

DOI: 10.32347/2076-815x.2024.86.411-425

УДК: 551.435.11:631.459-025.44]-043.865:[627.25+631.543.8](045)

к.с.-г.н., доцент **Кирилюк В.П.**,  
hidrotechnik@ukr.net, ORCID: 0000-0003-2098-0520,  
**Рожі Т.А.**, tomas.rozhi.94@gmail.com, ORCID: 0000-0002-6794-9662,  
к.т.н., доцент **Дець Т.І.**, tdec@ukr.net, ORCID: 0000-0003-3579-8326  
Уманський державний педагогічний університет  
імені Павла Тичини, м. Умань, Україна

## ПРОЄКТУВАННЯ ПРОТИЕРОЗІЙНИХ ГІДРОТЕХНІЧНИХ І ЛІСОМЕЛІОРАТИВНИХ ЗАХОДІВ БОРОТЬБИ З ЯРАМИ

*Розглянуто проєктування протиерозійних гідротехнічних і лісомеліоративних заходів боротьби з ярами на території с. Копенкувате Голованівського району Кіровоградської області.*

*Встановлено, що кліматичні умови (особливо розподіл опадів, як по вегетаційному періоду так і за інтенсивністю випадання) в деякі періоди сприяють прискоренню водної ерозії і особливо такої, як яружна.*

*Скорочення інтенсивності ерозії до допустимих величин є основним критерієм вибору протиерозійних заходів. В господарстві, до використовуваних агротехнічних протиерозійних заходів, підібрано і запроєктовано їх поєднання з гідротехнічними і лісомеліоративними, що задовольняють даній умові.*

*Комплекс протиерозійних заходів дозволить знизити інтенсивність ерозійних процесів і утворення ярів на землях сільськогосподарського призначення.*

*Ключові слова: яружна ерозія; план прияружної ділянки; топографо-геодезичне знімання; планово-картографічні матеріали; водозатримуючий вал; прияружна лісова смуга; суцільне залісення; топографічні плани; карти.*

**Постановка проблеми.** Водна ерозія ґрунтів є головним деградаційним процесом у сучасних агроландшафтах, який завдає величезної шкоди в багатьох країнах світу, у тому числі і в Україні. У сучасних умовах практично повсюдно водна ерозія ґрунтів є антропогенною, оскільки в той чи інший спосіб пов'язана з діяльністю людини. Більш того, саме нераціональна господарська діяльність людини є причиною антропогенної ерозії, яка належить до категорії прискореної ерозії.

Термін «яружна ерозія» увійшов до наукової літератури для позначення процесів утворення і розвитку негативних лінійних форм рельєфу під дією тимчасових руслових потоків. Площа активних ярів в

Україні складає 157,0 тис. га, а їх кількість досягає 600 тис. штук. Негативний вплив ярів відчувається на площі біля 1 млн. га [1].

Тому повернення сучасних агроландшафтів до ерозійно стійкого, екологічно збалансованого стану в умовах реформування земельних відносин неможливе без комплексного аналізу та кількісної характеристики факторів, які обумовлюють інтенсивність ерозійних процесів та їх зниження за допомогою лісомеліоративних і гідротехнічних заходів в комплексі з агротехнічними і організаційними.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Яри – це рани, тяжка хвороба землі. Вони повністю і без вороття знищують сільськогосподарські та інші угіддя. Основними умовами їх утворення є значна глибина місцевих базисів ерозії, наявність розгалуженої древньої гідрографічної мережі, певні ґрунтові та геологічні умови (материнська порода – лес, глина, пісок, делювій крейдяних відкладень), наявність концентрованого стоку (в результаті нераціонального природокористування – вирубка лісу, низький рівень землеробства тощо) [2].

Яр має такі морфологічні елементи: вершину (це верхня частина, що має вигляд крутого обриву глибиною до 20 м); відвершки (другорядні вершини); дно (нижня частина, яка обмежена з боків відкосами; у верхній частині яру — вузька смуга, в нижній – широка; місце стоку води); русло (місце на дні яру, по якому тече вода; у молодих ярах і у верхній частині старих дно і русло можуть співпадати); конус виносу (місце відкладання твердих частинок стоку; початок конуса виносу може співпадати з устям яру); устя (гирло) – місце злиття яру з базисом ерозії (з будь-якою ланкою гідрографічної мережі, частіше всього з долиною ріки); брівка (зовнішній контур, що відділяє яр від прилеглих польових схилів); відкоси (схили) – це бокові частини, обмежені зверху брівкою, а знизу дном; прияружна смуга (частина прилеглих польових схилів шириною 20–50 м, яким загрожує руйнування; відводиться під заліснення) [3].

Приріст яру в довжину становить 3–4 м на рік, іноді – 10 м і більше. Глибина вершини яру може бути від 3–5 м (щільні глинясті ґрунти) до 10–20 м (леси). Глибина яру може досягати близько 50 м. Яри бувають: діючі (збільшують свої розміри у всіх напрямках – довжину, глибину і ширину) і згаслі (потухлі) – припиняють ріст у названих напрямках (при цьому, як правило, вершина досягає вододілу, тобто припиняється надходження концентрованого стоку) [4].

Ведучим фактором яроутворення є антропогенний, тобто нераціональна діяльність людини.

Основний критерій вибору протиерозійних заходів – інтенсивність ерозії, яка не повинна перевищувати допустимі норми. Проте завжди можна підібрати

декілька різних поєднань (комплексів) протиерозійних заходів, що задовольняють даній умові.

Для захисту ґрунтів від ерозії застосовують такий комплекс протиерозійних заходів: організаційно-господарські, агротехнічні, лісомеліоративні та гідротехнічні [5].

Усі заходи боротьби з ерозією ґрунту мають бути спрямовані на те, щоб припинити або зменшити змивання, розмивання і видування ґрунту до розмірів, які б давали змогу відновити стан ґрунтів у процесі природного ґрунтоутворення. Крім того, при розробці та здійсненні системи (комплексу) заходів боротьби з ерозією слід передбачати не тільки припинення ерозійних процесів, а й обов'язкове відновлення родючості еродованих ґрунтів, тобто слід ліквідувати причини ерозії та її наслідки.

**Мета роботи** – запроєктувати протиерозійні гідротехнічні і лісомеліоративні заходи для боротьби з яружною ерозією.

**Об'єктом** на якому буде запроєктовано комплекс протиерозійних заходів є яр, який знаходиться в полі № 2 (кормова сівозміна) с. Копенкувате Голованівського району Кіровоградської області. Водозбірна площа яру 12 га, довжина 239 м. В гирлі ширина яру складає 22 м, найбільша ширина становить 30 м. Глибина яру в вершині – 3 м, а в гирлі – 6 м

**Умови і методика досліджень.** Клімат регіону помірно-континентальний. За даними агрокліматичного районування Кіровоградської області територія землекористування с. Копенкувате відноситься до північного агрокліматичного району (помірно-теплого).

За даними Уманської метеостанції тривалість дощу шаром 10 мм становить 6 годин 25 хв. При середній інтенсивності 0,05 мм/хв., а максимальна інтенсивність 2,60 мм/хв. тривалістю 10 хв. Найбільша кількість ерозійно небезпечних дощів випадає в літній час (56% > 10 мм і 64% > 2,0 мм), значно менше весною і восени (відповідно 22 і 18% > 10 мм і 15 і 17% > 2,0 мм).

Рельєф території с. Копенкувате представляє собою здебільшого плато, або підвищену хвилясту рівнину розчленовану мережею долин і балок, а також ярів. Орні землі на території розташовані в основному на широких водороздільних рівнинах і їх слабкопохилих схилах. На ділянці де будуть проєктуватися протиерозійні заходи (поле № 2 кормової сівозміни) за крутизною схилів площа розподілена так: 0–1° – 19,3%; 1–2° – 23,6%; 2–3° – 30,2%; 3–5° – 26,9%.

В ґрунтовому покриві території с. Копенкувате переважають чорноземи опідзолені, важкосуглинкові.

Визначаючим фактором при проєктуванні водозатримуючих валів є об'єм стоку води 10% забезпеченості [6].

Об'єм стоку від танення снігу або дощу визначаємо за формулою

$$W_{10\%} = 1000 h_{10\%} F \quad (1)$$

де  $h_{10\%}$  – шар стоку весняної повені або від дощу, 10-процентової забезпеченості, мм;  $F$  – площа водозбору, км<sup>2</sup>.

Шар стоку за період весняної повені визначається за формулою

$$h_{10\%}^{ман} = (C h_{1\%} - B) \bar{b}_л \cdot K \cdot K_e, \quad (2)$$

де  $h_{1\%}$  – шар стоку за період весняної повені 1%-ї забезпеченості, мм;  $C$  і  $B$  – коефіцієнти для переходу в  $P=1\%$  до  $P=10\%$  (для Лісостепу і Степу  $C=0,66$  і  $B=15$ );  $\bar{b}_л$  – коефіцієнт, що враховує залісеність водозбору і розраховується при розораності більше 50% за формулою

$$\bar{b}_л = \frac{1}{1 + 0.01 f_л} \quad (3)$$

де  $f_л$  – залісеність водозбору, %;  $\kappa$  – коефіцієнт, що враховує вплив виду розораності на інтенсивність водовіддачі (для водозборів площею більше 0,05 км приймається рівних одиниці);  $K_e$  – коефіцієнт, який враховує вплив експозиції схилів.

Шар дощового стоку 10-% забезпеченості на водозборах лісостепової і степової зон визначається за формулою

$$h_{10\%}^{дощ} = \Psi(t) H_{1\%} \varphi_л \lambda_{10\%}, \quad (4)$$

де  $H_{1\%}$  – шар опадів за добу 1-процентної забезпеченості;  $\varphi_л$  – об'ємний коефіцієнт стоку;  $\Psi(t)$  – ордината кривої редуції шару опадів, що відповідає часу  $t=150$  хв;  $\lambda_{10\%}$  – перехідний коефіцієнт від  $P=1\%$  до  $P=10\%$  забезпеченості.

Сумарний об'єм твердого стоку (змит ґрунту) визначається за формулою

$$\Sigma W_{т.с.} = (W_{ман}^{змит} + W_{дощ}^{змит}) \cdot P, \quad (5)$$

де  $W_{ман}^{змит}$  і  $W_{дощ}^{змит}$  – об'єм змитого ґрунту за період весняної повені або від літнього дощу, м<sup>3</sup>;  $P$  – розрахунковий період роботи споруд, років (приймається 10 років).

Об'єм змитого ґрунту за період весняної повені вираховується за формулою

$$W_{\frac{\text{тан}}{\text{змив}}} = 100 \frac{\left(h \frac{\text{тан}}{10\%}\right)^n \cdot a \cdot v \cdot \kappa_1}{\rho^1} \cdot F, \quad (6)$$

де  $h \frac{\text{тан}}{10\%}$  – шар стоку, мм, за період весняної повені 10-процентної забезпеченості, вираховується за формулою (2);  $a, n$  – параметри, що залежать від площі водозбору, агротехнічного фону і типу ґрунтів (для зябу);  $v$  – коефіцієнт, що враховує вплив агротехнічного фону за попередній рік на змив ґрунту (пар, зяб, просапні –  $v=1$ ; зернові (ярі і озимі) –  $v=0,9$ ; багаторічні трави –  $v=0,8$ );  $K_l$  – коефіцієнт, що враховує крутизну схилу (при  $i_{cx} \geq 0,1$  -  $K_l=0,1 \cdot i_{cx}$ , при  $i_{cx} < 0,1$  -  $K_l = 1$ );  $\rho^1$  – об'ємна маса ґрунту, т/м<sup>3</sup>;  $F$  – площа водозбору, км<sup>2</sup>.

Об'єм змитого ґрунту від дощу визначається за формулою

$$W_{\frac{\text{дощ}}{\text{змив}}} = 100 \frac{h \frac{\text{дощ}}{10\%} \cdot a_1 \cdot v \cdot \kappa_1}{\rho^1} \cdot F, \quad (7)$$

де  $h \frac{\text{дощ}}{10\%}$  – шар дощового стоку 10-процентної забезпеченості, вираховується за формулою (4);  $a_1$  – параметр, який залежить від площі водозбору і агрофону;  $\zeta; \text{Вік}_1$  – те, що у формулі (6).

Водозатримуючі вали – канави ефективні в боротьбі з яружною ерозією та не складні в будівництві. Розраховуються вони на затримання найбільших об'ємів дощового або талого стоків ( $W_{\text{max}}$ ), а також на затримання твердого стоку (змиву ґрунту) на протязі розрахункового періоду [6,7]

$$W_{\text{роз}} = W_{\text{max}} + \Sigma W_{m..c.}, \quad (8)$$

В залежності від прийнятої розрахункової забезпеченості, задавшись висотою валу, визначають необхідну його довжину, при якій буде затриманий весь стік.

Вал насипається з ґрунту, який виймаємо з канавки перед ним. Об'єм канавки  $W_k$  дорівнює об'єму тіла валу  $W_v$

$$W_k = \frac{2a \cdot (m_1 + m_2)H}{2} \cdot H, \quad (9)$$

Ставка

$$W_{cm} = \frac{1}{2} \left( m_2 h + \frac{h}{i} \right) h, \quad (10)$$

де  $H$  – висота валу, м;  $h$  – глибина води в ставку перед валом, ( $h = H - \Delta h$ , де  $\Delta h$  – перевищення гребня валу над НІР);  $a$  – ширина по гребню, м;  $m_1$  і  $m_2$  – коефіцієнти низового і верхового укосів;  $i$  – середній ухил місцевості перед валом. Кожний метр валу затримує об'єм води  $W_1$ , який дорівнює

$$W_1 = W_k + W_{cm} \quad (11)$$

Довжину валу необхідну для затримання розрахункового стоку ( $W_{роз}$ ) визначаємо за формулою

$$L_в = \frac{W_{діс}}{W_1}, \quad (12)$$

Водозатримуючий вал розташовується на відстані від вершини яру

$$L = 3H_я K \quad (13)$$

де  $H_я$  – глибина яру у вершині, м;  $K$  – коефіцієнт ( $K=1,6$  м).

По кінцях валу під кутом  $110-130^\circ$  проєктуємо шпори, щоб утримати воду. Чашу ставка перемичками (через 60–100 м) ділимо на секції.

В кінці шпор влаштовуємо трапецієвидні водообходи (на рівні ФПР) для організованого відведення води [7].

Загати для зміцнення дна яру встановлюють упоперек водотоку. Вони припиняють зростання яру в глибину, затримують мул і пісок, а також створюють сприятливі умови для наступного залуження або залісення дна яру [6,7].

Висота загат приймається від категорії класу споруд. При четвертій категорії донні загати (плетені) приймаються висотою 1 м (додаток В, рис. В.1).

Необхідну кількість загат визначають за формулою

$$N = \frac{H - Li}{h_з}, \quad (14)$$

де  $H$  – різниця відміток початкової і кінцевої точок закріплюваного русла, м;  $L$  – довжина закріплюваної ділянки, м;  $h_з$  – прийнята висота загат, м;  $i$  – похил поверхні, при якому не розмивається русло.

Відстань між загатами визначати за формулою

$$\ell = \frac{h_3}{i_0 - i} \quad (15)$$

де  $i$  – ухил русла яру.

На плані розміщення протиерозійних споруд ( див. рис. 1 ) по дну яру вибираємо трасу для проектування загат. По трасі розбиваємо пікетаж.

**Основні результати дослідження.** Район проектування – с. Копенкувате Голованівського району Кіровоградської області, площа водозбору  $0,12 \text{ км}^2$ , шар стоку весняної повені  $1\%$  - забезпеченості з карти ізоліній (додаток 1 [7])  $h_{1\%} = 126 \text{ мм}$ ,  $\bar{b}_l$  розраховується за формулою (3)

$$\bar{b}_l = \frac{1}{1 + 0,01 \cdot 20} = 0,83$$

коефіцієнт  $K = 1$ , для водозбору площею більше  $0,05 \text{ км}^2$ ;  $K=1$ , для даного яру; коефіцієнт  $C = 0,66$  і  $B = 15$  (для Лісостепу).

Шар стоку за період повені визначаємо за формулою (2)

$$h \frac{\text{ман}}{10\%} = (0,66 \cdot 126 - 15) \cdot 0,83 \cdot 1 \cdot 1 = 56,6 \text{ мм}$$

Об'єм стоку від сніготанення визначаємо за формулою (1)

$$W \frac{\text{ман}}{10\%} = 1000 \cdot 56,6 \cdot 0,12 = 6792 \text{ м}^3$$

Розрахунок шару дощового стоку проводиться за формулою 4 в такому порядку: за картою ізоліній (додаток 2 [7]) визначаємо шар опадів за добу  $H_{1\%} = 120 \text{ мм}$ ; об'ємний коефіцієнт стоку  $\varphi_1 = 0,40$  визначається по таблиці 1.2 [7]; ордината кривої редукції шару опадів, що відповідає часу  $t = 150 \text{ хв}$  для Центральної України  $\Psi(t) = 0,7$ ; для водозборів  $F \leq 10 \text{ км}^2$  -  $\lambda_{10\%} = 0,23$ .

Шар дощового стоку

$$h \frac{\text{дош}}{10\%} = 0,7 \cdot 120 \cdot 0,40 \cdot 0,23 = 7,7 \text{ мм.}$$

Об'єм дощового стоку за формулою 1

$$W \frac{\text{дош}}{10\%} = 1000 \cdot 7,7 \cdot 0,12 = 924 \text{ м}^3$$

Для опідзолених ґрунтів і площі водозбору (0,12 га) і агротехнічного фону – зяб за таблицею 1.3 [7] знаходимо  $a = 3,0 \cdot 10^{-3}$  і  $n=1,6$ . Коефіцієнт  $v=0,9$  для агрофону за попередній рік – озима пшениця;  $K_I = 1$  при  $i_{cx} = 0,075$ ;  $\rho = 1,4 \text{ т/м}^3$ .

Об'єм змитого ґрунту за період весняної повені за формулою (6)

$$W \frac{\text{тан}}{\text{змив}} = 100 \cdot \frac{56,6^{1,6} \cdot 3,0 \cdot 10^{-3} \cdot 0,9 \cdot 1}{1,40} \cdot 0,11 = 14,7 \text{ м}^3.$$

Для заданого агрофону (просапні культури) і площі водозбору 0,11 км<sup>2</sup> за таблицею 1.5 [7] параметр  $\alpha_1 = 0,5$ ; коефіцієнт  $v = 1$ , що враховує вплив попереднього агрофону (зяб) на змив ґрунту під просапними культурами.

Об'єм змитого ґрунту від дощу визначаємо за формулою (7)

$$W \frac{\text{дощ}}{\text{змив}} = 100 \frac{7,7 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 1}{1,40} \cdot 0,11 = 32,9 \text{ м}^3$$

Сумарний об'єм твердого стоку вираховуємо

$$\Sigma W_{m.c.} = (14,7 + 32,9) \cdot 10 = 476 \text{ м}^3$$

План прияржної ділянки (М 1:1000) складено за матеріалами топографо-геодезичного знімання на основі планово-картографічних матеріалів (М 1:10000) наданими Кропивницькою філією державного підприємства «Черкаський науково-дослідний та проектний інститут землеустрою» (рис. 1).

Приймаємо трапецієвидний поперечний переріз валу шириною по верху  $a=2,5$  м, коефіцієнт закладання низового укосу  $m_1=1,5$  м, верхового  $m_2 = 2$  м, висота валу  $H=2,0$  м (табл. 1.6 7 [75]).

Перевищення гребня валу над нормальним підпертим рівнем води (НПР) – 0,3 м. При цьому глибина води у ставку перед валом при НПР буде становити  $h=2,0 - 0,3=1,7$  м. Ширина ставка перед валом при НПР буде становити

$$\ell_{cm} = (m_2 h + \frac{h}{i_m}) = (2 \cdot 1,7 + \frac{1,7}{0,072}) = 27 \text{ м.}$$

Як відмічалось вище, вал насипається з ґрунту, який виймаємо з канавки передвалом. Тоді ширина канавки ( $\ell_k$ ) приймається від того місця, де НПР перетинається з поверхнею землі – до подошви валу і визначається за формулою

$$\ell_k = \frac{h}{i} (1 + i^2) = \frac{1,7}{0,072} (1 + 0,072^2) = 23,7 \text{ м.}$$



Кожний метр довжини валу затримує об'єм води  $W_1$ , який дорівнює сумі площ канавки і ставка (див. формули 9; 10; 11).

$$W_1 = W_k + W_{cm} = \frac{2 \cdot 2,5 + (1,5 + 2,0) \cdot 2}{2} \cdot 2 + \frac{1}{2} \left( 2 \cdot 1,7 + \frac{1,7}{0,072} \right) \cdot 2 = 39 \text{ м}^3$$

Якщо 1 м валу затримує  $39 \text{ м}^3$  води, то для затримання

$$W_p = W \frac{man}{10\%} + \Sigma W_{mc} = 6792 + 476 = 7268 \text{ м}^3$$

потрібний вал довжиною

$$L_{\sigma} = \frac{W_p}{W_1} = \frac{6674}{39} = 186 \text{ м}$$

Щоб знайти глибину канавки можна застосовувати формулу

$$h_k = \frac{2W_k(1+i^2)}{\ell_k} = \frac{2 \cdot 12 \cdot (1+0,072^2)}{23,7} = 1,02 \text{ м}$$

Вал розміщується на відстані (формула 13)

$$L = 3 \cdot 4 \cdot 1,6 = 21 \text{ м}$$

Розміщення водозатримуючого валу на плані показано на рис. 1.

Різниця відміток початкової і кінцевої точок укріпленого загатами русла дна яру  $H = 191 - 174 = 17$  м. Довжина закріпленої ділянки береться з плану  $L = 236$  м, проектний похил для суглинків  $i = 0,008$ , висота загат для споруд четвертої категорії  $h_3 = 1$  м, загата плетена.

Необхідну кількість загат визначаємо за формулою (14)

$$h = \frac{17 - 236 \cdot 0,008}{1} = 15 \text{ загат}$$

За відмітку низу першої загати береться відмітка землі. Додавши до відмітки землі висоту загати  $h_3 = 1$  м, знаходимо відмітку верха. Місце наступної загати знаходимо графічно, провівши проектну лінію дна яру ухилом  $0,008$  до перетину з лінією дна яру.

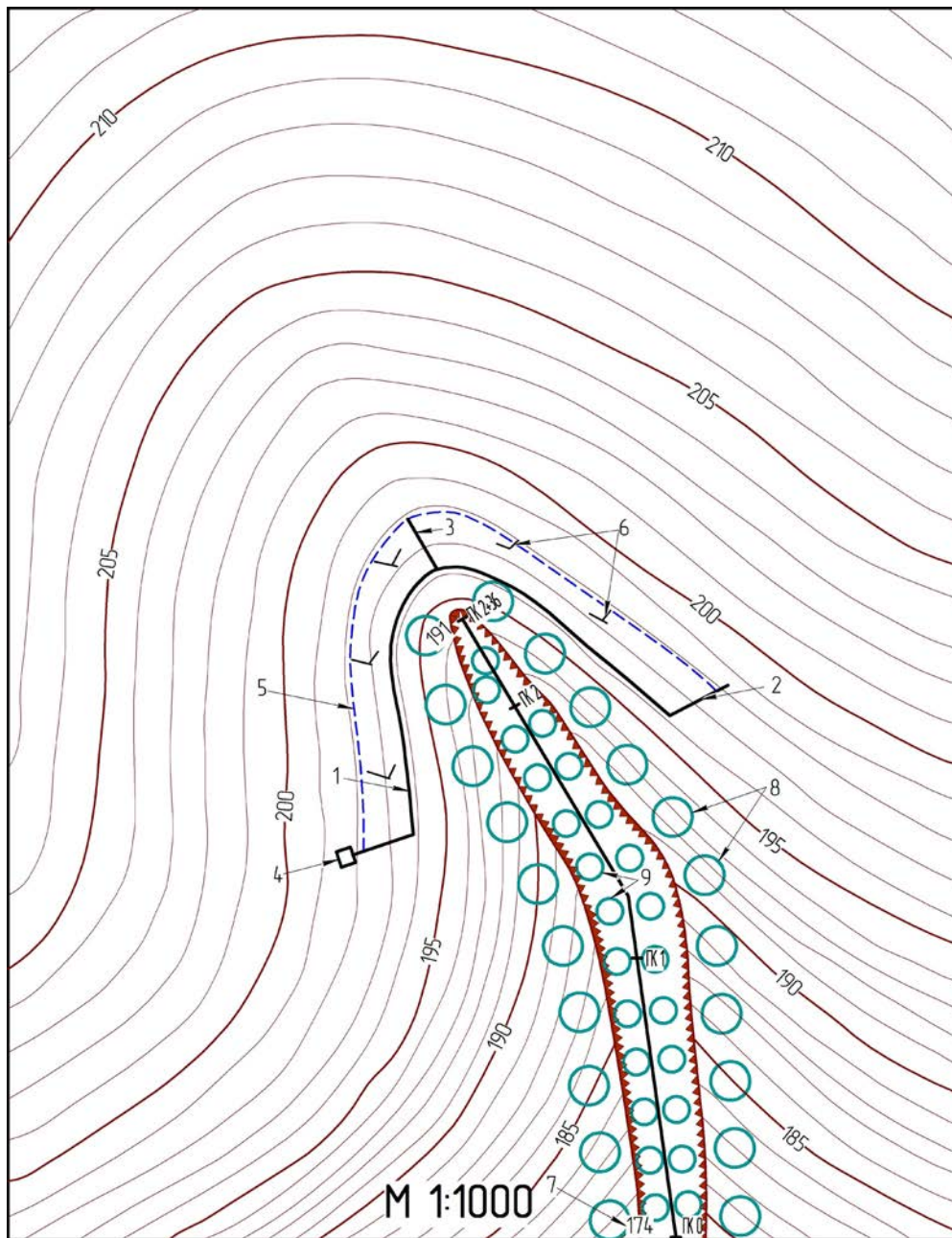


Рис. 1. План розміщення протиерозійних заходів

1 – водозатримуючий вал; 2 – шпори; 3 – перемичка; 4 – водообхід; 5 – урізи води; 6 – залуження; 7 – відмітки дна яру; 8 – прияружна лісова смуга; 9 – суцільне залісення дна яру.

Відстань між загатами визначили за формулою (15)

$$\ell = \frac{1}{0,072 - 0,008} = 15,73 \text{ м.}$$

В комплексі з гідротехнічними спорудами доцільно застосувати також лісомеліоративні заходи боротьби з ерозією, які підвищують стійкість ґрунтів до ерозійних процесів [8,9].

По контуру яру уздовж брівки на віддалі від них 5 м проектуємо прияржну лісову смугу. Яка виконуватиме водорегулюючу та водопоглинаючу роль, затримуватиме сніг від його здування в яр, покращуватиме гідрологічні умови прилягаючої території, покращить мікрокліматичні умови та підвищить врожайність сільськогосподарських культур. Схема прияржної смуги приведена на рис. 2.

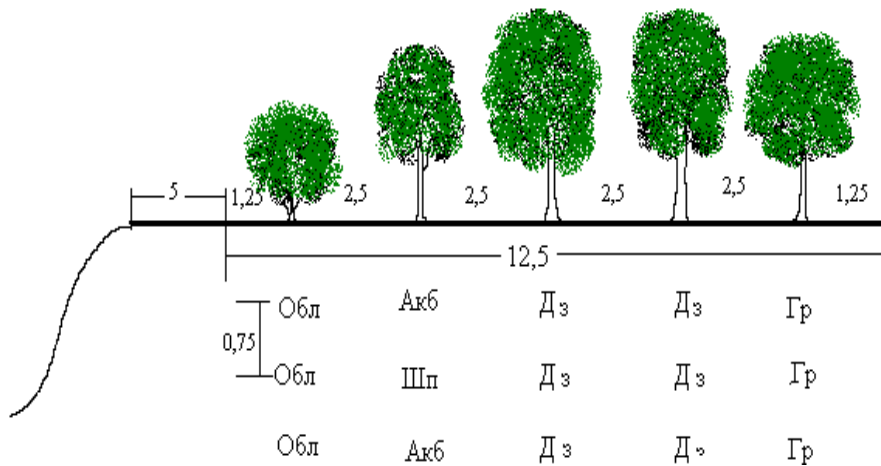


Рис. 2. Схема прияржної лісової смуги

Обл – обліпіха; Шп – шипшина звичайна; Акб – акація біла; Дз – дуб звичайний; Гр – груша.

Загальна ширина смуги – 12,5 м, кількість рядів – 5, ширина міжряддя 2,5 м. Конструкція – щільна, тип культур деревно-чагарниковий, з участю чагарнику близько 50%.

Розрахунок кількості садивного матеріалу для прияржної лісосмуги наведений в табл. 1.

Таблиця.1

**Розрахунок потреби посадкового матеріалу для створення прияржної лісосмуги**

№ смуг	Протяжність, км	Площа, га	Потрібна кількість посадкового матеріалу, тис. шт.					
			Всього	У тому числі по породах				
				Дз	Шп	Гр	Акб	Обл
1	0,526	1,035	3,604	1,052	0,750	0,375	0,375	1,052

Проаналізувавши вище наведені дані можна зробити висновок, що для створення прияржної лісосмуги потрібно: дуба звичайного – 1,052 тис. шт.; груші 0,375 тис. шт.; акації білої – 0,375 тис. шт.; шипшини звичайної – 0,750 тис. шт.; обліпіхи – 1,052 тис. шт.

Так як по дну яру вже запроєктовано плетені загати то в комплексі з ними ефективно буде застосувати суцільне заліснення. Заліснення дна яру здійснюється з метою припинення його росту в глибину і кольматажу твердого стоку.

Насадження створюються за комбінованим, деревно-чагарниковим типом культур, тобто обов'язкова участь чагарнику ( 25 – 30 %).

Ряди розташовуються уперек водотоку; віддаль між рядами 2 м, а в ряду 1 м.

Схема заліснення дна яру приведена на рис 3.

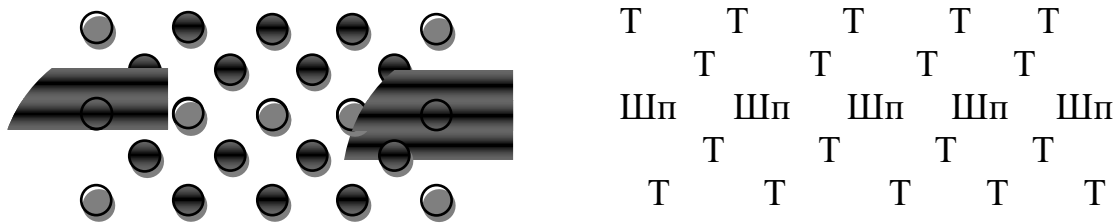


Рис. 3. Схема заліснення дна яру  
Т – тополя чорна, Шп – шипшина звичайна.

Площа дна яру яка відводиться під заліснення складає 0,52 га. Ширина міжрядь 2 м, в ряду 1 м. Кількість посадкового матеріалу обраховуємо з розрахунку на 1 га. Кількість рядів на 1 га буде 50. Кількість рослин в одному ряду, довжиною 100 м становитиме 100 шт. Отже, кількість садивних місць на 1га з врахуванням кількості рядів становитиме: 100 шт. x 50 рядів = 5000 шт/га.

Потрібна кількість садивного матеріалу на всю площу становитиме: 5000 x 0,52 = 2600 шт.

Розрахунок кількості посадкового матеріалу для суцільного заліснення дна яру наведено в табл. 2.

Таблиця 2

### Розрахунок потреби посадкового матеріалу для заліснення дна яру

Площа, га	Потрібна кількість посадкового матеріалу, тис.шт		
	всього	у тому числі по породах	
		тополя	шипшина
0,52	2,600	1,733	0,867

Проаналізувавши наведені дані можна зробити висновок, що для заліснення дна яру площею 0,52 га нам необхідно посадкового матеріалу тополі 1,733 тис. шт; шипшини – 0,867 тис. шт.

**Висновки.** Виходячи з аналізу метеоумов, особливо з розподілу опадів, як по вегетаційному періоду так і інтенсивності випадання можна зробити висновок, що кліматичні умови в деякі періоди сприяють прискоренню водної ерозії і особливо такої, як яружна.

Згідно гідрологічних розрахунків об'єм стоку 10% забезпеченості від танення снігу становив 6792 м<sup>3</sup>, сумарного твердого стоку – 476 м<sup>3</sup>. Для їх затримання запроєктований земляний вал довжиною – 186 м, висотою – 2,0 м.

Одночасно з влаштуванням водозатримуючого валу створюємо прияружну лісову смугу, яку розміщуємо по обидва боки яру вздовж його бровок на відстані 5 м від них. Протяжність смуги – 0,526 км, ширина – 12,5 м, кількість рядів – 5. Кількість садивного матеріалу: дуба звичайного – 1,052 тис. шт.; груші 0,375 тис. шт.; акації білої – 0,375 тис. шт.; шипшини звичайної – 0,750 тис. шт.; обліпихи – 1,052 тис. шт.

Для зміцнення дна яру передбачено влаштування 15 плетених загат. Дно яру ми відводимо під суцільне залісення. Для залісення дна яру площею 0,52 га нам необхідно посадкового матеріалу тополі 1,733 тис. шт., шипшини – 0,867 тис. шт.

### Література

1. Волощук М.Д., Гагалюк М.І. Еродовані ґрунти та екологічні аспекти їх використання. *Агрономія і ґрунтознавство: Міжвідм. тем. наук. зб.* Харків, 2002. Кн. 3. С. 32–34.
2. Тараріко О.Т. Сучасна модель ґрунтозахисної системи землеробства з контурно-меліоративною організацією території. *Ґрунти – основа добробуту держави, турбота кожного.* Кн. 1. Київ, 2006. С. 181–183.
3. Світличний О.О., Чорний С.Г. Основи ерозієзнавства. Суми: Університетська книга, 2007. 266 с.
4. Добряк Д.С., Осіпчук С.О., Шквар М.І., Погурельський С.П. Економіко-екологічна оптимізація агроландшафтів Канівського району Черкаської області. *Вісник аграрної науки.* 2000. №3. С. 46–49.
5. Кирилюк В.П. Комплексний захист ґрунтів від яружної ерозії. *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України: Актуальні проблеми лісового та садово-паркового господарства.* Львів: РВВ НЛТУ України. 2013. Вип. 23.6. С. 296–299.
6. Ващик С.М. Проектування протиерозійних гідротехнічних споруд на водозбірній площі: Методичні рекомендації. Львів, 1993. 58 с.
7. Кирилюк В.П., Шемякін М.В. Методичні рекомендації для виконання індивідуального завдання «Проектування гідротехнічних споруд для регулювання схилового стоку і боротьби з ерозією». Умань: УСГА, 2005. 22 с.

8. Пилипенко О.І., Юхновський В.Ю., Ведмідь М.М. Системи захисту ґрунтів від ерозії. Київ: Златояр, 2004. 435 с.

9. Гладун Г.Б., Трофименко М.Є., Лохматов М.А. Захисні лісові насадження: проектування, вирощування, впорядкування.. Харків: Нове слово, 2005. 390 с.

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor,  
**Kyryliuk Volodymyr, Rozhi Tomas,**  
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, **Dets Tetiana,**  
Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University

### **DESIGN OF ANTI-EROSION HYDRAULIC AND FORESTRY MEASURES TO COMBAT RAVINES**

The article discusses the design of anti-erosion hydraulic and forestry measures to combat ravines in the territory of Kopenkuvate village, Golovanivsky district, Kirovohrad region.

It has been established that climatic conditions (especially the distribution of precipitation, both in terms of the growing season and the intensity of precipitation) in some periods contribute to the acceleration of water erosion, especially gully erosion.

According to hydrological calculations, the volume of runoff from the 10% snowmelt was 6792 m<sup>3</sup>, and the total solid runoff was 476 m<sup>3</sup>. An earthen rampart 186 m long and 2.0 m high was designed to capture the runoff.

Reducing erosion intensity to acceptable levels is the main criterion for selecting erosion control measures. In addition to the agrotechnical erosion control measures used, the farm selected and designed their combination with hydrotechnical and forest reclamation measures that meet this condition.

Simultaneously with the installation of the water retention berm, we create a forest strip along the ravine, which is placed on both sides of the ravine along its sides at a distance of 5 meters from them. The strip is 0.526 km long, 12.5 m wide, and has 5 rows. Amount of planting material: common oak - 1.052 thousand pieces; pear - 0.375 thousand pieces; white acacia - 0.375 thousand pieces; common dog rose - 0.750 thousand pieces; sea buckthorn - 1.052 thousand pieces.

To strengthen the bottom of the ravine, we plan to install 15 wicker dams. The bottom of the ravine will be used for continuous forestation. To reforest the ravine bottom with an area of 0.52 hectares, we need 1,733 thousand poplar plants and 0.867 thousand rose hips.

The complex of anti-erosion measures will reduce the intensity of erosion processes and the formation of ravines on agricultural lands.

Key words: Gully erosion; plan of a ravine area; topographic and geodetic survey; planning and cartographic materials; water retention berm; ravine forest strip; continuous afforestation; topographic plans; maps.

## REFERENCES

1. Voloshchuk M.D., Hahaliuk M.I. Erodivani grunty ta ekolohichni aspekty yikh vykorystannia. Ahronomiia i gruntoznavstvo: Mizhvidm. tem. nauk. zb. Kharkiv, 2002. Kn. 3. S. 32–34. {in Ukrainian}
2. Tarariko O.T. Suchasna model gruntozakhysnoi systemy zemlerobstva z konturno-melioratyvnoiu orhanizatsiieiu terytorii. Grunty – osnova dobrobutu derzhavy, turbota kozhnoho. Kn. 1. Kyiv, 2006. S. 181–183. {in Ukrainian}
3. Svitlychnyi O.O., Chorny S.H. Osnovy eroziieznavstva. Sumy: Universytetska knyha, 2007. 266 s. {in Ukrainian}
4. Dobriak D.S., Osipchuk S.O., Shkvar M.I., Pohurelskyi S.P. Ekonomiko-ekolohichna optymizatsiia ahrolandshaftiv Kanivskoho raionu Cherkaskoi oblasti. Visnyk ahrarnoi nauky. 2000. №3. S. 46–49. {in Ukrainian}
5. Kyryliuk V.P. Kompleksnyi zakhyst gruntiv vid yaruzhnoi erozii. Naukovyi visnyk Natsionalnoho lisotekhnichnoho universytetu Ukrainy: Aktualni problemy lisovoho ta sadovo-parkovoho hospodarstva. Lviv: RVV NLTU Ukrainy. 2013. Vyp. 23.6. S. 296–299. {in Ukrainian}
6. Vashchuk S.M. Proektuvannia protyeroziinykh hidrotekhnichnykh sporud na vodozbirni ploschi: Metodychni rekomendatsii. Lviv, 1993. 58 s. {in Ukrainian}
7. Kyryliuk V.P., Shemiakin M.V. Metodychni rekomendatsii dlia vykonannia indyvidualnoho zavdannia «Proektuvannia hidrotekhnichnykh sporud dlia rehuliuвання skhylovoho stoku i borotby z eroziieiu». Uman: USHA, 2005. 22 s. {in Ukrainian}
8. Pylypenko O.I., Yukhnovskyi V.Iu., Vedmid M.M. Systemy zakhystu gruntiv vid erozii. Kyiv: Zlatoiar, 2004. 435 s. {in Ukrainian}
9. Hladun H.B., Trofymenko M.Ie., Lokhmatov M.A. Zakhysni lisovi nasadzhenia: proektuvannia, vyroshchuvannia, vporiadkuvannia.. Kharkiv: Nove slovo, 2005. 390 s. {in Ukrainian}