

УДК 631:674.6:634.8

## НАТУРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОТИЕРОЗІЙНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД

Л.Ю. ЧЕРНИШЕВСЬКА, Я.В. ШЕВЧУК, С.М. ВОРОШНОВ, О.С. ІГНАТОВА,  
Т.І. МІХОНОША

Інститут водних проблем і меліорації НААН

*Представлено результати натурних досліджень протиерозійної ефективності валів-терас, протиерозійного ставка, необроблюваних валів у процесі довготривалої експлуатації, з яких видно, що гідротехнічні споруди відіграють важливу роль у зменшенні ерозії ґрунту у протиерозійних комплексах.*

**Ключові слова:** протиерозійні гідротехнічні споруди, вали-тераси, деформації, водопоглинання, поверхневий і твердий стоки

**Постановка проблеми.** Водна ерозія знижує родючість ґрунтів і спричиняє значні збитки сільському господарству. Щорічні втрати ґрунту внаслідок ерозійних процесів становлять близько 600 млн т, у тому числі понад 20 млн т гумусу. З цим ґрунтом виноситься у 2–3 рази більше поживних речовин, ніж вноситься з органічними і мінеральними добривами.

Аналіз роботи протиерозійних гідротехнічних споруд у натурних умовах показує, що під час експлуатації дорогі протиерозійні споруди руйнуються або функціонують незадовільно, або виходять з ладу. Особливо численні руйнування водозатримувальних валів простежуються в результаті переливу води через гребінь валу.

© Л.Ю. Чернишевська, Я.В. Шевчук, С.М. Ворошнов,  
О.С. Ігнатова, Т.І. Міхоноша, 2011  
Меліорація і водне господарство. 2011. Вип. 99

Перелив води, у свою чергу, спричиняється замулюванням акумулюючої ємкості, перевищенням експлуатаційного осідання гребеня валу над розрахунковим значенням, а також перевищенням об'єму стоку проектної водозатримувальної здатності системи. У більшості випадків ці несправності спостерігаються при сукупних проявах цих факторів.

**Мета досліджень** – оцінка роботи протиерозійних гідротехнічних споруд у штучно оформлених агроландшафтах на дослідній ділянці біля с. Ходосіївка Києво-Святошинського району Київської області.

Задачі натурних досліджень:

- визначення величини водопоглинання і коефіцієнтів фільтрації ґрунту;
- дослідження величини поверхневого стоку;
- оцінка деформаційних процесів, які відбуваються між валами-терасами у процесі тривалої експлуатації;
- оцінка розвитку ерозійних процесів у штучних агроландшафтах.

**Об'єкт досліджень** – гідротехнічні споруди у протиерозійних комплексах на новостворених агроландшафтах. Дослідна ділянка для проведення досліджень з вивчення ефективності експериментальних протиерозійних гідротехнічних споруд вибрана спільно із співробітниками ННЦ «Інститут землеробства НААН» на дослідній ділянці поля біля с. Ходосіївка Києво-Святошинського району Київської області.

На дослідному полі побудовано наступні гідротехнічні споруди (*рис. 1*): 1 – протиерозійні вали-тераси; 2 – необроблювані вали; 3 – протиерозійний ставок; 4 – аварійний водоскид; 5 – три перепади; 6 – залужені водотоки; 7 – протиерозійний вал – дорога.

Клімат території помірно-континентальний. Середня температура повітря  $+7^{\circ}\text{C}$ , максимальна  $+39^{\circ}\text{C}$ , мінімальна –  $36^{\circ}\text{C}$ . Протягом року випадає 622 мм опадів, із них: у теплий період – 415, холодний – 207. Максимум опадів – 925 мм, мінімум – 405 мм. Максимальна кількість опадів випадає у червні – липні. Середньорічна кількість зливних опадів сягає 91 мм, повторність – 7. Середній максимум інтенсивності 2,5 мм/хв, шар опадів (дощу і зливи) – 80 мм.

Утворення стійкого снігового покриву у середньому насту-

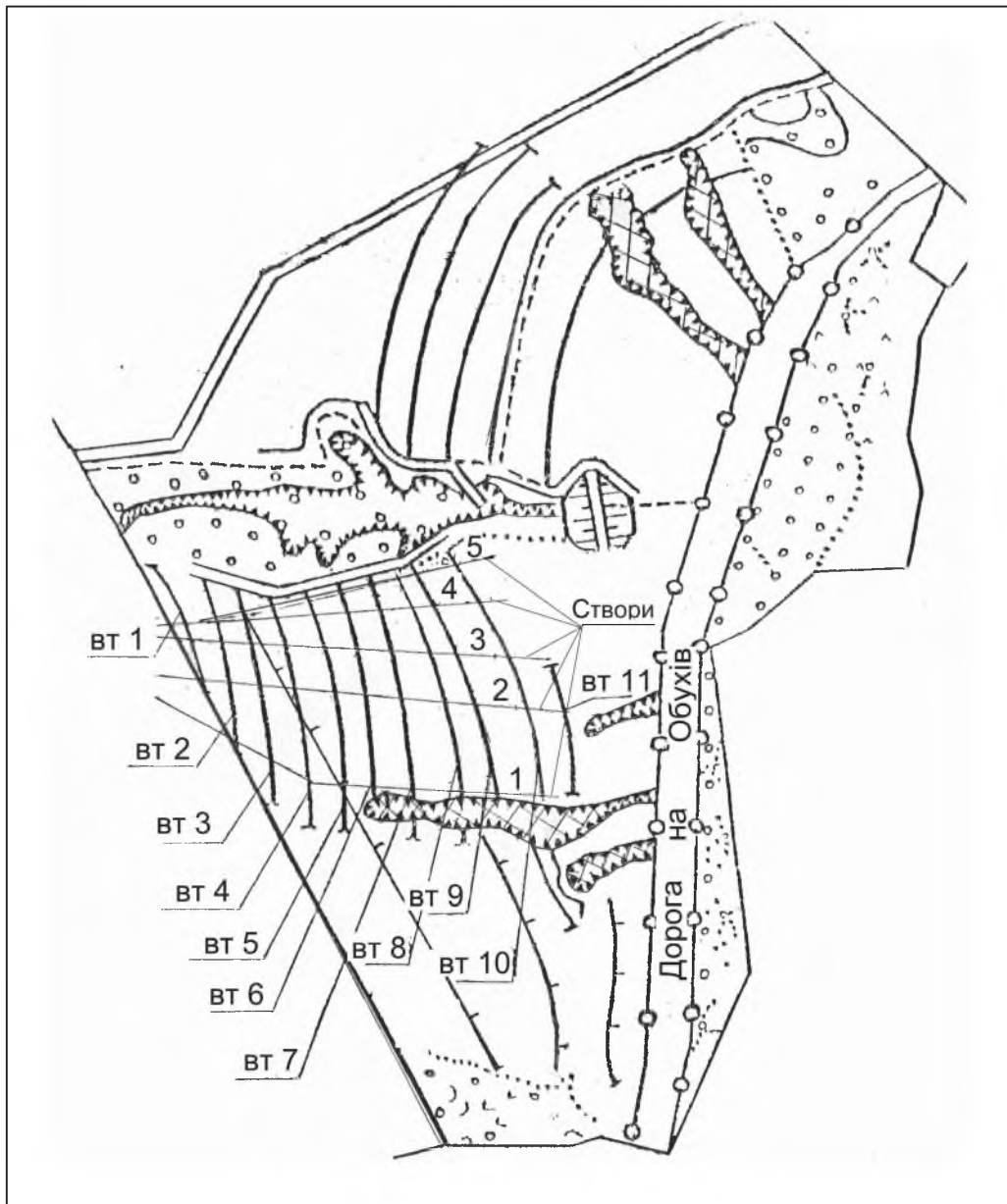


Рис. 1. План обладнання дослідної ділянки:  
вт 1–11 – вали-тераси

пає у другій половині грудня, танення снігу – наприкінці другої декади березня. Число днів у році із сніговим покривом становить 105. Висота снігового покриву у середньому 20 см. Інтенсивність танення снігу 1,7 мм/добу.

Вечірня середня відносна вологість повітря становить 66%. Середня швидкість вітру – 4 м/с. Середня глибина промерзання ґрунту дорівнює 90 см, а максимальна – 125 см. Тип

впливу клімату на ерозію: сніжно-зливовий з переважним впливом злив.

Похил схилів дослідного поля від 5 до 10°. Поверхня дослідних ділянок прорізана розгалуженими ярами і балкою. Схили балки, де знаходиться протиерозійний ставок, прорізані ярами з похилом схилів до 10°. На відстані 60 м від осі греблі схили заліснені, на лівому березі мають вихід на поверхню важкі супіски. Базисом ерозії слугує струмок.

У центрі досліджуваного поля на лівому схилі струмка знаходиться балка, у гирлі якої запроектовано протиерозійний ставок. По дну балки проходить яр, завдовжки близько 600 м, завширшки по дну від 5 до 20 м.

Схили балки задерновані і заліснені. Лівий схил дуже прорізаний ярами, схили їх частково задерновані, а у деяких місцях на поверхню виступає лесоподібний суглинок. На правому схилі балки є діючий яр.

Ґрунти експериментальної ділянки представлено наступними літологічними типами: супісок важкий пілуватий, піски мілко-зернисті і глини легкі.

Супісок важкий поширений по всій ділянці, і покриває наступні породи: у гирловій ділянці ярів – глини легкі; на середній ділянці схилу – піски мілко- і тонкозернисті.

Схил, на якому розташовано дослідне поле, підлягає інтенсивному змиванню покривних ґрунтів. По ньому також проходила ерозія, в результаті якої утворилося шість ярів, із них – п'ять діючих, а один перетворився у балку, що розділила експериментальну ділянку на дві частини – південну і північну. На даний час яри рекультивовано.

Площа водозаборів коливається від 0,7 до 16 га. Гідрографічну систему представлено всіма видами струмкової мережі.

Водозбірна площа використовується у кормовій і ґрунтозахисній сівозміні.

Лісистість і заболоченість відсутні. Лісова і лугова рослинність зберігається лише у балці.

Середній уклон водотоку  $i_p = 18,5\%$ , середня довжина схилу  $L_{cx} = 0,524$  км.

Стік на водозаборі частково зарегульовано валами-терасами.

Грунтові води зустрічаються на дні балки на глибині 2–3 м при сталому рівні на глибині 1,5–1,8 м.

Води прісні, гідрокарбонатно-магнієві, мають слабколужну реакцію.

*Обладнання дослідної ділянки.* Для спостереження за деформаційними процесами ландшафту між валами було вибрано і закріплено на місцевості 5 створів (рис. 1). На кожному валу було встановлено п'ять реперів. Спостереженнями було охоплено площу між вісьмома протиерозійними валами-терасами. Крім цього біля сьомого валу і на дамбі протиерозійного ставка було встановлено по одному базовому реперу.

Між валами створи закріплювали поверхневими марками. Протиерозійний ставок закріплено трьома створами і поверхневими марками. Всього було встановлено понад 300 марок.

Для дослідження рідкої і твердої складової поверхневого стоку у створі 4 між валами 7–8, 6–7, 5–6 було встановлено стокові рамки з площею прийому 0,5 м<sup>2</sup>. Схему їхнього розміщення показано на рис. 2. Величину атмосферних опадів визначали за допомогою гідрометра ГГІ-3000.

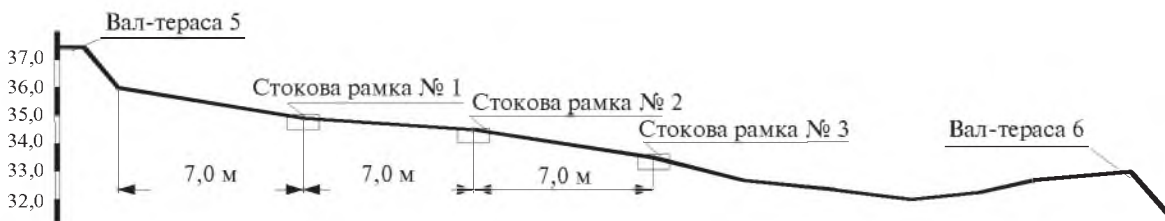


Рис. 2. Схема висотного розташування стокових рамок у створі 4 між валами 5–6

Для вивчення водно-фізичних властивостей ґрунту поряд із стоковими рамками було проведено дослід з вимірювання водопроникності. Вимірювали водопроникність за допомогою приладу ПВН для вимірювання польової водопроникності за методом Нестерова. Швидкість водопроникності визначали за загальноприйнятими методиками для польових визначень.

Швидкість водопроникності визначали за формулою:

$$V = \frac{Q \cdot 10}{t \cdot S}, \quad (1)$$

де  $V$  – швидкість водопроникності, мм/хв;  $Q$  – об’єм води, яка профільтрувала за даний проміжок часу  $t$ , см<sup>3</sup>;  $t$  – проміжок часу, хв;  $S$  – площа циліндра, см<sup>2</sup>.

Для визначення поправки на температуру використовували формулу Хазена:

$$V_{10} = \frac{V \cdot t_0}{0,7 + 0,03t} \quad (2)$$

Залежність водопроникності ґрунту від часу наведено на *рис. 3*.

На місці установки приладу ПВН відбирали зразки ґрунту на вологість з внутрішнього кільця до і після досліду, а також на початку досліду поряд з місцем установки приладу з глибини 0,1; 0,2; 0,3 м.

У створі 4 між валами 5–6 було встановлено три, а між валами 6–7 – дві стокові рамки. Процеси водопоглинання проходять таким чином. Швидкість водопроникності у першу годину у приладі № 3 змінюється від 2,5 до 0,95 мм/хв; від 0,4 до 0,14 мм/хв – у приладі № 4.

Як видно з *рис. 3*, процес водопоглинання сповільнюється у часі і за першу годину у приладі № 3 зменшується від 4,7 до 2,9 мм/хв, і у приладі № 4 – від 4,4 до 1,7 мм/хв. Процес водопоглинання стабілізується через 6 год у приладах № 1

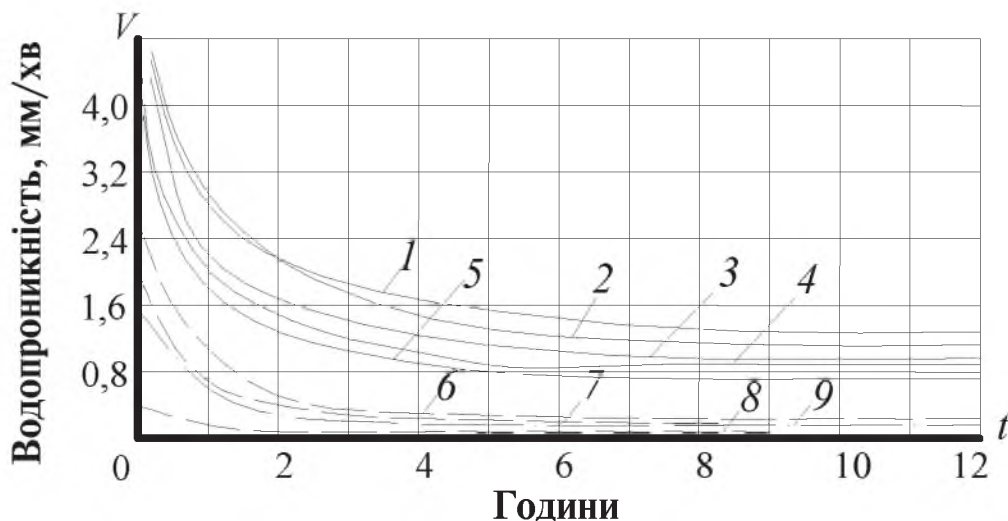


Рис. 3. Залежність водопроникності ґрунту від часу у створі 4 між валами-терасами: 5–6: 1 – прилад № 3, 2 – № 2, 3 – № 1; 6–7: 4 – № 5, 5 – № 4; 7–8: 6 – № 3, 7 – № 1, 8 – № 4, 9 – № 2

і № 5, через 7 год — у приладі № 4; через 8 год — у приладах № 2 і № 3.

Величина водопроникності після стабілізації становить: у приладі № 1 — 1,1 мм/хв; № 2 — 1,0; № 3 — 0,9; № 4 — 0,7; у приладі № 5 — 1,3 мм/хв.

Ці результати показують, що збіжність величин дуже добра. Приймаючи за середню величину водопроникності  $V = 1,0$  мм/хв, визначаємо коефіцієнт фільтрації, який у наших дослідах дорівнює  $K_{\phi} = 1,7 \cdot 10^{-5}$  м/с.

Стокова рамка являє собою квадрат з довжиною сторони 0,71 м, висотою 0,075 м. Одна із сторін рамки полого і має проріз, від якого відходить штуцер з прийомним резервуаром, закопаним у землю. Рамка встановлюється у ґрунт так, що водозливний проріз знаходиться на одному рівні з поверхнею землі і орієнтується штуцером у бік найбільшого похилу поверхні.

Результати спостережень за поверхневим стоком води і стоком наносів від атмосферних опадів та експериментальні дані про величини шару атмосферних опадів, їхню тривалість, об'єм стоку з кожної рамки наведено у таблиці.

#### Спостереження за поверхневим стоком води

Роки спостережень	№ рамки	Уклон схилу	Шар атмосферних опадів, мм	Тривалість опадів, год	Об'єм, л		Частка стоку в об'ємі опадів, що випали, %	Маса вимитого ґрунту, г
					опадів у рамках	стоку у рамках		
1-й	1	0,108	80	26	40	3,30	8,25	4,14
	2	0,139	80	26	40	3,56	8,90	6,38
	3	0,100	80	26	40	3,79	9,48	10,49
2-й	1	0,099	30	6,0	15	1,2	8,0	0,74
	2	0,081	30	6,0	15	-	-	-
	3	0,134	30	6,0	15	1,0	6,67	1,61
	4	0,113	30	6,0	15	1,6	10,66	6,60
	5	0,157	30	6,0	15	1,8	12,0	8,11
3-й	1	0,099	15	3,5	7,5	0,5	6,67	1,82
	2	0,081	15	3,5	7,5	0,4	5,88	1,24
	3	0,134	15	3,5	7,5	0,6	8,00	4,12
	4	0,113	15	3,5	7,5	0,7	9,33	5,21

Аналізуючи результати можна відмітити таку закономірність: чим більше уклон схилу, на якому встановлено стокову рамку, тим більше поверхневого і твердого стоку у ній акумулюється.

Під час випадання указаної кількості опадів у середньому з 1 га змивається від 30 до 140 кг ґрунту.

На дослідній ділянці було досліджено деформаційні процеси, що мають місце між валами-терасами. Для цього було використано базову нівелірну зйомку, яка стала вихідною для досліджень. Дослідження проводили на площі близько 40 га, де було побудовано 8 валів-терас, на яких закріплено 5 створів. Геодезичні зйомки проводили у створах між валами-терасами. Для цього створи закріплювали поверхневими марками, кількість яких коливалась від 7 до 14 шт. у створі.

Для вивчення деформаційних процесів, які проходять між валами-терасами, за чотири роки було виконано чотири нівелірних зйомки.

Аналізуючи деформаційні процеси, які проходять на дні ставочків валів-терас, можна зробити висновок, що найбільші деформації (61 і 66 мм) за чотирирічний період спостерігається у створах 2 і 3. Це викликано тим, що ці створи розміщено ближче до середини валу і твердий стік, який переноситься з верху валу, осідає на дні ставочків. А створи 1, 4, 5 знаходяться ближче до шпор, під час скидання витрат, більших за розрахункові, через водообходи на шпорах у водотік твердий стік попадає у протиерозійний ставок. Таким чином, величина деформації дна ставочків у цих створах становить 34–37 мм, що у 1,8 раза менше, ніж у створах 2 і 3.

Після обстеження стану валів навесні (після танення снігу) було помічено, що на деяких валах простежується перелив води через гребінь. Результати геодезичних зйомок показали, що під час будівництва валів-терас не витримано горизонтальний рівень гребенів валів-терас, що є необхідною умовою їхньої надійної роботи. Різниця між максимальною і мінімальною позначками у межах валу коливається від 0,55 (вал 4) до 1,71 м (вал 7).

Розроблено пропозиції щодо дотримання під час будівництва горизонтальних поверхней валів-терас, що є необхідною умовою надійності їхньої роботи.



За шість років значно змінився поперечний профіль валів-терас. Проектні коефіцієнти укосів відповідали таким значенням: для верхового укосу  $m = 8,0$ ; для низового –  $m = 1,5$ .

Результати геодезичних зйомок показали, що низовий укіс майже не змінився за винятком декількох випадків, де спостерігається збільшення коефіцієнта укосу у 1,5 раза.

Верховий укіс валів-терас зазнав значних змін. У більшості випадків він збільшився. Величина коефіцієнта укосу знаходиться у межах 10–20. Це викликано як результатом агротехнічної обробки ґрунту, так і перенесенням його з вищерозташованих ділянок поля.

Результати геодезичних зйомок по трьох створах у проти-ерозійному ставку довели, що деформації дна ставка відсутні.

**Висновки.** Результати спостережень за поверхневим стоком показали, що з 1 га однорідних, за показниками водопро-никності ґрунтів, змивається від 30 до 140 кг ґрунту залежно від похилу схилу та інтенсивності опадів.

Підтверджено гіпотезу про наявність трьох фаз поглинання опадів на ерозійних ґрунтах: 1 фаза – стік по мікрорусловій системі, коли відсутнє змикання фронтів води; 2 – часткове зволоження з сусідніх мікрорусел; 3 фаза – повне змикання фронтів зволоження.

Деформації дна ставочків горизонтальних валів-терас у середніх створах становлять від 61 до 66 мм, що майже у 2 рази перевищує деформації у створах, які знаходяться ближче до шпор.

*Представлены результаты натурных исследований противоэрозионной эффективности валов-террас, противоэрозионного пруда, необрабатываемых валов в процессе длительной эксплуатации, из чего видно, что гидротехнические сооружения играют важную роль в уменьшении эрозии грунта в противоэрозионных комплексах.*

*Presentation of the results of field researches of erosion efficiency bank-terraces, erosion pond, and uncultivated bank in the process of continuous exploited, from which it can be seen that the hydraulic structures have an important role in decreasing soil erosion in the erosion of protective complexes.*