

УДК 631.459

© 2010

*М.І. Полупан,
доктор сільсько-
господарських наук*

П.О. Волков

*ННЦ «Інститут ґрунто-
знавства та агрохімії
імені О.Н. Соколовського»*

ПРИРОДНИЙ МЕХАНІЗМ ЗАХИСТУ СХИЛОВИХ ҐРУНТІВ ВІД ЕРОЗІЇ

Обґрунтовано ерозійно безпечне землевпорядкування на основі гармонізації всієї інфраструктури в агроценозі з системою папіляр стоку, природного апарату захисту схилових земель від водної ерозії. На цій підставі забезпечується на 80% ерозійне благополуччя і тільки на 20% залежить від проведення агротехнічних заходів.

Антропогенно прискорена водна ерозія ґрунтів — один з пріоритетних чинників їхньої деградації. Нині накопичено величезний обсяг інформації як про масштаби цього негативного явища, так і заходи боротьби з ним, спрямованого передусім на затримання і безпечне скидання вод поверхневого стоку. Проте поширеність нині цього деградаційного процесу, який іноді набуває катастрофічних розмірів, однозначно свідчить про неефективність «лікування» цієї недуги загальноприйнятими методами. Навіть інженерний 4–7-ступеневий захист не дає бажаного результату, а досить часто навіть — шкоду [1, 2]. Нині у світі поступово приходять до висновку: чим більше перепон на шляху природного скидання вод поверхневого стоку — тим більше зростає загроза руйнування ґрунтового покриву.

На думку американських учених, боротьба з ерозією інженерними способами може призводити до небезпечних екологічних наслідків, неприємних природному середовищу. Незважаючи на понад 100-річний період наукового вивчення водної ерозії, наявність чисельних математичних моделей розрахунку і прогнозу розвитку водної ерозії залежно від її чинників, актуальність цієї проблеми залишається. Головна причина невдач її подолання — неврахування стокоформуючої і скидної природної системи на схилах у вигляді мікрорельєфних знижень (папіляр стоку), які внаслідок своїх розмірів не відображені на топографічних картах і практично не беруться до уваги при інженерних розрахунках, проте виконують надзвичайно важливу екологічну функцію — захищають схилові

ландшафти від руйнування шляхом розосередженого скидання з них вод поверхневого стоку [3, 4].

Нами встановлено притаманність усім, без винятку, схиловим ландшафтам системи мікрорельєфних знижень — папіляр стоку (ПС), представлених плоскими, як правило, лінійно витягнутими зниженнями з добре вираженим профілем та увігнутим днищем, а схили — пологим закругленням поступово переходять у схили інших (рис. 1). Кожний ПС на схилі дискретний, зі своєю автономною водозбірною площею. У них відсутні будь-які ознаки розмиву і вони не мають постійного водотоку. За нашими дослідженнями, ширина ПС коливається в межах 10–30 м, у тому числі днища — 0,3–2 м за глибини 0,3–0,7 м із незначним відхиленням від цих параметрів. Це стародавні утворення, які формувались разом із розвитком поверхні в цілому.

Кількість ПС, їх розміри, форма залягання віддзеркалюють рівноважний стан між особливостями будови схилових територій та поверхневим стоком. Багаторічні спостереження показали, що стік на схилах формується в ПС у будь-які пори року і скидається через них у гідрографічну мережу. Іншого маршруту бути не може, тому що поверхня схилу в поперечному розрізі має хвилястий, гофрований вигляд. Тому рух поверхневих вод не хаотичний, а закономірний спрямований до днищ ПС, а по ньому — в балку. ПС — це не тільки апарат формування і скидання стоку, а й запорука стійкості схилових ландшафтів щодо руйнування ерозійними процесами внаслідок розосередження стоку на їхній поверхні, оскільки кожний з них незалежний щодо його формування.

За літературними джерелами і нашими дослідженнями, 70–75% ерозійних явищ припадає на ранньовесняний період після сніготанення, 25–30% — на теплий. У період масового сніготанення першим звільняється від снігу міжпапілярний простір, представлений верхніми третинами схилів ПС, потім решта їх частин, днища — останніми (рис. 2). Це пов'язано з різною потужністю снігового покриву від міжпапілярного фону до днищ. Найменша вона завжди на першому, тому там швидше відбувається сніготанення [5]. За



Рис. 1. Загальний вигляд папілярів стоку на схилі в кінцеву фазу сніготанення (білі смуги — сніг у днищах, темні — міжпапілярний фон)

такого механізму сніготанення рух поверхневих вод повільний за рахунок буферної ролі снігу. Тому руйнування ґрунтового покриву незначні — 20–40 кг на погонний метр днища (6–12 т/га) залежно від агрофону та параметрів ПС.

За розтягнутого в часі температурного режиму у весняний період, коли на етапі залишків снігу в ПС настає похолодання, формується папілярно-екстремальний тип сніготанення [5]. Розрив у звільненні від снігу міжпапілярних ділянок схилу та днищ ПС може досягати 20–25 днів. Цей проміжок часу характеризується від'ємними температурами, сніготанення відсутнє. Але за настану різкого підвищення температури (вище 10°C) відбувається швидке прогрівання звільненої від снігу поверхні схилу, що спричиняє бурхливе (1–2 дні) танення залишкового снігу в ПС і формування значної кількості поверхневого стоку й інтенсивних водних потоків, які сприяють значному прояву ерозії. Втрати ґрунту в середньому з днищ ПС становили 40–100 кг з погонного метра (13–22 т/га). При цьому різниця втрати ґрунтової маси в ПС між верхньою та нижньою частинами схилу досягала до 5 разів. Проте такий тип сніготанення буває рідко, 1 раз в 15–20 років.

Нині доведено, що майже 25–30% ерозійних явищ викликано зливовими водами в теплий період. У час випадання злив поверхня схилів має добре розвинений рослинний покрив культурної рослинності, що зумовлює значною мірою захист ґрунтового покриву від руйнування. Багаторічні культури повністю захищають його. Зернові колосові культури, починаючи з фази виходу в трубку, досить надійно протистоять руйнівній силі водного потоку. Аналогічно веде себе соняшник. Цукрові буряки до фази змикання листя в рядках не забезпечують достатнього захисту ґрунту, за інтенсивної зливи втрати ґрунту з днищ ПС становили 50–111 кг/м, а при зімкненні — 5–15 кг/м. Кукурудза у всі фази розвитку практично не стримує руйнівну силу водних потоків після зливи. Втрати ґрунту на кукурудзяному фоні в фазу викидання волоті сягали 34–80 кг/м з днища ПС. При цьому у верхній частині вони становили 4–7 кг/м, нижній — 17–60 кг/м. Близьку до останнього агрофону становили втрати ґрунту з днищ ПС на чорному пару — 75–100 кг/м. Наведена інформація втрат ґрунтової маси з днищ ПС в окремі роки на визначених агрофонах як у весняний період, так і вегетаційний не може бути використана як нормативна. Землеробство в Україні нараховує від 200–300 років до кількох тисяч. За цей час днища ПС втратили б всю ґрунтову масу і перетворилися б у неглибокі яри, але цього не сталося. Все це свідчить про спорадичність ерозійних процесів, які не зумовлюють втрати ґрунту у вищенаведених параметрах. За нашими дослідженнями, в межах 200 років знаходження ґрунтового покриву в агроценозі втрати з днищ

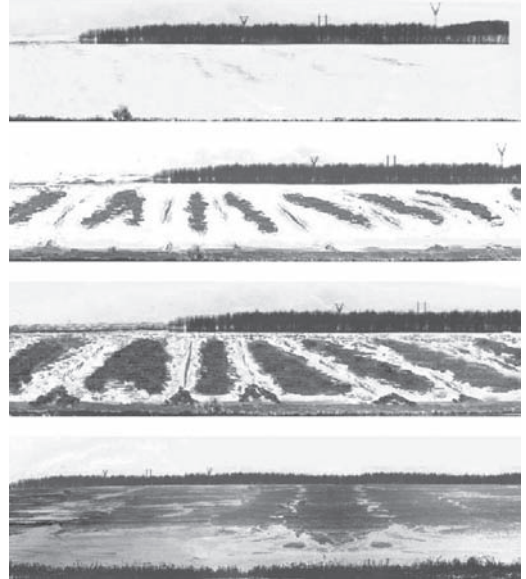


Рис. 2. Етапи сніготанення на схилі північної експозиції

ПС становили 1,5–3 кг/м або 0,3–1,1 т/га, що в межах допустимої норми ерозії, яка коливається за літературними даними в межах від 0,2–0,5 до 3–4 т/га.

Таким чином, розвиток ерозійних процесів за автономного функціонування ПС щодо формування і скидання вод поверхневого стоку через їх систему відбувається спорадично. В окремі роки навіть з великими втратами ґрунту з днищ ПС, проте їм запобігти практично неможливо ніякими засобами. Це природний процес, який в багаторічному циклі зумовлює їх у допустимих межах.

За нашими багаторічними дослідженнями, інтенсифікація ерозійних процесів відбувається за наявності будь-яких антропогенних перешкод на шляху скидання вод поверхневого стоку внаслідок неправильного їх розташування щодо системи ПС, порушуючи їх природне автономне функціонування, що призводить до акумуляції стоку як фактора їх посилення [5, 6].

Мета роботи — встановити інтенсифікацію ерозійних процесів за 150 років землекористування в межах різних етапів проведення землеустрою та заходів боротьби з ерозією залежно від урахування системи папілярного стоку.

Об'єкт досліджень — ґрунтовий покрив Степу Північного з добре розвинутою балковою системою в межах Балакліївського району Харківської області.

Методика досліджень. Узагальнення фондів матеріалів з інформацією про стан ерозійних проявів на об'єкті досліджень за різних етапів землевпорядкування і застосованих заходів бо-

ротьби з ними, а також використання даних про стан ґрунтового покриву на 2005–2009 рр. за результатами польових обстежень.

Результати досліджень. За нашими даними, напрямки яроутворення завжди співпадають з ПС. І це зрозуміло з погляду на їх роль у ландшафті — скидати поверхневий стік за певними маршрутами. За природного принципу функціонування ПС яроутворення неможливе внаслідок деконцентрації ними поверхневого стоку. Його акумуляція нерозривно пов'язана з втручанням людини в роботу цього чутливого ландшафтного механізму, що призводить до утворення і росту ярів. Майже на всій території України, за нашими дослідженнями, найбільша приуроченість спалахів яроутворення пов'язана з населеними пунктами, де відносно більша густота польових доріг як лінійних рубежів на шляху природного скидання поверхневих вод.

У 1860 р. Військово-Топографічним відділом Головного Управління Генерального Штабу Російської Імперії було проведено топографічну зйомку Балакліївського району Харківської області, яка зафіксувала ерозійний стан щодо утворення ярів, у тому числі біля с. Довгалівка, де проводили наші дослідження (рис. 3). Згідно з цими даними сильне яроутворення зафіксовано на I об'єкті, незначне на II і відсутність його на III, IV і V. Причиною значного яроутворення є дорога А, яка перетинає ПС і перерозподіляє в них поверхневий стік, акумулюючи його в найбільш глибоких. На III об'єкті дорога проходить у верхній частині виположеного схилу. Вона

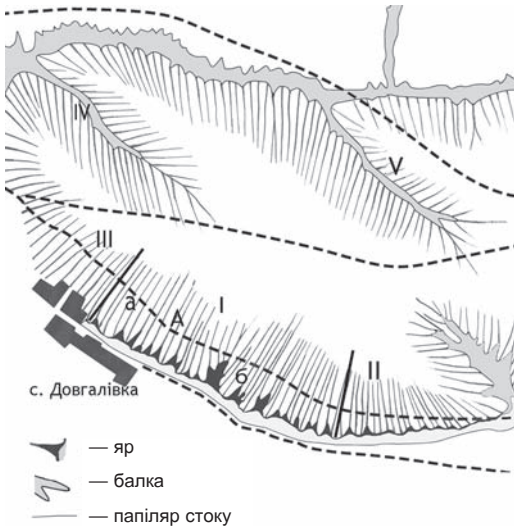


Рис. 3. Стан розвитку ерозії на об'єкті досліджень під час топографічної зйомки в 1860 р.: I — сильне яроутворення; II — незначний прояв лінійної ерозії; III, IV, V — відсутність проявів ерозії

мало впливає на перерозподіл поверхневого стоку, якого незначна кількість, а звідси і наслідок — відсутність ярів. Зі збільшенням довжини перетину ПС від вододілу інтенсивність яроутворення зростає (I об'єкт), а при наближенні дороги до краю схилу вона розвивається слабо. Це закономірно, оскільки акумульована вода, в першому випадку, набуває великої кінетичної руйнівної енергії до кінця схилу, в другому — незначну. Необхідно відмітити, що на схилах, крім ПС, в окремих випадках існують більш глибокі улоговини стоку, які виконують роль скидання поверхневого стоку з вододілів. За наявності рубежу перерозподілу через них збільшується і скидання вод, і, як наслідок, більш інтенсивне яроутворення, що добре видно на I об'єкті (а, б). Дорога існувала до 45–50 років минулого століття. За цей час більшість ярів досягли її, при цьому інтенсивність яроутворення дуже знизилась, оскільки припинила виконувати роль акумулятора вод, знизилась кінетична їх енергія, створилась певна рівновага.

У 1948–1952 рр. було проведено новий землеустрій території досліджень і здійснений захід агролісомеліорації. Було проведено заліснення вище яружної системи і розміщена в нижній частині верхньої третини схилу лісосмуга Держлісфонду з 12 рядів дерев шириною до 40 м (рис. 4). На той час і нині цей захід вважається ефективним протиерозійним заходом. Проте припинення ерозійних процесів на об'єкті не сталося. Причина цього — сплановане за лісосмугою витягнуте прямокутне поле, його конфігурація визначила відповідний напрям його обробітку, вздовж лісосмуги. З часом це призвело до утворення вздовж неї напашного валу. Гілки дерев, розростаючись у ширину, зумовили через деякий час необхідність відступити від неї під час обробітку поля, внаслідок чого утворився новий вал і своєрідний жолоб між ними. Ці штучні перешкоди сприяли концентрації стоку з кількох ПС і прориву валів у місцях найглибших ПС, що призвело до активізації яроутворення з

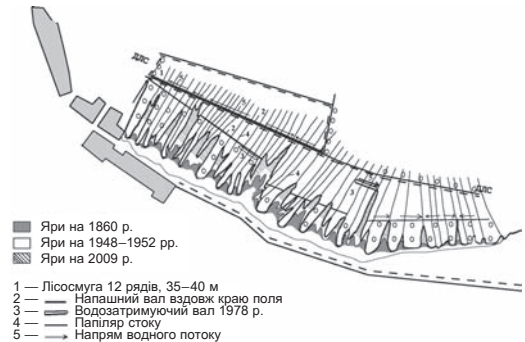


Рис. 4. Динаміка яроутворення після проведення землеустрою і протиерозійних заходів у 1948–1952 рр.



Рис. 5. Яроутворення у насадженому лісі при концентрованому надходженні поверхневого стоку. Корені дерев неспроможні стримати руйнування ґрунтового покриву



інтенсивним руйнуванням ґрунту та підґрунтя. Його масштаби визначались об'ємом стоку за рахунок його концентрації. Найбільш рельєфно це проявилось в утворенні двох ярів в улоговинах стоку, які за 50 років досягли 300 і 600 м за глибини 15–20 м. Вони, досягнувши вершинами ДЛС як концентратора стоку, прийшли у відносну рівновагу з руйнівною енергією водного потоку і практично припинили ріст. Необхідно відмітити, що ліс не в змозі виконувати захисну функцію при концентрації стоку в ПС лінійними штучними рубежами (рис. 5). У наведеному випадку інтенсифікація ерозії пов'язана не з лісосмугою та лісом, а неправильною конфігурацією поля, бо воно по відношенню до лісосмуги повинно бути витягнуто вздовж схилу на вододіл з напрямком відповідного обробітку. Тоді можна було б запобігти сильній ерозійній катастрофі або в кілька разів її зменшити. За концентрованого стоку відбувається руйнування ґрунту і підґрунтя на залужених улоговинах стоку (рис. 6).

У 1978 р. було здійснено будівництво водозатримуючих валів у вершинах деяких ярів. Проте це не гарантувало припинення їхнього розвитку, а навпаки викликало появу їх за певними маршрутами скидання акумульованого стоку (див. рис. 4).

На IV об'єкті на час проведення топографічних робіт не існувало ніяких ознак розвитку ерозійних процесів, таке благополуччя існувало до 1910–1912 рр., до часу спорудження залізниці. Після її будівництва була спланована польова дорога Б від населеного пункту через вершину балки і вниз по схилу до залізничного переїзду (рис. 7). Вона сприяла, за нашими дослідженнями, концентрації стоку 22 ПС у 5 — найбільш глибоких.

Особливо небезпечною виявилась акумуляція стоку замість 9 ПС в один у верхній частині схилу, що зумовило збільшення кінетичної енергії водних потоків за рахунок зростання маси води та її швидкості. Це викликало утворення донного



Рис. 6. Руйнування залуженої улоговини стоку акумульованими водами поверхневого стоку в системі контурно-меліоративної організації території

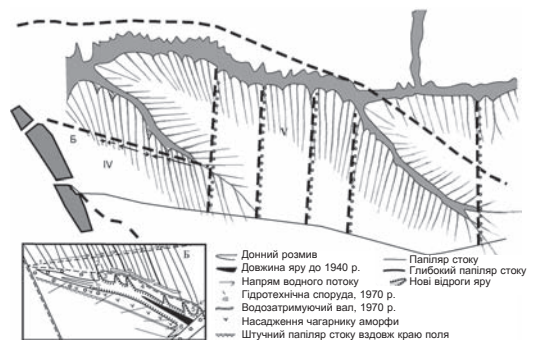


Рис. 7. Особливості інтенсифікації ерозійних процесів залежно від наявності (IV) чи відсутності (V) антропогенних рубежів, які впливають на функціонування ПС

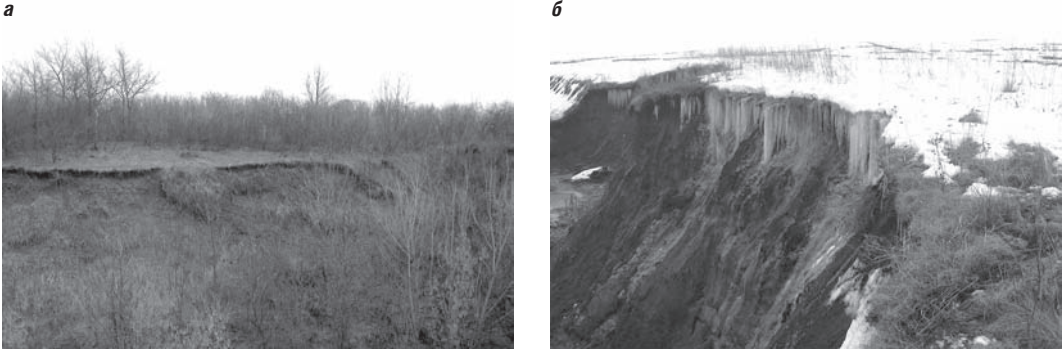


Рис. 8. Ріст яру в ширину за рахунок насаджень аморфи навколо нього: **а** — на початковому етапі, **б** — кінцевому

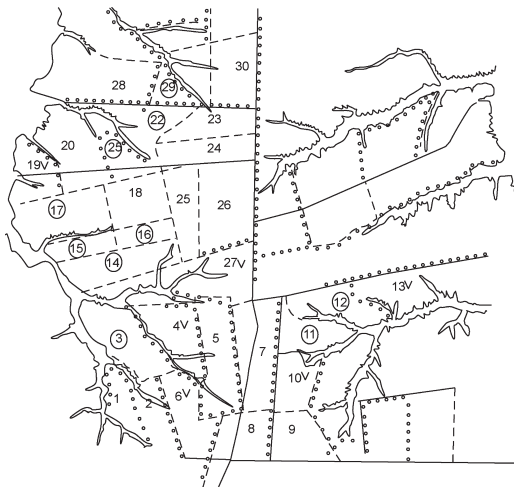
розмиву і ріст яру. Для припинення його подальшого поширення згідно з існуючими рекомендаціями у 1946–1950 рр. було проведено заліснення балки вище вершини яру. Проте бажаного ефекту не отримано, тому що продовжувалось концентроване надходження поверхневого стоку, підсиленого додатковим надходженням води із залісненої частини балки за рахунок підвищення акумуляції в ній снігу та його танення за папілярно-екстремальним типом. Для припинення прогресуючого яроутворення у 1970 р. було проведено стандартний комплекс проти-ерозійних робіт, який включав спорудження у вершині яру залізобетонної греблі водозливу, 3-х водозатримуючих валів у бічних відрогах яру та заліснення 25-метрової смуги вздовж яру

чагарником аморфи. Гребля припинила ріст яру в довжину, проте концентрований стік дорогою у верхній частині продовжував надходити, і яр почав рости у бік (рис. 7). Насадження аморфи викликало підвищену акумуляцію в ній снігу, в окремі роки до 1–1,5 м, що зумовило під час його танення за екстремальним типом руйнування бокової стіни яру і збільшення його ширини (рис. 8). Це продовжуватиметься доти, поки залишатиметься чагарникова смуга. Водозатримні вали в роки з солярно-максимальним типом сніготанення не можуть акумулювати весь об'єм поверхневого стоку, що зумовлює його скидання і формування нового відрогу яру.

У 1980 р. унаслідок організації зрошення було проведено перепланування землекористування, і дорогу як причину припинення функціонування ПС за природним типом, було перенесено на вододіл. Проте було сплановано дорогу вздовж яру, яка стала новим рубежем концентрації та скидання стоку, що призвело до росту нового відрогу яру (рис. 7), який прогресуватиме паралельно старому яру доти, доки буде існувати ця дорога.

Багаторічна оранка в одному напрямку вздовж смуги аморфи зумовила формування штучного ПС, по якому відбувається скидання великої кількості води із снігового шлейфу перед насадженням, що викликало ріст нового відрогу яру (рис. 7). Незважаючи на капітаоемні проти-ерозійні заходи, лінійна водна ерозія продовжує прогресувати внаслідок концентрації стоку ПС штучними рубежами. Наведений приклад свідчить, що за наявності рубежів концентрації стоку розвиток лінійних форм ерозії неможливо зупинити ніякими засобами — це марна витрата коштів, а ефекту не буде.

На V об'єкті від середини XIX ст. донині немає ніяких ознак розвитку лінійних форм ерозії. Балка за всіма параметрами аналогічна попередній. Організаційні заходи протягом 150 років не порушували природного принципу функціонування системи ПС, а тому існує ерозійне



- 26 - Ерозійно безпечне, 40–45%
27V - Задовільний стан, інтенсифікація ерозії залежить від напрямку обробітку
⑪ - Ерозійно небезпечне, 35–45%

Рис. 9. Ступінь коректності землевпорядкування відносно розвитку ерозійних процесів в умовах складного рельєфу

благополуччя в агроландшафті. Планування і розміщення полів у 1946–1950 рр. зроблено несвідомо правильно, коректно розміщені лісо-смуги і дороги вздовж полів. Вони спрямовані паралельно ПС, а тому не порушують природного функціонування стосовно формування і скидання поверхневого стоку. Протягом усього часу обробіток проводиться вздовж схилу, а не впоперек, як нині прийнято. Тому відсутні на-орні вали. Це випадок коректного розміщення полів та їхньої інфраструктури, які гармонійно вписуються в систему ПС і продовжують розосереджено скидати стік, працюючи як механізм захисту схилового агроландшафту від ерозійних процесів. Останні за певних умов формуються спорадично, але руйнування ґрунтового покриву відбувається в багаторічному циклі у межах допустимих норм. Тому обстеження, проведені нами, не виявили ніяких явних слідів втрати ґрунтової маси.

При організації ерозійно безпечного землевпорядкування треба завжди враховувати сис-

тему папіляр стоку — природного механізму захисту схилених ландшафтів від ерозії. Про це свідчать результати досліджень на більше ніж 100 об'єктах (полях), розташованих у складних геоморфологічних умовах з розвинутою балковою системою, частина з яких представлена на рис. 9. Установлено, що за 50–60 років після землевпорядкування ерозійно безпечним станом характеризувалось 40–50% полів за рахунок їхнього розташування в плакорних умовах і вздовж схилів, не порушуючи природний принцип функціонування ПС, 15–20% об'єктів мали задовільний стан, розвиток ерозійних процесів на них зумовлюється напряму обробітку — вздовж чи впоперек схилу, а в деяких вона проводиться під кутом до ПС. Ерозійно небезпечний стан виявився на 35–45% обстежених полів за наявності різних за інтенсивністю лінійних форм ерозії, зумовлених неправильною організацією території щодо розміщення лінійних рубежів, які викликають концентрацію різною мірою вод поверхневого стоку.

Висновки

Назріла нагальна необхідність творчого перегляду усталених положень щодо формування схилених ґрунтів, розвитку ерозії, організаційних заходів боротьби з нею. Нині лише 40–45% території України має ерозійно-безпечну організацію землекористування, інша частина — ерозійно небезпечна.

Ерозійно безпечне землекористування на 80% забезпечується коректною його організацією щодо розміщення полів за конфігурацією, доріг, лісосмуг та іншої інфраструктури і 20% залежить від проведення агротехнічних заходів. Тому тільки правильне землевпорядкування земельної ділянки надійно захищає її від інтенсифікації ерозійних процесів, а заходи агрономічного спрямування на даному фоні зводять до мінімуму спорадичне ерозійне проявлення, якого уникнути неможливо.

Розвиток лінійних форм ерозії неможливо зупинити будь-якими засобами за наявності рубежів акумуляції поверхневого стоку в папілях.

Ерозійно безпечна організація землевпорядкування забезпечується на основі врахування на схилах системи папілярів стоку, апарату захисту схилених земель від ерозії, шляхом гармонізації з нею лінійних рубежів інфраструктури, щоб не порушувати природного функціонування її щодо розосередженого формування та скидання поверхневого стоку.

Поля, польові дороги, лісосмуги та іншу інфраструктуру необхідно розташовувати паралельно системі папілярів стоку.

Розташування їх під будь-яким кутом до схилу зумовлює інтенсифікацію ерозійних процесів.

Бібліографія

1. Барабанов А.Г. Противозероизонная агролесомелиорация в почвозащитном земледелии (анализ и эрозивно-гидрологическая оценка взаимодействия природных и антропогенных факторов): Автореф. дис. ... на соиск. уч. степ. д-ра с.-х. наук. — Волгоград, 1992. — 32 с.
2. Гаршинев Е.А. Противозероизонная лесомелиорация и эволюция эрозивно-гидрологического процесса: Автореф. дис. ... на соиск. уч. степ. д-ра с.-х. наук. — Волгоград, 1995. — 47 с.
3. Полупан Н.И. Влияние микрорельефа склоновых земель на процессы эрозии // Почвоведение. — 1988. — № 6. — С. 753–762.

4. Полупан М.І., Соловей В.Б., Волков П.О. Природний механізм захисту схилених земель від водної ерозії // Посіб. укр. хлібороба, 2009. — С. 189–194.
5. Полупан М.І., Соловей В.Б., Величко В.А., Полупан В.І. Інтенсивність розвитку ерозії залежно від сніготанення та організації землекористування // Вісн. Дніпропетров. ДАУ. — 2000. — № 1–2. — С. 92–105.
6. Полупан М.І., Соловей В.Б., Величко В.А. Класифікація ґрунтів України. — К.: Аграр. наука, 2005. — 300 с.