхні; λ_p – параметр, що характеризує протиерозійні властивості рослинності;

$\Phi(L,I)$ – функція рельєфу,

де L – довжина схилу, м, I – середній ухил схилу, ‰;

$K_{гм}$ – середньо багаторічне значення гідрометеорологічного фактора зливного змиву ґрунту.

Послідовність виконання практичної роботи 3

1. Для профілів з роботи №1 треба провести розрахунок величини зливної ерозії. Розрахунки треба зробити для умов поверхні без рослинності (або для умов чистого пару), тобто коли $e^{-\lambda_p(0.85-100 \cdot m)} = 1,0$.

2. Значення протиерозійної стійкості ґрунту (j_R) дорівнює 1.55 (чорнозем південний слабо еродований), а показник

гідрометеорологічних умов ($1.2 \cdot 10^{-4} K_{ГМ}$) для центральних і північних ОТГ Миколаївського району Миколаївщини дорівнює 2578.

Таблиця 5. Категорії ерозійної небезпеки земель і рекомендації з їх використання

Потенційний змив, т/га/рік	Ерозій- на небезпека	Рекомендації з використання земель
< 0,5	Відсутня	Обмеження у виборі культур і технологій їх вирощування за ерозійними показниками відсутні
0,5 – 2,0	Умовно відсутня	Внесення науково обґрунтованих норм органічних і мінеральних добрив, обробка і посів упоперек схилу
2,0 – 5,0	Слабка	Обробка і посів контурно або під припустимим кутом до горизонталей. Проведення агротехнічних протиерозійних заходів (глибока оранка, оранка з ґрунтопоглибленням, боронування упоперек схилу, щільовання й ін.)
5,0 – 10,0	Середня	Проведення комплексу протиерозійних заходів, що включає внесення підвищених доз органічних добрив, використання проміжних і ущільнених посівів, смугового розміщення культур, зведення до мінімуму частки просапних культур у сівозміні
10,0 – 20,0	Висока	Контурно-меліоративна система землеробства з використанням ґрунтозахисних сівозмін і лісо-меліорації
> 20,0	Дуже висока	Постійне покриття багаторічними травами; вибірково – залісення, застосування гідротехнічних протиерозійних споруджень

3. Результати розрахунків звести в таблицю (див. приклад в таблиці 4) і порівняти з категоріями земель, згідно даних таблиці 5 та визначити ступінь ерозійної небезпеки.

4. Зробити висновок, щодо можливого подальшого використання земель.

5. Далі зробити новий розрахунок величини зливної ерозії з новим значеннями функції рослинності (в якості якого треба підставити середні багаторічні значення по першій сівозміні з роботи №2).

6. Також порівняти з даними таблиці 5, визначити ступінь ерозійної небезпеки і зробити висновок щодо умов подальшої експлуатації земель.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 4. ФАКТОРИ ВІТРОВОЇ ЕРОЗІЇ. ОЦІНКА ШОРСТКОСТІ ПОВЕРХНІ ҐРУНТУ.

Вітрова ерозія (дефляція) є одним з головних процесів, який знижує родючість ґрунтів в Україні. Найбільш небезпечним для ґрунтової родючості є екстремальний варіант прояву вітрової ерозії – пилові (або «чорні») бурі, коли дефляцією охоплюються значні площі у сотні квадратних кілометрів.

Очевидно, що ефективно проектування протидефляційних заходів можливе лише на об'єктивній кількісній основі. А саме, необхідно створити математичну модель оцінки величини дефляції, яка б дозволила кількісно визначати потенційні втрати ґрунту. Ці величини необхідно порівнювати з допустимою нормою ерозії, і таке порівняння є інструментом створення для певної території науково обґрунтованої системи захисту ґрунтів, яка повинна включати лісомеліоративні, агротехнічні та організаційно-правові заходи.

Згідно структури математичної моделі вітрової ерозії WEQ факторами вітрової ерозії є

- податливості ґрунту до вітрової ерозії (протидефляційна стійкість ґрунту);
- шорсткість поверхні ґрунту;
- «незахищеної відстань» поверхні поля;
- ґрунтозахисна ефективність рослинного покриву;
- кліматичний параметр вітрової ерозії;

Шорсткість поверхні ґрунту

Шорсткість поверхні ґрунту (K-параметр в WEQ) є показником впливу борозен та гребенів, які створюються на поверхні ґрунту ґрунтообробними знаряддями та посівними агрегатами, на величину вітрової ерозії і має вираз у вигляді

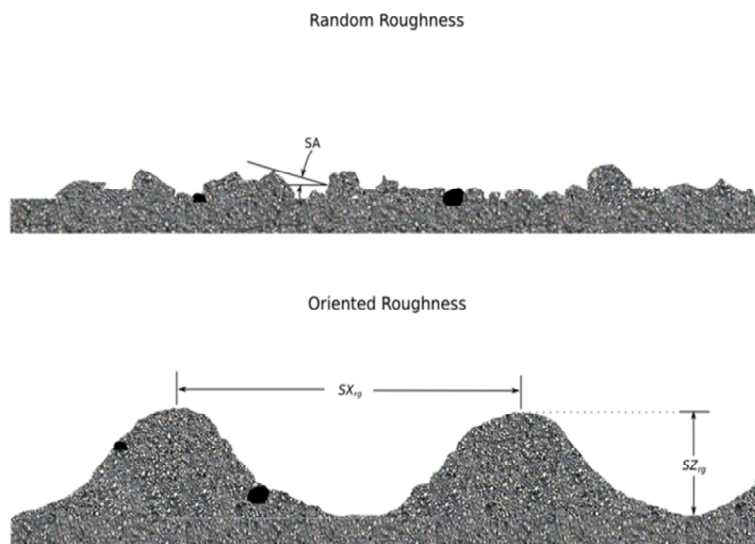


Рисунок 2. Орієнтована та випадкова шорсткість поверхні ґрунту.

десятьового дробу в діапазоні 0,1-1,0. Очевидно, що борозни та гребені поглинають і відхиляють енергію вітру, а також стають акумулятивними пастками для частинок ґрунту, які рухаються потоками вітру. Шорсткість поверхні, яка створюється борознами та гребенями має назву «орієнтована» шорсткість або шорсткість гребенів (oriented roughness або ridge roughness).

Іншою шорсткістю поверхні ґрунту є так звана «неорієнтовану» або «випадкову» шорсткість (random roughness), що є шорсткістю, яка утворюється ґрунтообробними знаряддями під час обробітку ґрунту на зяб і не змінюється певний час з осені до весни, у тому числі, і в дефляційно-небезпечний період, до передпосівної культивуації та посіву ярової культури.

Кожен з видів шорсткості, і «орієнтована», і «неорієнтована» («випадкова»), може бути одночасно присутня на поверхні ґрунту в певний період року і доповнюватися одна другою, зменшуючи, таким чином, небезпеку вітрової ерозії (рис. 2). Наявність такого ґрунтозахисного ефекту, особливо в дефляційно-небезпечний період (січень-квітень), робить процедури створення різних шорсткостей поверхонь ґрунту з певними, заздалегідь заданими, і правильно зорієнтованими у просторі і часі параметрами, досить ефективним протидефляційним заходом.

Орієнтована шорсткість поверхні ґрунту

Кількісне визначення орієнтованої шорсткості поверхні ґрунту (K_{rd}) засноване на стандартному відношенні висоти борозни до її основи як 1 до 4 і визначається як функція від значення індексу податливості ґрунту до дефляції (I-індексу) та параметру K_r . Останній показник є змінною, яка враховує вплив на шорсткість поверхні власне параметрів борозни і розраховується таким чином:

$$K_r = 4 \times \left(\frac{h^2}{s} \right) \quad (9)$$

де h – висота борозни в дюймах, а s – ширина борозни в дюймах (1 дюйм дорівнює 2,54 см).

Зв'язок між протидефляційною стійкістю ґрунту і параметром K_r наступний: на ґрунтах з високою протидефляційною стійкістю (з відносно низьким значенням I-індексу), як правило, це важкосуглинкові, глинисті і солонцюваті ґрунти, вплив борозен та гребнів, що були сформовані на поверхні ґрунту ґрунтообробними та посівними агрегатами, на вітрову ерозію буде мінімальним, але на піщаних та супіщаних ґрунтах – досить помітним.

Отриманий параметр K_r ще коректується на величину кута між напрямками дії енергії вітру і напрямком борозен та гребенів (так званий «кут відхилення»). Кут відхилення – це кут між переважаючим напрямком вітрової ерозії та лінією, перпендикулярною до напрямку рядка борозен та гребенів. Кут відхилення дорівнює 0 (нулю) градусів, коли вітер перпендикулярний до рядка борозен і дорівнює 90 градусів, коли вітер паралельний рядку борозен (рис. 3).

Розрахунок показника орієнтованої шорсткості поверхні ґрунту (K_{rd}) проводиться за допомогою функцій, яка залежить від величини параметрів борозни та кута відхилення (табл. 6). Функції, які приведені в цій таблиці розраховані при умові, що

Таблиця 6. Функція залежності показника «орієнтованої» шорсткості K_{rd} від параметра борозни (гребенів) k_r в залежності від кута відхилення для $I < 134$ т/акр/рік.

Кут відхилення, градуси	Функція залежності K_{rd} від k_r
0	$K_{rd} = -0,087 \times \ln(k_r) + 0,5902$
22,5	$K_{rd} = -0,085 \times \ln(k_r) + 0,6031$
45	$K_{rd} = -0,082 \times \ln(k_r) + 0,6206$
77,5	$K_{rd} = -0,072 \times \ln(k_r) + 0,6691$
90	$K_{rd} = -0,057 \times \ln(k_r) + 0,7332$

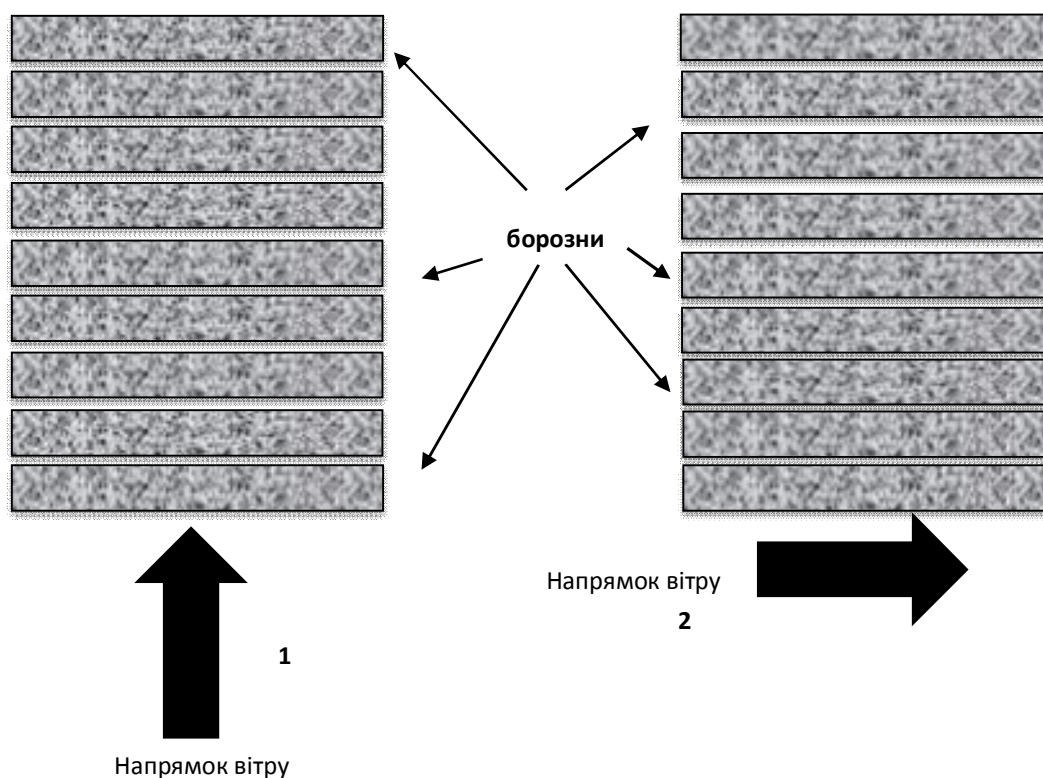


Рисунок 3. Кут відхилення. 1 – 0°, 2 – 90°.

параметр протидефляційної стійкості (I) менше ніж 134 т на акр за рік (1 акр дорівнює 0,4 га). Таке значення параметру протиерозійної стійкості притаманне більшості ґрунтів степової зони України – важко- і середньосуглинковим звичайним та південним чорноземам та каштановим ґрунтам.

Таблиця 7. Основні значення випадкової шорсткості

Технологічна операції	Випадкова шорсткість (дюйми)
Чизелювання культиватором	1,20
Чизелювання глибокорозпушувачем	1,50
Культивація паровим культиватором	0,70
Культивація просапним культиватором	0,70
Культивація фрезою	0,70
Дискування (один прохід)	1,20
Дискування глибокої оранки	1,90
Дискування тандемною дисковою бороною	0,80
Посів дисковою сіялкою	0,40
Глибокий посів	0,50
Посів по технології no-till	0,40
Посів з нульовим обробітком дерну	0,30
Внесення добрив у ґрунт	0,60
Боронування зубчатою бороною	0,40
Внесення гною інжектором	1,50
Оранка відвальним плугом	1,90
Обробіток поверхні з мульчою	0,40
Посів сіялкою просапних культур no-till	0,40
Посів сіялкою просапних культур	0,40
Обробка роторною мотикою	0,40

Випадкова шорсткість поверхні ґрунту

Випадкова шорсткість зазвичай створюється під дією ґрунтообробних знарядь. Випадкова шорсткість, особливо в борознах, значно зменшує вітрову ерозію, що виникає від ерозійних вітрів, які дмуть паралельно гребеням. Її показник (K_{rr}) залежить від величини власної шорсткості, яка утворюється при роботі

певних ґрунтообробних знарядь (культиватори, плуги, сіялки тощо) (табл. 7) та протидефляційної стійкості ґрунту (I).

Для важко і середньо суглинкових звичайних та південних чорноземів та каштанових ґрунтів ($I < 134$ т на акр за рік) при визначенні показника випадкової шорсткості (K_{rr}) можна використовувати залежність

$$K_{rr} = 0,09 \times R^2 - 0,38 \times R + 1,08, \quad (10)$$

де R - шорсткість поверхні (табл. 7).

Підсумковий вираз

Загальна оцінка шорсткості поверхні ґрунту в математичній моделі вітрової ерозії (WEQ) визначається як перемноженням показника орієнтованої шорсткості (K_{rd}) та показника випадкової шорсткості (K_{rr}).

$$K = K_{rd} \times K_{rr}. \quad (11)$$

Приклад розрахунку

Вихідні дані. Треба розрахувати параметр шорсткості поверхні чорноземного ґрунту K для поверхні з гребнями висотою в 2 дюйма, відстанню між ними в 8 дюймів, з кутом відхилення 90 градусів. Поверхня утворилася після посіву сівалкою для просапних культур.

Хід розрахунків.

1. Показник K_r згідно формули (9) буде дорівнювати 2 $[4 \times (4/8)]$.

2. Величина орієнтованої шорсткості поверхні ґрунту (K_{rd}) буде дорівнювати 0,69 ($K_{rd} = -0,057 \times \ln(2) + 0,7332$) [формула з таблиці 6 для кута відхилення в 90 градусів].

3. Величина випадкової шорсткості буде дорівнювати 0,94 $[0,09 \times (0,4)^2 - 0,38 \times 0,4 + 1,08]$; $[0,4$ - значення шорсткості з таблиці 7 та використовується формула (10)].

4. Загальна оцінка шорсткості дорівнює $0,69 \times 0,94 = 0,65$.
[використовується формула (11)].

РОБОТА 5. ФАКТОРИ ВІТРОВОЇ ЕРОЗІЇ. ОЦІНКА «НЕЗАХИЩЕНОЇ ВІДСТАНІ».

Фактор «незахищеної» відстані є важливим інструментом при застосуванні моделі WEQ. Показник L (величина «незахищеної відстані») при проектуванні протидефляційних заходів показує на ту частину поля, де буде інтенсивно протікати процеси вітрової ерозії і яка потребує захисту. Показник L, у тому числі, віддзеркалює вплив на величину вітрової ерозії рослинних бар'єрів – систем смугового землеробства, посівів багаторічних трав, пасовищ, лісосмуг, куліс, гаїв тощо. Показник L в WEQ вимірюється в футах (1 фут = 0,3 м). Якщо дефляційно-небезпечний вітер проходить через такий рослинний бар'єр, то разом з площами цієї рослинності завжди буде існувати певна зона з навітряної сторони, де ще немає крипу (повзання ґрунтових часток під дією вітру) та сальтації (стрибкоподібного руху ґрунтових часток). Ця зона в термінології WEQ має назву «стабільна зона».

«Стабільна» зона

Отже стабільна зона є тією територією, яка здатна уловлювати і зберігати всі ґрунтові часточки, які потрапляють на поле з навітряного боку (у більшості випадків це, як мінімум, 12-15 футів (3-5 м) на відстані від площ, зайнятих травостоєм, пасовищами або відстань у 10 висот лісосмуги від її початку тощо). Величина L вимірюється від закінчення стабільної зони до кінця поля (рис. 4). Якщо у критичний період для певної території $L = 0$, то це означає,

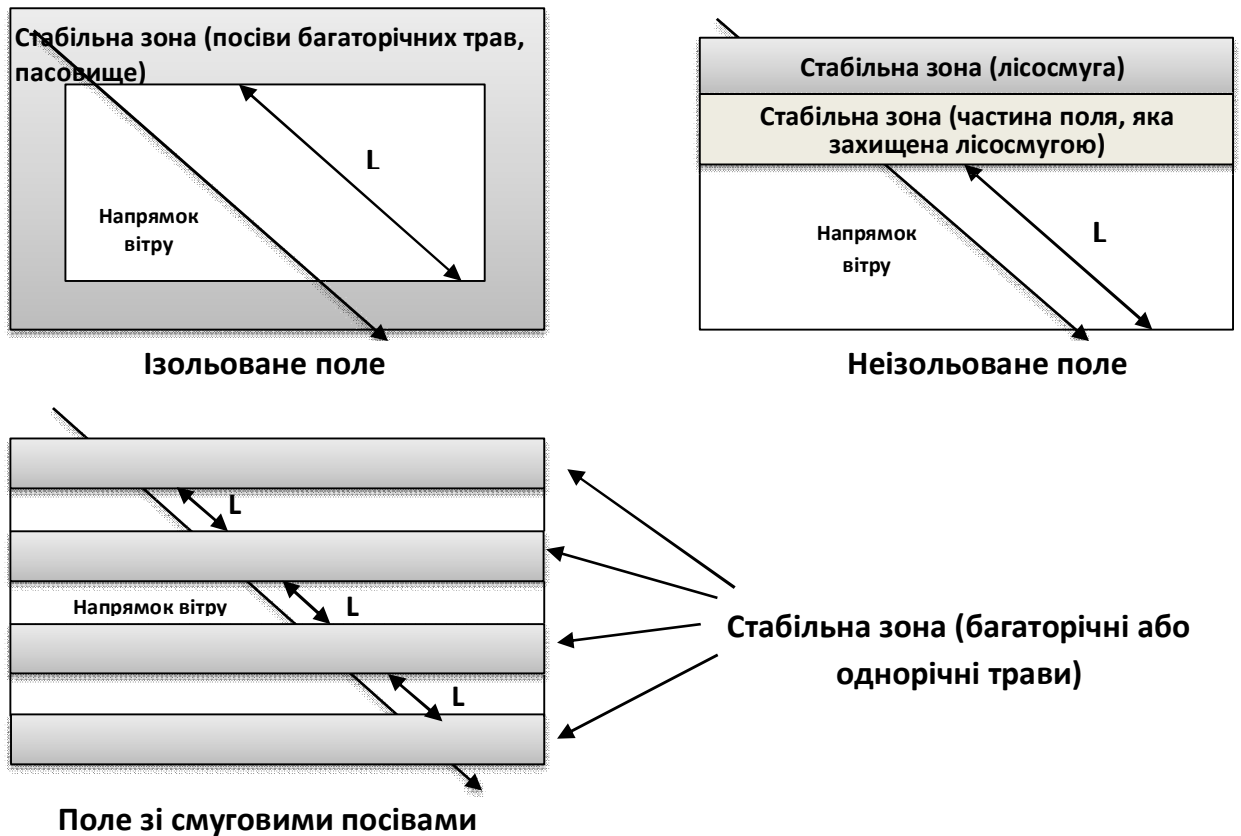


Рисунок 4. Вимірювання L

що ця ділянка знаходиться повністю у «стабільній» зоні і вона абсолютно захищена від вітрової ерозії. Для того, щоб отримати саме такий показник «незахищеної відстані», необхідно певним чином спроектувати рослинні бар'єри, зокрема, лісосмуги упоперек напрямку вітру, який переважає на границях поля, або розташувати ґрунтозахисні агрофони (багаторічні трави, куліси) у середині конкретного поля.

Розрахунок «незахищеної відстані» (L)

У випадках, коли поле розташоване відносно напрямку дефляційно-небезпечних вітрів у критичний період під якимось кутом, то оцінка «незахищеної відстані» (L) буде коригуватися певними коефіцієнтами (коефіцієнтами «направку вітрової ерозії»).

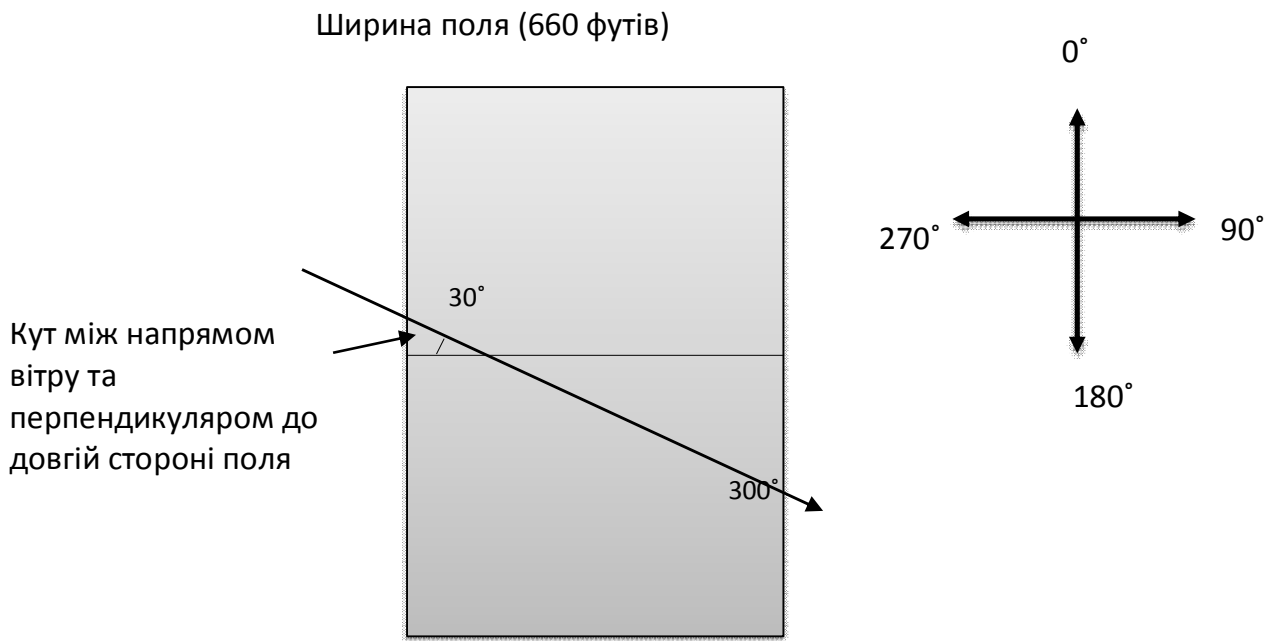


Рисунок 5. Визначення кута відхилення для обчислення L.

Якщо поле буде розташоване вздовж напрямку ерозійно-

Таблиця 8. Фактор напрямку вітрової ерозії

Кут відхилення	Коефіцієнт коригування
0	1,00
22,5	1,08
45	1,41
67,5	2,61
90	L= довжині поля

небезпечних вітрів, то тоді параметр L буде дорівнювати довжині поля (табл. 8).

Приклад (рис. 5). Смуга поля має ширину 660 футів (198 м). Дефляційно-небезпечний вітер має напрямок у 300°. Жодних рослинних бар'єрів немає. Треба визначити величину «незахищеної відстані» (L). Рішення:

1. Спочатку визнається кут відхилення для цього поля, який дорівнює $300^\circ - 270^\circ = 30^\circ$.

Таблиця 9. Переважні напрямки вітру по метеорологічним станціям Півдня України.

Одеса		Місяці											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Миколаїв	Переважний напрямок вітру (градуси) «Перевага»	2,2	3,0	3,5	1,8	2,6	2,2	2,7	1,8	2,6	1,9	2,7	3,4
	Переважний напрямок вітру (градуси) «Перевага»	315	0	270	90	45	292,5	45	60	22,5	90	180	270
Херсон	Переважний напрямок вітру (градуси) «Перевага»	1,8	2,0	3,9	2,7	1,8	2,6	1,9	2,0	2,7	2,6	1,9	2,0
	Переважний напрямок вітру (градуси) «Перевага»	0	315	67,5	315	0	270	90	45	292,5	90	180	270
Баштанка	Переважний напрямок вітру (градуси) «Перевага»	3,0	3,1	1,9	2,7	3,4	1,8	2,0	3,9	2,7	2,6	1,9	2,0
	Переважний напрямок вітру (градуси) «Перевага»	90	180	270	0	315	67,5	315	0	270	90	45	292,5
Первомайськ	Переважний напрямок вітру (градуси) «Перевага»	2,7	1,8	1,9	2,0	1,1	2,7	1,9	2,7	3,4	2,6	1,9	2,0
	Переважний напрямок вітру (градуси) «Перевага»	292,5	45	45	60	22,5	315	0	270	0	315	67,5	90
Очаків	Переважний напрямок вітру (градуси) «Перевага»	2,6	1,9	2,0	1,8	2,0	3,8	3,5	3,0	3,1	1,9	2,7	3,4
	Переважний напрямок вітру (градуси) «Перевага»	180	0	315	67,5	90	180	270	292,5	45	45	60	22,5
Нова Каховка	Переважний напрямок вітру (градуси) «Перевага»	2,6	1,9	2,0	3,0	1,9	2,0	2,4	2,2	1,6		2,7	1,8
	Переважний напрямок вітру (градуси) «Перевага»	90	180	270	205,5	45	0	315	67,5	180	90	180	270
	Переважний напрямок вітру (градуси) «Перевага»	1,9	2,0	3,0	3,1	2,7	1,8	1,9	2,7	3,4	2,4	2,2	1,6

2. Перерахунковий коефіцієнт (коефіцієнт «напрямку вітрової ерозії») дорівнює приблизно 1,1 (табл. 8).

3. «Незахищена» відстань (L) дорівнює $660 \times 1,1 = 726$ футів або 218 м.

Переважаючий напрямок вітру

Переважаючий напрямок вітру - це напрямок, з якого відбувається найбільша робота по вітрової ерозії ґрунту на протязі року. Напрямок має вигляд однієї з 16-ти компасних точок (у градусах) (рис. 5). Для визначенні «незахищеної» відстані з середніх багаторічних спостережень за дефляційно-небезпечними вітрами вибирається період, де буде максимальне значення «переваги» («preponderance»). «Перевага» це кількісна величина, яка показує на співвідношення між вітрами, які викликають вітрову ерозію, паралельних та перпендикулярних до переважаючого напрямку цих вітрів. Структура вітру впродовж року може бути різною. І чим більший показник «переваги», то тим більша частка паралельних до переважаючого напрямку вітрів впродовж певного дефляційно-небезпечного періоду. А чим менше «перевага», то така частка менша і часто дують перпендикулярні (або близькі до перпендикулярних) щодо переважаючого напрямку вітри.

Метеорологічні дані організовані таким чином, що в якості дефляційно-небезпечного періоду виступає конкретний місяць з максимальним значенням «переваги». Наприклад, згідно багаторічним метеорологічним даним по метеостанції Одеса (табл. 9), для розрахунку «незахищеної відстані» треба взяти кут в $292,5^\circ$ тому що значення за березень «переваги» максимальне за рік – 3,5.

Послідовність виконання практичної роботи 5

1. Отримайте локальні значення для переважного напрямку вітрової ерозії (табл. 9)
2. Визначите фактичну ширину поля.
3. Визначити кут відхилення між переважаючим напрямком вітрової ерозії та уявною лінією перпендикулярно до довгої сторони поля.
4. Помножте ширину поля на коефіцієнт вітрової ерозії. Визначить таким чином «незахищену відстань» (L_1).
5. Визначить «незахищену відстань» (L_2) при наявності лісосмуги на початку поля уперек напрямку вітру висотою у 8 метрів.

Література

1. Светличный А. А., Черный С. Г., Швобс Г. И. Эрозиоведение: теоретические и прикладные аспекты. Сумы : ИТД «Университетская книга», 2004. 410 с
2. Светлічний О. О., П'ятакова А. В. Прикладне ерозієзнавство : навч. посіб. Одеса : Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2020.
3. Светлічний О. О., Чорний С. Г. Основи ерозієзнавства: Підручник. Сумы : ВТД «Університетська книга», 2007.
4. Формування збалансованих агроландшафтів на принципах ґрунтозахисної контурно-меліоративної системи емлекористування / О. Г. Тараріко та ін. *Землеробство*. 2015. № 4. С.13–18.
5. Чорний С.Г. Кількісна оцінка вітрової ерозії ґрунту: можливості WEQ. *Агрохімія та ґрунтознавство*. 2018. 87. С. 23–28.
6. Morgan R.P.C. Soil Erosion and Conservation. 3-rd edition. Blackwell Publishing, Oxford, 2005.
7. Skidmore, E.L., Woodruff N.P.. Wind erosion forces in the United States and their use in predicting soil loss. USDA, Agricultural Research Service, Agriculture Handbook. 1968. No. 346 42 pp.
8. Woodruff, N.P., Siddoway F.H.. A wind erosion equation. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 1965. 29(5):602-608.

Навчальне видання

ПРОТИЕРОЗІЙНА ОРГАНІЗАЦІЯ ТЕРИТОРІЇ

Методичні рекомендації

Укладач: **Чорний** Сергій Григорович

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 2,0

Тираж 10 прим. Зам. № ____

Надруковано у видавничому відділі

Миколаївського національного аграрного університету

54020 м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від 20.02.2013 р.