
ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАПРОВАДЖЕННЯ ЕКОЛОГО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБМЕЖЕНЬ У ВИКОРИСТАННІ ОРНИХ ЗЕМЕЛЬ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ

А.Й. ДОРОШ,

PhD з економіки

E-mail: andriydorosh@lmi.org.ua

ORCID: 0000-0002-2234-124X

Інститут землекористування НААН України

О.М. СВИРИДОВ,

аспірант

E-mail: zemelshik@gmail.com

ORCID: 0009-0002-5433-7795

Інститут агроекології і природокористування НААН України

Анотація. Обґрунтовано методичний підхід до визначення економічного ефекту від запровадження еколого-технологічних обмежень у використанні орних земель територіальної громади. Об'єктом дослідження є орні землі Вінницької міської територіальної громади площею 8111,8 га, поділені на три еколого-технологічні групи. Методологія поєднує попиксельне моделювання змиву ґрунту за універсальним рівнянням втрат ґрунту, у якому рельєфний фактор обчислено безпосередньо з цифрової моделі рельєфу, оцінку відвернених втрат за відновною вартістю гумусу й поживних речовин та розрахунок чистої приведеної вартості за трьома сценаріями землекористування. Встановлено, що фактична структура посівів 2022 року не відповідає нормативам оптимального співвідношення культур у сівоzmінах: частка соняшнику становить 43,3-48,0 % за нормативу 5-9 %, а частка просапних культур не знижується з наростанням ерозійної небезпеки, сягаючи максимуму 65,2 % у межах другої еколого-технологічної групи, де їх розміщення обмежене законом. Моделюваний змив ґрунту зростає від 0,84 т/га/рік у підгрупі Ia до 7,50 т/га/рік у третій групі, а запровадження обмежень вирівнює його на рівні 0,51-0,61 т/га/рік. Чиста приведена вартість за горизонтом 20 років становить від -24,13 млн грн за ставки дисконтування 10 % до -7,29 млн грн за ставки 3 % при індексі зисків і витрат 0,75-0,95, що свідчить про неспроможність ерозійних втрат, яким удалось запобігти, самостійно окупити запровадження обмежень в умовах рівнинного рельєфу. Наукова новизна полягає в поєднанні цифрового моделювання рельєфу з аналізом витрат і зисків та в обґрунтуванні використання підходу з моделюванням трьох сценаріїв, який

відокремлює наслідки недотримання чинного законодавства від ефективності підходу поділу орних земель за еколого-технологічними групами.

Ключові слова: землеустрій, землекористування, економічна ефективність, еколого-технологічні групи, ерозія ґрунтів, універсальне рівняння втрат ґрунту, аналіз витрат і зисків, полезахисні лісові смуги, територіальна громада.

Постановка проблеми

Поділ орних земель на еколого-технологічні групи (далі – ЕТГ) за крутизною схилів є усталеним інструментом контурно-меліоративної організації території, що спирається на пряму законодавчу норму: частина третя статті 47 Закону України «Про охорону земель» забороняє розорювання схилів крутизною понад 7 градусів і обмежує розміщення просяпних культур та чорного пару на схилах від 3 до 7 градусів, а частина п'ята статті 34 передбачає визначення культур і технологій, вирощування яких обмежується [1].

Попри правову визначеність цих вимог, практика їх застосування залишається проблемною. Землевпорядна документація фіксує межі ЕТГ та відповідні обмеження, однак рішення про структуру посівів і спосіб обробітку ухвалює землекористувач, для якого дотримання обмежень означає безпосередню втрату доходу, тоді як вигоди від збереження ґрунтового покриву помітні лише в довгостроковій перспективі й лише частково капіталізуються. Це класична розбіжність приватної та суспільної вигоди, яка часто не спонукає землевласників та землекористувачів до довгострокового збереження якості земель. Розв'язання цієї проблеми потребує не додаткових заборон, а кількісного вимірювання розриву між ними.

Наявні вітчизняні дослідження зосереджені переважно на мето-

дичних питаннях виділення ЕТГ та агрономічному обґрунтуванні ґрунтозахисних сівозмін, тоді як вартісне оцінювання наслідків їх запровадження залишається фрагментарним. Додаткову складність створює те, що звичні методики розрахунку збитків втратили правову основу: постанова Кабінету Міністрів України від 17 листопада 1997 р. № 1279 щодо нормативів втрат сільськогосподарського виробництва втратила чинність, а саме поняття відшкодування таких втрат вилучене із Земельного кодексу України. Це зумовлює потребу в методиках, які спиралися б на чинні нормативно-правові акти, сучасну практику сільськогосподарського землекористування та сучасні можливості просторового моделювання.

Актуальність посилюється тим, що більшість оцінок ефективності протиерозійних заходів в Україні проведено для територій із значною крутизною схилів, де доцільність захисних заходів не потребує окремого доведення. Для рівнинних громад Лісостепу, де переважна частина ріллі розташована на схилах до 3 градусів, ані наявність, ані відсутність економічного ефекту не є очевидними наперед.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Методичні засади поділу орних земель на еколого-технологічні групи закладені у праці О.Г. Тарарика та М.Г. Лобаса [2], де обґрунтовано

граничні значення крутизни схилів (3° та $5-7^\circ$) як критерії диференціації та принципи побудови сівозмін залежно від ЕТГ. Ці нормативи залишаються методичною основою для визначення меж ЕТГ і проектування сівозмін. Структуру зерно-трав'яних і травопільних сівозмін для земель другої групи обґрунтовано В.Ф. Сайком та П.І. Бойком [3], а проектування ґрунтозахисних і меліоративних заходів в агроландшафтах, включно з розміщенням лісосмуг на межах ЕТГ, – С.Ю. Булігіним, В.І. Бураковим і М.М. Котовою [4].

Просторово-розподілене моделювання ерозійно-аккумулятивних процесів в агроландшафтах України розроблено О.А. Светлічним [5], оцінювання протиерозійної регуляторної здатності рослинного покриву в умовах кліматичних змін – Ю. Никитюком та колегами [6]. Обидві праці підтверджують потребу в кількісному прогнозуванні темпів ерозійного руйнування, однак не переводять фізичні втрати у вартісні показники на рівні окремої громади. Міжнародний методичний апарат сформований універсальним рівнянням втрат ґрунту в класичній [7] та переглянутій [8] редакціях. Ключове для просторового застосування вдосконалення – обчислення фактора довжини схилу за площею водозбору – запропоноване Р.І.І. Desmet і G. Govers [9], а залежність фактора крутизни від ухилу уточнена Д.К. McCool зі співавторами [10]. За глобальною оцінкою ерозійної здатності опадів, проведеною Р. Panagos та колегами середнє значення цього фактора для України становить $422 \text{ МДж} \cdot \text{мм} \cdot \text{га}^{-1} \cdot \text{год}^{-1} \cdot \text{рік}^{-1}$ [11], що суттєво нижче за середньоєвропейське і має враховуватися під час параметризації моделі для вітчизняних умов.

Економічні аспекти землеустрою на рівні громади розглянуто в монографії О.С. Дорош, І.О.-Ю. Застулки та А.Й. Дороша, де виконано розрахунок наслідків вилучення сільськогосподарських угідь із обробітку з урахуванням недоотриманих доходів землевласників, землекористувачів і найманих працівників та надходжень місцевого бюджету [12]. Проте цей підхід спирається на нормативи, що втратили чинність, і не містить оцінки відвернених збитків, відповідно їх підхід потребує оновлення та удосконалення. Інституційні підходи до планування сталого використання земель обґрунтовано О.С. Дорош [13] та Й.М. Дорошем, А.В. Барвінським і А.Й. Дорошем [14], питання формування ґрунтоохоронних обмежень – О. Кустовською та О. Поліщук [15], еколого-економічний механізм стимулювання – у монографії за науковою редакцією О.І. Дребот [16]. Один з авторів попередньо запропонував удосконалену методику ідентифікації ЕТГ на основі цифрових моделей рельєфу та виконав її апробацію на орних землях Вінницької МТГ, проте питання витрат і зисків запровадження ЕТГ залишилося поза межами тієї публікації [17].

Узагальнення наукового доробку засвідчує наявність двох слабо поєднаних напрямів – агрономічно-землевпорядного обґрунтування еколого-технологічних обмежень та оцінки економічної ефективності сільськогосподарського землекористування. Відповідно, методичний апарат, який дозволяв би перевести просторово диференційовані фізичні втрати ґрунту у вартісні показники й зіставити їх із витратами на запровадження обмежень у межах конкретної громади потребує розробки. З

метою максимального охоплення релевантних літературних джерел для їх пошуку та оформлення за ДСТУ та стандартом АРА використовувалася мовна модель Claude Opus 5.

Метою дослідження є розроблення та апробація методичного підходу до кількісного оцінювання економічної ефективності запровадження еколого-технологічних обмежень у використанні орних земель територіальної громади, який поєднує просторово розподілене моделювання ерозійних втрат інструментами GIS із аналізом витрат і зисків та дає змогу відокремити власний ефект еколого-технологічного поділу земель від наслідків недотримання чинних вимог законодавства щодо сівозмін.

Матеріали і методи дослідження

Об'єктом дослідження є орні землі Вінницької міської територіальної громади (далі – Вінницька МТГ) загальною площею 8111,8 га, поділені на три еколого-технологічні групи: I ЕТГ (крутизна 0-3°) площею 7737,13 га з поділом на підгрупи Ia (0-1°) – 4541,96 га та Ib (1-3°) – 3195,17 га; II ЕТГ (3-5°) – 320,64 га; III ЕТГ (понад 5°) – 54,05 га [17]. Розрахункова частина моделі охоплює 8030,7 га, для яких одночасно доступні дані рельєфу, ґрунтового покриття та фактичного використання.

Інформаційну базу становлять: цифрова модель рельєфу роздільною здатністю 10 м, побудована за ізолініями рельєфу ДНВП «Картографія»; векторні шари меж еколого-технологічних груп, агровиробничих груп ґрунтів, ступеня еродованості ґрунтів і сільськогосподарських угідь за матеріалами Державного земельного

кадастру станом на кінець 2021 року; растр класифікації сільськогосподарських культур за 2022 рік роздільною здатністю 6,5 м; дані X туру агрохімічного обстеження ДУ «Інститут охорони ґрунтів України»; статистичні дані щодо врожайності культур у Вінницькій області та цін їх реалізації станом на 2026 рік. Частина вихідних даних отримана в рамках попереднього дослідження авторів [17, 18]. Дослідження виконано в чотири етапи: просторове моделювання ерозійних втрат, оцінювання фактичного стану землекористування, побудова сценаріїв та розрахунок показників економічної ефективності.

Річний змив ґрунту розраховано попільсьельно (роздільна здатність 10 м) за універсальним рівнянням втрат ґрунту [7; 8]:

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P, \quad (1)$$

де A – середньорічний змив ґрунту, т/га; R – фактор ерозійної здатності опадів, МДж•мм•га⁻¹•год⁻¹•рік⁻¹; K – фактор еродованості ґрунту, т•га•год•га⁻¹•МДж⁻¹•мм⁻¹; LS – безрозмірний фактор рельєфу, що враховує довжину і крутизну схилу; C – безрозмірний фактор рослинного покриття та системи землеробства; P – безрозмірний фактор протиерозійних агротехнічних заходів.

Принциповою особливістю підходу є обчислення фактора рельєфу безпосередньо з цифрової моделі рельєфу, а не за табличними значеннями для природно-сільськогосподарського району. Модель попередньо гідрологічно скориговано, після чого визначено напрямки стоку за восьмизв'язною схемою та обчислено площу водозбору кожної комірки.

Складову довжини схилу розраховано за формулою, запропонованою P.J.J. Desmet і G. Govers [9], яка

оперує не умовною довжиною схилу, а фактичною площею водозбору, що робить її придатною для складного рельєфу:

$$L = [(A_i + D^2)^{(m+1)} - A_i^{(m+1)}] / [D^{(m+2)} \cdot x^m \cdot 22,13^m], \quad (2)$$

де A_i – площа водозбору, що надходить до комірки, m^2 ; D – розмір комірки, m ; x – коефіцієнт форми, що враховує експозицію схилу; $m = \beta / (1 + \beta)$, де $\beta = (\sin \theta / 0,0896) / (3 \cdot \sin 0,8\theta + 0,56)$, а θ – кут нахилу поверхні. Площу водозбору обмежено значенням, що відповідає довжині схилу 300 м, – загальноприйнятою межею застосовності рівняння. Складову крутизни схилу обчислено за співвідношеннями, запропонованими D.K. McCool: $S = 10,8 \cdot \sin \theta + 0,03$ при $\tan \theta < 0,09$ та $S = 16,8 \cdot \sin \theta - 0,50$ при $\tan \theta \geq 0,09$ [10].

Фактор ерозійної здатності опадів прийнято на рівні 500 МДж·мм·га⁻¹·год⁻¹·рік⁻¹: за оцінкою, здійсненою Р. Panagos, середнє для України становить 422, при цьому степові й поліські райони знижують національне середнє, тоді як Правобережний Лісостеп краще зволожений [11].

Фактор еродованості ґрунту задано диференційовано за 24 агро-виробничими групами ґрунтів на досліджуваній території в межах Вінницької МТГ в діапазоні 0,020-0,055. Для домінантних агрогруп 41д (58,55 % площі) і 53д (18,92 %) прийнято 0,032 і 0,030, для змитих різновидів (37д, 38д, 49д, 50д) – підвищені 0,040-0,052, що відображає зниження водостійкості структури.

Фактор рослинного покриву в базовому сценарії задано попиксельно за растром фактичної класифікації культур, у проєктних – за складом відповідних сівозмін. Фактор протирозійних заходів прийнято рівним

одиниці за обробітку без урахування горизонталей, 0,55 – за контурного обробітку в підгрупі Іб і 0,45 – у ІІ ЕТГ (табл. 1).

Растр класифікації культур накладено на полігони ЕТГ із розрахунком часток кожної культури в межах кожної групи, після чого частки зіставлено з нормативами оптимального співвідношення культур для Лісостепоного регіону, затвердженими постановою Кабінету Міністрів України від 11 лютого 2010 р. № 164 [19].

Застосування двох сценаріїв «фактичний стан – проєктний стан» у даному дослідженні є методично некоректним: фактична структура посівів порушує чинні нормативи співвідношення культур, тому приведення її у відповідність до законодавства є самостійною вимогою, незалежною від еколого-технологічного поділу земель, і віднесення пов'язаних із цим витрат до наслідків обмежень за ЕТГ штучно погіршувало б їх оцінку. Застосовано підхід з моделюванням трьох сценаріїв:

Сценарій S0 – фактичний стан за даними 2022 року: структура посівів за растром класифікації культур, обробіток без урахування горизонталей, наявні лісосмуги без реконструкції.

Сценарій S1 – дотримання нормативів співвідношення культур згідно з постановою № 164 без диференціації за ЕТГ: озима пшениця 30 %, кукурудза 15 %, сояшник 9 %, соя 8 %, озимий ріпак 4 %, ярі зернові 10 %, зернобобові 4 %, багаторічні трави 20 %.

Сценарій S2 – нормативні сівозміни в поєднанні з еколого-технологічними обмеженнями, обґрунтованими авторами раніше [17]: у підгрупі Іб – обов'язковий контурний обробіток; у ІІ ЕТГ – ґрунтозахисна зерно-трав'яна сівозміна (багаторічні трави 40 %,

1. Параметри моделі просторового розрахунку змиву ґрунту

Параметр	Прийняте значення	Джерело обґрунтування
R, МДж•мм•га ⁻¹ •год ⁻¹ •рік ⁻¹	500	Panagos та ін. [11] з коригуванням на Правобережний Лісостеп
К: чорноземи (41д, 53д, 41в) / темно-сірі й лучні (40д, 45д, 133д)	0,030-0,032 / 0,033-0,036	Номограма Wischmeier – Smith [7]
К: сірі опідзолені (29в, 29г, 29д, 31в) / змиті різновиди (37д, 38д, 49д, 50д)	0,040-0,045 / 0,040-0,052	Номограма Wischmeier – Smith [7]
LS	обчислено з ЦМР	Desmet – Govers [9]; McCool та ін. [10]
С: соняшник / кукурудза / соя	0,40 / 0,35 / 0,32	Renard та ін. [8]
С: озима пшениця / ріпак / багаторічні трави	0,12 / 0,15 / 0,03	Renard та ін. [8]
С: ґрунтозахисна сівозмінна (II ЕТГ) / залуження (III ЕТГ)	0,09 / 0,02	Розраховано за складом сівозміни [3, 8]
Р: уздовж схилу / контурний (I6) / контурний із щільованням (II ЕТГ)	1,00 / 0,55 / 0,45	Renard та ін. [8]

Джерело: сформовано авторами.

озима пшениця 30 %, ярі зернові 20 %, зернобобові 10 %) без просапних культур і чорного пару; у III ЕТГ – виведення з інтенсивного обробітку з консервацією шляхом залуження [20]; відведення до 1 % площі ріллі під нові полезахисні лісові смуги.

Ефект дотримання законодавства про сівозміни визначається різницею $S_0 \rightarrow S_1$, власний ефект еколого-технологічних обмежень – різницею $S_1 \rightarrow S_2$. Предметом економічного оцінювання в даному дослідженні є другий приріст; перший наводиться для порівняння масштабів.

Систему полезахисних лісових смуг сплановано з урахуванням наявного стану: із 263,6 га облікованих насаджень лінійного типу 50 % не потребують втручання, 30 % придатні до реконструкції, а 20 % потребують повної заміни. Додатково передбачено закладення 81,1 га нових смуг, з яких не більш як 9 га може бути розміщено в межах III ЕТГ. Відповідно, площа III ЕТГ під консервацію із залуженням становить 45,05 га.

Відвернені втрати ґрунту визначено за відновною вартістю – сумою витрат на відтворення в ґрунті гумусу та поживних речовин, що містяться у відверненому обсязі змиву. Підхід відповідає логіці Методики, затвердженій наказом Міндовкільля України від 4 квітня 2022 р. № 167 [21]:

$$B_3 = \Delta W \cdot (r \cdot C_g + \sum n_i \cdot C_i), (3)$$

де B_3 – вартість відвернених витрат, грн/рік; ΔW – відвернений змив, т/рік; r і n_i – вміст гумусу та і-ї рухомої форми поживної речовини, частка; C_g і C_i – вартість відтворення 1 т гумусу та 1 т діючої речовини добрива, грн.

Вміст гумусу прийнято на рівні 2,70 %, вміст азоту, що легко гідролізується (за Корнфілдом), – 80,0 мг/кг, рухомих сполук фосфору та калію (за Чириковим) – відповідно 87,0 та 108,0 мг/кг ґрунту за середньозваженими даними X туру агрохімічного обстеження сільськогосподарських угідь [22]. Використання рухомих, а не валових форм є принциповим, оскільки валовий вміст калію в чор-

ноземах у кілька разів вищий і завищував би оцінку. Вартість відтворення 1 т гумусу визначено через внесення підстилкового гною за коефіцієнта гуміфікації 0,05.

Маржинальний дохід із гектара розраховано як різницю між вартістю валової продукції та прямими виробничими витратами:

$$MD = \sum (Y_i \cdot C_i - Z_i) \cdot d_i, \quad (4)$$

де Y_i , C_i , Z_i і d_i – урожайність (т/га), ціна реалізації (грн/т), прямі виробничі витрати (грн/га) та частка i -ї культури у структурі посівів.

Урожайність прийнято за середніми за 2021–2025 рр. показниками Вінницької області [23], ціни реалізації — за даними державного статистичного спостереження щодо реалізації продукції сільськогосподарськими підприємствами у постійних цінах 2026 року [24]. Прямі виробничі витрати та додаткові витрати на контурний обробіток за відсутності чинних галузевих технологічних карт прийнято експертно на рівні 900 грн/га на рік, виходячи з поправочних коефіцієнтів до норм виробітку й витрат палива на клас довжини гону та кут схилу [25]. З огляду на невизначеність, цей параметр випробувано в діапазоні 500–1500 грн/га в аналізі чутливості.

Ефект лісових смуг оцінено як приріст вартості валової продукції на захищеній площі:

$$VL = S_{\text{зах}} \cdot VD \cdot p, \quad (5)$$

де $S_{\text{зах}}$ – додатково захищена площа, га; VD – вартість валової продукції з гектара за нормативної сівозміни, грн/га; p – відносний приріст урожайності під захистом лісосмуг, частка.

Співвідношення площ прийнято як 1 га лісосмуги на 25 га ріллі. Цю величину визначено з умови повно-

го покриття орних земель громади проектною системою насаджень: 344,7 га смуг забезпечують захист 8 618 га за наявних 8 030,7 га ріллі. Приріст урожайності у зоні позитивного впливу полезахисних лісових смуг прийнято на рівні 5 %. Це нижня межа порівняно з даними літератури: метааналіз Kort фіксує стійке підвищення врожайності польових і кормових культур у зоні позитивного впливу полезахисних лісових смуг [26], а дослідження Osorio за виробничими даними бортових моніторів урожайності дає 10 % для озимої пшениці та 16 % для сої [27]. Водночас та сама праця показує, що сучасні сорти й гібриди реагують на захист слабше за старіші, а компенсація вилученої під насадження площі досягається не в усіх конфігураціях, тому нижня межа діапазону обрана свідомо. Вихід насаджень на повну захисну дію змодельовано лінійно протягом десяти років з моменту закладення; за відсутності нормативу цей строк прийнято експертно, виходячи з періоду досягнення смугою проектної висоти [28].

Інтегральним показником обрано чисту приведену вартість з горизонтом 20 років, що відповідає двом-трьом циклам ротації сівозміни та періоду досягнення лісосмугами проектної висоти:

$$ЧПВ = \sum [(B3 + VL) - (\Delta MD + VL + K)] / (1 + r)^t, \quad (6)$$

де $B3$ – вартість відвернених витрат ґрунту, грн; VL – ефект лісосмуг, грн; ΔMD – втрата маржинального доходу внаслідок зміни сівозмін і способу обробітку, грн; VL – втрата доходу з ріллі, відведеної під лісосмуги, грн; K – капітальні витрати, грн; r – ставка дисконтування; t – рік розрахункового періоду.

Розрахунок виконано за трьома ставками дисконтування: 10 % відповідає приватній перспективі землекористувача (вартість капіталу в аграрному секторі), 5 % і 3 % – суспільній перспективі громади й узгоджуються з підходами до аналізу витрат і зисків у Європейському Союзі [29]. Додатково розраховано індекс зисків і витрат та термін окупності, а стійкість результатів перевірено однофакторним аналізом чутливості за п'ятьма параметрами.

Застосовано методи просторового аналізу та геоінформаційного моделювання, монографічний і абстрактно-логічний, порівняльного аналізу, сценарного моделювання, дисконтування грошових потоків та аналізу чутливості. Обчислення виконано в середовищі QGIS із плагіном GRASS та мовою Python. При формуванні методології також відбувалася плідна дискусія з мовною моделлю Claude Opus 5.

Результати дослідження та їх обговорення

Обчислення фактора рельєфу з цифрової моделі дало результат, що має самостійне методичне значення: середні значення LS становлять 0,182 для підгрупи Ia, 0,375 для Ib, 0,780 для II ЕТГ і 1,823 для III ЕТГ за середньозваженого 0,293, тобто градієнт монотонний і майже десятикратний.

Це має принципове значення: межі груп проведено за крутизною схилів – показником, який не враховує ані довжини схилу, ані конвергенції стоку, тоді як фактор LS враховує обидва чинники, тож монотонність градієнта означає узгодженість спрощеного геоморфологічного критерію

з результатом повноцінного гідрологічного моделювання.

Маючи дані щодо посівів за 2022 рік, здійснили накладання растру класифікації культур на межі ЕТГ. У результаті виявлено картину, що суперечить не лише рекомендаціям попереднього етапу, а й чинним нормативам співвідношення культур (табл. 2).

Частка соняшнику перевищує верхню межу нормативу в 4,8-5,3 раза й практично не змінюється між групами. Примітка до нормативів установлює періодичність вирощування соняшнику не менше ніж через сім років, тобто не більш як 12,5 % площі; фактичні 43-48 % означають повернення культури приблизно кожні два роки. Частка технічних культур перевищує норматив у 1,4-1,6 раза, а багаторічних трав становить 1,9-6,8 % за нормативу 10-50 %, причому це верхня оцінка, бо відповідний клас растру об'єднує трави з лісом і чагарниками.

Найважливішим є, однак, не сам факт перевищення нормативів, а характер його просторового розподілу: частка просапних культур не знижується з наростанням ерозійної небезпеки, а зростає, сягаючи максимуму 65,2 % саме в межах II ЕТГ, тобто на схилах 3-5°, де частина третя статті 47 Закону України «Про охорону земель» прямо обмежує їх розміщення. У межах III ЕТГ, яка підлягає виведенню з інтенсивного обробітку, просапні займають 51,8 %, а під багаторічними травами перебуває лише 6,8 % площі.

Отже, між інтенсивністю землекористування та ерозійною небезпекою території відсутній будь-який значущий зв'язок: ідеться не про окремі порушення обмежень, а про системну відсутність диференціації землекористування за ерозійним ризиком.

2. Фактична структура посівів орних земель Вінницької МТГ за еколого-технологічними групами, 2022 р., % площі групи

Культура	Норматив для Лісостепу [19]	Ia	Iб	II ЕТГ	III ЕТГ
Соняшник	5-9	44,7	48,0	44,6	43,3
Озима пшениця	–	32,0	27,6	24,1	23,9
Кукурудза	–	9,0	11,3	14,9	6,3
Соя	–	2,1	2,6	5,4	2,2
Озимий ріпак	3-5	2,6	0,9	0,0	0,0
Ячмінь, горох, інші	–	0,4	0,5	1,2	3,1
Цукрові буряки	–	0,4	0,1	0,2	0,0
Багаторічні трави, ліс, чагарники	10-50	1,9	2,0	3,4	6,8
Нерозпізнана рослинність	–	6,7	6,6	5,5	14,1
Технічні культури, усього	5-30	47,7	49,0	44,9	43,3
Просапні культури, усього	–	56,2	62,1	65,2	51,8

Джерело: розраховано авторами за растром класифікації сільськогосподарських культур та постановою КМУ № 164 [19].

Відповідно було здійснено просторове моделювання змиву ґрунту за трьома сценаріями, результати якого наведено в табл. 3.

У фактичному стані змив зростає від 0,84 т/га/рік у підгрупі Ia до 7,50 т/га/рік у III ЕТГ, тобто майже в дев'ять разів. Дотримання нормативів співвідношення культур знижує його на 37 % по громаді, але зберігає диференціацію за групами: у III ЕТГ змив залишається на рівні 5,24 т/га/рік. Запровадження еколого-технологічних

обмежень вирівнює показник на рівні 0,51-0,61 т/га/рік у всіх групах, тобто усуває залежність ерозійних втрат від рельєфу. Загальний обсяг змиву знижується з 10,99 до 6,94 і далі до 4,57 тис. т/рік: приріст $S_0 \rightarrow S_1$ дає 4,05 тис. т/рік відвернених втрат, приріст $S_1 \rightarrow S_2$ – ще 2,37 тис. т/рік.

Для незалежної перевірки результатів моделювання отримані значення змиву зіставлено з фактичною еродованістю ґрунтового покриву. У межах контурів змитих агрогруп (37д, 38д,

3. Моделюваний змив ґрунту на орних землях Вінницької МТГ за сценаріями

ЕТГ	Площа, га	LS	C (S_0)	Змив S_0 , т/га	Змив S_1 , т/га	Змив S_2 , т/га	Разом S_0 , тис.т	Разом S_1 , тис.т	Разом S_2 , тис. т
Підгрупа Ia	4505,5	0,182	0,279	0,84	0,55	0,55	3,78	2,46	2,46
Підгрупа Iб	3160,8	0,375	0,294	1,78	1,10	0,61	5,64	3,48	1,92
II ЕТГ	312,1	0,780	0,297	3,79	2,34	0,51	1,18	0,73	0,16
III ЕТГ	52,3	1,823	0,274	7,50	5,24	0,57	0,39	0,27	0,03
Усього	8030,7	0,293	0,287	1,37	0,86	0,57	10,99	6,94	4,57

Джерело: розраховано авторами.

49д, 50д, 55д) площею 77,3 га модельований змив становить у середньому 3,18 т/га/рік за медіани 1,72, тоді як на незмитих ґрунтах – 1,36 і 0,80 т/га/рік, тобто у 2,34 рази менше. Модель, побудована виключно на даних рельєфу, ґрунтів і фактичного використання, без калібрування за спостереженою еродованістю самостійно відтворила її просторовий розподіл, що підтверджує адекватність параметризації. Верхні 10 % площі ріллі формують 40,3 % загального обсягу втрат ґрунту, що обґрунтовує доцільність адресних, а не суцільних заходів.

Зміна сівозмін, а саме набору культур та їх частки в загальній площі, безумовно, матиме економічні наслідки. Розрахунок маржинального доходу культур виявляє економічну природу проблеми. За середньої для області врожайності [23] та цін реалізації станом на 2026 рік [24] соняшник дає близько 46 тис. грн/га — приблизно вдвічі більше за озиму пшеницю, уп'ятеро більше за багаторічні трави й майже на третину більше за кукурудзу. Прямі виробничі витрати за відсутності чинних галузевих технологічних карт прийнято експертно, тому наведені величини слід розглядати як оцінні; проте порядок співвідношення підтверджується незалежно

— фактичною структурою посівів, у якій частка соняшнику сягає 43–48 % попри нормативне обмеження 5–9 %.

Водночас саме соняшник має найвищий серед вирощуваних культур фактор рослинного покриву. Культура, найвигідніша для землекористувача на малому горизонті планування, є найбільш ерозійно небезпечною. Це раціональна відповідь на структуру цінових стимулів, і саме тому адміністративна заборона без економічного механізму не працює.

Розрахунок маржинального доходу за сценаріями наведено в табл. 4.

Результат є ключовим для розуміння структури проблеми: приведення структури посівів у відповідність до нормативів коштує землекористувачам 102,5 млн грн недоотриманого доходу щороку (майже 36 % його обсягу), тоді як запровадження власне еколого-технологічних обмежень поверх нормативної сівозміни – лише 6,6 млн грн, або 3,6%. Основна перешкода лежить, отже, не в площині еколого-технологічного поділу земель, а в площині дотримання загальних вимог до сівозмін.

Проте, окрім втрат від запровадження еколого-технологічних обмежень є також і зиски. Складові ефекту приросту $S_1 \rightarrow S_2$ такі. Вигоди: від-

4. Маржинальний дохід орних земель Вінницької МТГ за сценаріями, грн/га на рік

ЕТГ	Площа, га	S_0	S_1	S_2	Зміна $S_0 \rightarrow S_1$	Зміна $S_1 \rightarrow S_2$
Підгрупа Ia	4505,5	35 120	22 759	22 759	-12 361	0
Підгрупа Ib	3160,8	36 147	22 759	21 859	-13 388	-900
II ЕТГ	312,1	35 302	22 759	12 920	-12 543	-9 839
III ЕТГ	52,3	34 024	22 759	9 000	-11 265	-13 759
Разом, млн грн/рік	8030,7	285,3	182,8	176,1	-102,5	-6,6

Джерело: розраховано авторами.

5. Показники економічної ефективності запровадження еколого-технологічних обмежень

Показник	r = 3 % (суспільна перспектива)	r = 5 % (суспільна перспектива)	r = 10 % (приватна перспектива)
Дисконтвані вигоди, млн грн	143,0	115,0	70,6
Дисконтвані витрати, млн грн	150,3	129,3	94,8
Чиста приведена вартість, млн грн	-7,29	-14,33	-24,13
Індекс зисків і витрат	0,95	0,89	0,75
Дисконтований строк беззбитковості, років	24	32	не досягається

Джерело: розраховано авторами.

вернений змив 2 370 т/рік за відновної вартості 339 грн/т – 0,80 млн грн/рік; ефект лісосмуг на додатково захищеній площі 4 655 га за вартості валової продукції 51 979 грн/га і приросту урожайності 5 % – 12,10 млн грн/рік. Щорічні витрати: втрата маржинального доходу – 6,64 млн грн, втрата доходу з 81,1 га ріллі під новими лісосмугами – 1,85 млн грн. Капітальні витрати: нові лісосмуги з проектами землеустрою – 11,76 млн грн, реконструкція та заміна наявних насаджень – 11,07 млн грн, консервація 45,05 га III ЕТГ із залуженням [20] – 1,94 млн грн; разом 24,77 млн грн одноразово.

Зіставлення складових дає перший змістовний результат: вартість відвернутих втрат ґрунту становить 0,80 млн грн на рік, тоді як щорічні витрати на запровадження обмежень – 8,49 млн грн, тобто співвідношення приблизно 1:10,6. Це означає, що протиерозійний ефект як такий не здатен окупити запровадження еколого-технологічних обмежень в умовах рівнинного рельєфу Вінницької МТГ. Причина очевидна з даних табл. 3: середній модельований змив у фактичному стані становить 1,37 т/га/рік, що нижче за прийняті у вітчизняній практиці допустимі норми ерозії для

чорноземів, а перевищення локалізоване лише в межах II та III ЕТГ – на 364,4 га, або 4,5 % площі ріллі.

Основну вигоду формує лісомеліоративний блок – 12,10 млн грн на рік, що у п'ятнадцять разів перевищує протиерозійний ефект: лісосмуги діють не через запобігання змиву, а через зміну мікроклімату захищеної території, і в рівнинних умовах цей механізм вагоміший. Вартісні параметри лісомеліоративних заходів, відтворення гумусу і консервації за відсутності чинних кошторисних нормативів прийнято експертно. Ключові з них випробувано в аналізі чутливості.

Результати дисконтування грошових потоків за горизонтом 20 років наведено в табл. 5.

Значення чистої приведеної вартості є від'ємними за всіх ставок, однак характер від'ємності різний: за суспільної ставки 3 % індекс зисків і витрат становить 0,95, тобто реалізація всіх модельованих заходів близька до беззбитковості, тоді як за приватної ставки 10 % він знижується до 0,75. Розрив між приватною й суспільною вигодою становить 16,8 млн грн приведеної вартості – це кількісне вираження розміру необхідної компенсації

землевласникам та землекористувачам. Показовим є й розподіл ефекту в часі: модельовані заходи виходять на стабільний додатний річний баланс (+4,42 млн грн) уже з десятого року, однак недисконтований термін окупності становить 18 років, а за суспільної ставки 5 % дисконтована беззбитковість досягається лише на 32-й рік. Впровадження цих обмежень та заходів окупається, але за межами горизонту моделювання.

У рамках дослідження також здійснено однофакторний аналіз чутливості моделювання, результати якого наведено в табл. 6.

Аналіз виявляє різко асиметричну структуру невизначеності: розмах результату за приростом урожайності у зоні позитивного впливу полезахисних лісових смуг (146,98 млн грн) більш ніж утричі перевищує розмах за будь-яким іншим параметром, а за приросту 10 %, що відповідає поширеним у літературі оцінкам, чиста приведена вартість сягає +90,65 млн грн. Отже, результат визначається насамперед лісомеліоративною складовою, а прийнятий у базовому розрахунку приріст 5 % є нижньою межею літературного діапазону, що робить від'ємний базовий результат свідомо обережним.

Другим за впливовістю є додаткові витрати на контурний обробіток, що пояснюється великою площею підгрупи Іб – 3160,8 га; за нижнього значення 500 грн/га чиста приведена вартість стає додатною. Найслабший вплив має відновна вартість ґрунту – саме той параметр, через який оцінюється протиерозійний ефект: навіть за її подвоєння модельовані заходи залишаються збитковими, що остаточно підтверджує другорядність цієї складової в рівнинних умовах.

Результати дослідження є цілком валідними, проте варто зважати на три застереження. Дані про структуру посівів стосуються 2022 року й становлять одномоментний зріз, а не спостереження за повний цикл ротації; при цьому посівні площі соняшнику в Україні того року були нижчими за довоєнні, що дає підстави вважати виявлену структуру радше типовою. Клас «нерозпізнана рослинність» (5,5-14,1 % площі) віднесено до розрахунку з усередненим фактором покриву. Вплив кліматичних змін не враховувався, а за зростання інтенсивності зливових опадів протиерозійна складова зростатиме, що підвищить економічну доцільність запровадження модельованих заходів.

6. Аналіз чутливості чистої приведеної вартості ($r = 5\%$), млн грн

Параметр	Діапазон випробування	Нижнє значення	Базове значення	Верхнє значення	Розмах
Приріст урожайності під захистом лісосмуг	3-10 %	-56,33	-14,33	+90,65	146,98
Додаткові витрати на контурний обробіток	500-1500 грн/га	+2,98	-14,33	-40,30	43,28
Ставка дисконтування	3-10 %	-7,29	-14,33	-24,13	16,83
Вартість створення 1 га лісосмуги	90-160 тис. грн	-10,51	-14,33	-19,43	8,92
Відновна вартість 1 т ґрунту	250-500 грн/т	-16,97	-14,33	-9,59	7,38

Джерело: розраховано авторами.

Висновки і пропозиції

Розроблено й апробовано методичний підхід до кількісної оцінки економічної ефективності запровадження еколого-технологічних обмежень у використанні орних земель територіальної громади, що поєднує просторово розподілене моделювання ерозійних втрат за універсальним рівнянням втрат ґрунту з аналізом витрат і зисків. Ключовою методичною особливістю є обчислення рельєфного фактора безпосередньо з цифрової моделі рельєфу, створеної на етапі формування еколого-технологічних груп, що забезпечує прив'язку розрахунку до конкретної території та спадкоємність між етапами дослідження.

Обґрунтовано використання підходу з моделюванням трьох сценаріїв, який відокремлює наслідки недотримання чинних нормативів співвідношення культур у сівозмінах від власного ефекту запровадження еколого-технологічних обмежень у використанні орних земель. Необхідність такого поділу підтверджена кількісно: приведення структури посівів у відповідність до нормативів коштує землекористувачам 102,5 млн грн недоотриманого маржинального доходу щороку, тоді як запровадження еколого-технологічних обмежень поверх нормативної сівозміни – лише 6,6 млн грн, які за моделювання лише двох сценаріїв були б хибно приписані цим обмеженням.

Встановлено, що фактичне використання орних земель громади не диференційоване за ерозійною небезпекою: частка соняшнику становить 43,3-48,0 % за нормативу 5-9 %, а частка просапних культур сягає максимуму 65,2 % саме в межах II ЕТГ, де

їх розміщення обмежене законом. Модель пройшла незалежну валідацію: на контурах фактично змитих ґрунтів модельований показник у 2,34 раза вищий, а верхні 10 % площі ріллі формують 40,3 % втрат ґрунту, що обґрунтовує доцільність адресних заходів.

Обчислений із цифрової моделі рельєфу фактор LS монотонно зростає від 0,182 у підгрупі Ia до 1,823 у III ЕТГ, що є незалежним підтвердженням узгодженості меж еколого-технологічних груп із результатом гідрологічного моделювання. Запровадження обмежень знижує середній змив із 0,86 до 0,57 т/га/рік і вирівнює його на рівні 0,51-0,61 т/га/рік у всіх групах. Чиста приведена вартість за горизонтом 20 років становить -7,29 млн грн за ставки 3 %, -14,33 млн грн за ставки 5% та -24,13 млн грн за ставки 10 % при індексі зисків і витрат відповідно 0,95, 0,89 і 0,75.

Головний зміст результату полягає в тому, що в рівнинних громадах Лісостепу, де середній змив не перевищує допустимих норм, а перевищення локалізоване на менш ніж 5% площі ріллі, протиерозійна складова не здатна самостійно окупити запровадження обмежень: вартість відвернутих втрат ґрунту більш ніж удесятеро менша за щорічні витрати. Вирішальне значення має лісомеліоративна складова, ефект якої у п'ятнадцять разів більший. Отже, економічне обґрунтування обмежень для таких територій має будуватися передусім на лісомеліоративному та довгостроковому продуктивному ефектах, а не на зниженні змиву.

Розрив між приватною й суспільною вигодою становить 16,8 млн грн приведеної вартості й пояснює, чому обмеження не запроваджуються добровільно: землекористувач оці-

нює захід як збитковий більш ніж на п'яту частину, тоді як для громади він практично беззбитковий. Також важливим аргументом для цього є те, що термін окупності становить 18 років, а за суспільної ставки 5 % дисконтована беззбитковість досягається лише на 32-й рік. Впровадження цих обмежень та заходів окупається, але за межами горизонту моделювання. З огляду на це пропонується: закріплювати еколого-технологічні обмеження як істотні умови договорів оренди земель сільськогосподарського призначення з коригуванням орендної плати; розглядати виявлений розрив приватної й суспільної оцінки як обґрунтовану верхню межу компенсаційних виплат у механізмах економічного стимулювання, передбачених статтею 205 Земельного кодексу України; надавати пріоритет лісомеліоративним заходам як складовій з найвищою віддачею під час розроблення програм використання та охорони земель громад.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з уточненням додаткових витрат на контурний обробіток за технологічними картами, оскільки саме цей параметр визначає знак результату, а також із розширенням часового ряду даних про структуру посівів та включенням вуглецевої складової до моделювання.

Список використаної літератури

1. Про охорону земель : Закон України від 19.06.2003 № 962-IV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15> (дата звернення: 07.09.2026).
2. Тарарико О. Г., Лобас М. Г. Нормативи ґрунтозахисних контурно-меліоративних систем землеробства. Київ : Агроінком, 1998. 158 с.
3. Сайко В. Ф., Бойко П. І. Сівозміни у землеробстві України. Київ : Аграрна наука, 2002. 148 с.
4. Булігін С. Ю., Бураков В. І., Котова М. М. Проектування ґрунтозахисних та меліоративних заходів в агроландшафтах. Київ: НАУ, 2004. 114 с.
5. Svetlitchnyi A. A. Soil erosion induced degradation of agrolandscapes in Ukraine: modeling, computation and prediction in conditions of the climate changes. Regional Aspects of Climate-Terrestrial-Hydrologic Interactions in Non-boreal Eastern Europe / eds. P. Y. Groisman, S. V. Ivanov. Dordrecht : Springer, 2009. P. 187–194. DOI: https://doi.org/10.1007/978-90-481-2283-7_21.
6. Nykytiuk Y., Kravchenko O., Pitsil A., Bambura V., Seredniak D. Global climate change may reduce the anti-erosion regulatory capacity of vegetation cover in Ukraine's Polissya and Forest-Steppe regions. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*. 2025. Vol. 16, No. 1. Art. e25004. DOI: <https://doi.org/10.15421/0225004>.
7. Wischmeier W. H., Smith D. D. Predicting rainfall erosion losses : a guide to conservation planning. Washington : USDA, 1978. 58 p. (Agriculture Handbook ; No. 537).
8. Renard K. G., Foster G. R., Weesies G. A., McCool D. K., Yoder D. C. Predicting soil erosion by water : a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE). Washington : USDA, 1997. 384 p. (Agriculture Handbook ; No. 703).
9. Desmet P. J. J., Govers G. A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. *Journal of Soil and Water Conservation*. 1996. Vol. 51, No. 5. P. 427–433.
10. McCool D. K., Brown L. C., Foster G. R., Mutchler C. K., Meyer L. D. Revised slope steepness factor for the Universal Soil Loss Equation. *Transactions of the ASAE*. 1987. Vol. 30, No. 5. P. 1387–1396.
11. Panagos P., Borrelli P., Meusburger K. et

- al. Global rainfall erosivity assessment based on high-temporal resolution rainfall records. *Scientific Reports*. 2017. Vol. 7. Art. 4175. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-04282-8>.
12. Дорош О. С., Застулка І. О.-Ю., Дорош А. Й. Еколого-економічний розвиток територіальних громад та його параметральне забезпечення : монографія. Київ : ФОП Гуляєва В. М., 2024. 146 с.
 13. Дорош О. С., Дорош А. Й., Салюта В. А., Мельник Д. М. Інституційні підходи до планування сталого використання та охорони сільськогосподарських земель на території окремих землекористувачів. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель*. 2022. № 4. С. 16–26. DOI: <https://doi.org/10.31548/zemleustriy2022.04.02>.
 14. Дорош Й. М., Барвінський А. В., Дорош А. Й. Концептуальні засади формування системи раціонального сільськогосподарського землекористування. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель*. 2022. № 1. С. 45–56. DOI: <https://doi.org/10.31548/zemleustriy2022.01.05>.
 15. Кустовська О., Поліщук О. До питання формування ґрунтоохоронних обмежень при використанні земель сільськогосподарського призначення. *Землеустрій, кадастр і моніторинг земель*. 2019. Т. 25, № 4. С. 92–97. DOI: <https://doi.org/10.31548/zemleustriy2019.04.10>.
 16. Інституціональне забезпечення збалансованого використання та охорони земель сільськогосподарського призначення : монографія / О. І. Дребот, М. Я. Височанська, Н. В. Комарова ; за ред. О. І. Дребот. Київ : Аграрна наука, 2021. 280 с.
 17. Dorosh Y., Dorosh O., Barvinskyi A., Dorosh A., Kolisnyk H. GIS tools in the formation of environmentally friendly use of agricultural landscapes. International Conference of Young Professionals «GeoTerrace-2022» : conference proceedings (Lviv, 3–5 Oct. 2022). European Association of Geoscientists & Engineers, 2022. P. 1–5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022590026>.
 18. Ibatullin Sh., Dorosh Y., Sakal O., Dorosh O., Dorosh A. Crop identification using remote sensing methods and artificial intelligence. International Conference of Young Professionals «GeoTerrace-2022» : conference proceedings (Lviv, 3–5 Oct. 2022). European Association of Geoscientists & Engineers, 2022. P. 1–5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022590016>.
 19. Про затвердження нормативів оптимального співвідношення культур у сівозмінах в різних природно-сільськогосподарських регіонах : постанова Кабінету Міністрів України від 11.02.2010 № 164. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/164-2010-p> (дата звернення: 07.09.2026).
 20. Про затвердження Порядку консервації земель : постанова Кабінету Міністрів України від 19.01.2022 № 35. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/35-2022-p> (дата звернення: 07.09.2026).
 21. Про затвердження Методики визначення розміру шкоди, завданої землі, ґрунтам внаслідок надзвичайних ситуацій та/або збройної агресії та бойових дій під час дії воєнного стану : наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 04.04.2022 № 167 : зареєстр. в М-ві юстиції України 09.04.2022 за № 406/37742. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0406-22> (дата звернення: 07.09.2026).
 22. Наукові дослідження з моніторингу та обстеження сільськогосподарських угідь України за результатами X туру (2011–2015 рр.) / за ред. І. П. Яцука. Київ : ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», 2018. URL: <http://www.iogu.gov.ua/wp-content/uploads/2013/07/Моніторинг-20171.pdf> (дата звернення: 09.09.2026).
 23. Площі, валові збори та урожайність сільськогосподарських культур за їх видами та по регіонах: державне статистичне спостереження / Державна служба статистики України. URL: <https://ukrstat.gov.ua>

- gov.ua/operativ/operativ2022/sg/pvzu/arch_pvXu_reg.htm (дата звернення: 09.09.2026).
24. Реалізація продукції сільськогосподарськими підприємствами: статистична інформація / Державна служба статистики України. URL: https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/publ7_u.htm (дата звернення: 09.09.2026).
 25. Методичні положення та норми продуктивності і витрат палива на збиранні сільськогосподарських культур / І. М. Демчак, В. С. Пивовар, В. М. Івченко, Л. В. Кукса та ін. Київ : НДІ «Укראгропром-продуктивність», 2019. 160 с. (Бібліотека спеціаліста АПК «Економічні нормативи»). ISBN 978-966-8785-93-1.
 26. Kort J. Benefits of windbreaks to field and forage crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 1988. Vol. 22–23. P. 165–190. DOI: [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(88\)90017-5](https://doi.org/10.1016/0167-8809(88)90017-5).
 27. Osorio R. J., Barden C. J., Ciampitti I. A. GIS approach to estimate windbreak crop yield effects in Kansas–Nebraska. *Agroforestry Systems*. 2019. Vol. 93, No. 4. P. 1567–1576. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0270-2>.
 28. Brandle J. R., Hodges L., Zhou X. H. Windbreaks in North American agricultural systems. *Agroforestry Systems*. 2004. Vol. 61. P. 65–78. DOI: <https://doi.org/10.1023/B:AGFO.0000028990.31801.62>.
 29. Guide to cost-benefit analysis of investment projects : economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014–2020 / European Commission, Directorate-General for Regional and Urban Policy. Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2015. 358 p.
 - 2003]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/962-15>
 2. Tararyko, O. H., & Lobas, M. H. (1998). *Normatyvy gruntozakhysnykh konturno-melioratyvnykh system zemlerobstva* [Standards for soil-protective contour-meliorative farming systems]. Kyiv: Ahroinkom. 158.
 3. Saiko, V. F., & Boiko, P. I. (2002). *Sivozmyny u zemlerobstvi Ukrainy* [Crop rotations in Ukrainian agriculture]. Kyiv: Ahrarna nauka. 148.
 4. Bulyhin, S. Yu., Burakov, V. I., & Kotova, M. M. (2004). *Proektuvannia gruntozakhysnykh ta melioratyvnykh zakhodiv v ahrolandshtakh* [Design of soil-protective and reclamation measures in agrolandscapes]. Kyiv: NAU. 114.
 5. Svetlitchnyi, A. A. (2009). Soil erosion induced degradation of agrolandscapes in Ukraine: Modeling, computation and prediction in conditions of the climate changes. In P. Y. Groisman & S. V. Ivanov (Eds.), *Regional aspects of climate-terrestrial-hydrologic interactions in non-boreal Eastern Europe* (pp. 187–194). Dordrecht: Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-90-481-2283-7_21
 6. Nykytiuk, Y., Kravchenko, O., Pitsil, A., Bambura, V., & Seredniak, D. (2025). Global climate change may reduce the anti-erosion regulatory capacity of vegetation cover in Ukraine's Polissya and Forest-Steppe regions. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 16(1), Article e25004. DOI: <https://doi.org/10.15421/0225004>
 7. Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning*. Washington, DC: USDA. (Agriculture Handbook No. 537).
 8. Renard, K. G., Foster, G. R., Weesies, G. A., McCool, D. K., & Yoder, D. C. (1997). *Predicting soil erosion by water: A guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. Washington, DC: USDA. (Agriculture Handbook No. 703).

References

1. Pro okhoronu zemel [On land protection]: Zakon Ukrainy vid 19.06.2003 No. 962-IV [Law of Ukraine No. 962-IV of June 19,

9. Desmet, P. J. J., & Govers, G. (1996). A GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. *Journal of Soil and Water Conservation*, 51(5), 427–433.
10. McCool, D. K., Brown, L. C., Foster, G. R., Mutchler, C. K., & Meyer, L. D. (1987). Revised slope steepness factor for the Universal Soil Loss Equation. *Transactions of the ASAE*, 30(5), 1387–1396.
11. Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, K., et al. (2017). Global rainfall erosivity assessment based on high-temporal resolution rainfall records. *Scientific Reports*, 7, Article 4175. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-017-04282-8>
12. Dorosh, O. S., Zastulka, I. O.-Yu., & Dorosh, A. Y. (2024). Ekolohe-ekonomichniy rozvytok terytorialnykh hromad ta yoho parametralne zabezpechennia [Ecological and economic development of territorial communities and its parametric support]. Kyiv: FOP Hulaiieva V. M.
13. Dorosh, O. S., Dorosh, A. Y., Saliuta, V. A., & Melnyk, D. M. (2022). Instytutsiini pidkhody do planuvannia staloho vykorystannia ta okhorony silskohospodarskykh zemel na terytorii okremykh zemlekorystuvan [Institutional approaches to planning sustainable use and protection of agricultural land within individual land uses]. *Zemleustrii, kadastr i monitorynh zemel*, (4), 16–26. DOI: <https://doi.org/10.31548/zemleustriy2022.04.02>
14. Dorosh, Y. M., Barvinskyi, A. V., & Dorosh, A. Y. (2022). Kontseptualni zasady formuvannia systemy ratsionalnoho silskohospodarskoho zemlekorystuvannia [Conceptual principles of forming a system of rational agricultural land use]. *Zemleustrii, kadastr i monitorynh zemel*, (1), 45–56. DOI: <https://doi.org/10.31548/zemleustriy2022.01.05>
15. Kustovska, O., & Polishchuk, O. (2019). Do pytannia formuvannia gruntookhoronnykh obmezhen pry vykorystanni zemel silskohospodarskoho pryznachennia [On the formation of soil-protective restrictions in the use of agricultural land]. *Zemleustrii, kadastr i monitorynh zemel*, 25(4), 92–97. DOI: <https://doi.org/10.31548/zemleustriy2019.04.10>
16. Drebot, O. I., Vysochanska, M. Ya., & Komarova, N. V. (Eds.). (2021). Instytutsionalne zabezpechennia zbalansovanoho vykorystannia ta okhorony zemel silskohospodarskoho pryznachennia [Institutional support for balanced use and protection of agricultural land]. Kyiv: Ahrarna nauka. 280.
17. Dorosh, Y., Dorosh, O., Barvinskyi, A., Dorosh, A., & Kolisnyk, H. (2022). GIS tools in the formation of environmentally friendly use of agricultural landscapes. In International Conference of Young Professionals “GeoTerrace-2022”: Conference proceedings (pp. 1–5). European Association of Geoscientists & Engineers. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022590026>
18. Ibatullin, Sh., Dorosh, Y., Sakal, O., Dorosh, O., & Dorosh, A. (2022). Crop identification using remote sensing methods and artificial intelligence. In International Conference of Young Professionals “GeoTerrace-2022”: Conference proceedings (pp. 1–5). European Association of Geoscientists & Engineers. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022590016>
19. Pro zatverdzhennia normatyviv optymalnoho spivvidnoshennia kultur u sivozminakh v riznykh pryrodno-silskohospodarskykh rehionakh [On approval of standards for the optimal ratio of crops in crop rotations in different natural-agricultural regions]: Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 11.02.2010 No. 164 [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 164 of February 11, 2010]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/164-2010-n>
20. Pro zatverdzhennia Poriadku konservatsii zemel [On approval of the Procedure for

- land conservation]: Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 19.01.2022 No. 35 [Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 35 of January 19, 2022]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/35-2022-n>
21. Pro zatverdzhennia Metodyky vyznachen-nia rozmiru shkody, zavdanoi zemli, grun-tam vnaslidok nadzvychainykh sytuatsii ta/abo zbroinoi ahresii ta boiovykh dii pid chas dii voiennoho stanu [On approval of the Methodology for determining the amount of damage caused to land and soils as a result of emergencies and/or armed aggression and hostilities during martial law]: Nakaz Ministerstva zakhystu dovkillia ta pryrodnykh resursiv Ukrainy vid 04.04.2022 No. 167 [Order of the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine No. 167 of April 4, 2022]. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0406-22>
22. Yatsuk, I. P. (Ed.). (2018). Naukovi doslid-zhennia z monitoryngu ta obstezhennia silskohospodarskykh uhid Ukrainy za re-zultatamy Kh tury (2011–2015 rr.) [Scien-tific research on monitoring and surveying agricultural lands of Ukraine based on the results of the 10th round (2011–2015)]. Kyiv: DU “Instytut okhorony gruntiv Ukrainy.” Available at: <http://www.iogu.gov.ua/wp-content/uploads/2013/07/Мониторинг-20171.pdf>
23. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. (n.d.). Ploshchi, valovi zbyry ta urozhainist silskohospodarskykh kultur za yikh vydamy ta po rehionakh: Derzhavne statystychne sposterezhennia [Areas, gross harvests and yields of agricultural crops by type and region: State statistical observation]. Avail-able at: https://ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2022/sg/pvzu/arch_pvzu_reg.htm
24. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. (n.d.). Realizatsiia produktsii silskohospo-darskymy pidpriemstvamy: Statystychna informatsiia [Sales of agricultural products by agricultural enterprises: Statistical in-formation]. Available at: https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/publ7_u.htm
25. Demchak, I. M., Pyvovar, V. S., Ivchenko, V. M., Kuksa, L. V., et al. (2019). Metodychni polozhennia ta normy produktyvnosti i vy-trat palyva na zbyranni silskohospodarsky-kh kultur [Methodological provisions and standards of productivity and fuel consumption for harvesting agricultural crops]. Kyiv: NDI “Ukrahropromproduk-tyvnist”. 160.
26. Kort, J. (1988). Benefits of windbreaks to field and forage crops. *Agriculture, Eco-systems & Environment*, 22–23, 165–190. DOI: [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(88\)90017-5](https://doi.org/10.1016/0167-8809(88)90017-5)
27. Osorio, R. J., Barden, C. J., & Ciampitti, I. A. (2019). GIS approach to estimate windbreak crop yield effects in Kansas–Nebraska. *Agro-forestry Systems*, 93(4), 1567–1576. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0270-2>
28. Brandle, J. R., Hodges, L., & Zhou, X. H. (2004). Windbreaks in North American ag-ricultural systems. *Agroforestry Systems*, 61, 65–78. DOI: <https://doi.org/10.1023/B:AGFO.0000028990.31801.62>
29. European Commission, Directorate-Gen-eral for Regional and Urban Policy. (2015). Guide to cost-benefit analysis of invest-ment projects: Economic appraisal tool for Cohesion Policy 2014–2020. Luxembourg: Publications Office of the European Union. 358.

Dorosh A., Svyrydov O.

ECONOMIC EFFICIENCY OF INTRODUCTION OF ECOLOGICAL AND TECHNOLOGICAL RESTRICTIONS ON THE USE OF ARABLE LAND IN A TERRITORIAL COMMUNITY

LAND MANAGEMENT, CADASTRE AND LAND MONITORING 3'26: 140-158.

<http://dx.doi.org/10.31548/zemleustriy2026.03.10>

Abstract. A methodological approach to the quantitative assessment of the economic effect of introducing ecological and technological restrictions on the use of arable land in a territorial community is substantiated. The object of the study is the arable land of the Vinnytsia urban territorial community covering 8,111.8 ha, divided into three ecological and technological groups. The methodology combines pixel-level modelling of soil loss using the Universal Soil Loss Equation, with the topographic factor derived directly from the digital elevation model, the valuation of averted losses through the replacement cost of humus and plant nutrients, and the calculation of net present value across three land-use scenarios. The actual crop structure of 2022 does not comply with the norms of optimal crop ratios in rotations: the share of sunflower reaches 43.3-48.0 % against a norm of 5-9 %, while the share of row crops does not decline as erosion hazard increases, peaking at 65.2 % within the second group, where their placement is restricted by law. Modelled soil loss increases from 0.84 to 7.50 t/ha/yr across the groups, and the restrictions level it at 0.51-0.61 t/ha/yr. The net present value over a 20-year horizon ranges from -24.13 to -7.29 million UAH, with a benefit-cost ratio of 0.75-0.95, indicating that averted erosion losses alone cannot recoup the restrictions under flat terrain conditions. The novelty lies in combining digital terrain modelling with cost-benefit analysis and in a three-scenario design separating non-compliance with existing legislation from the intrinsic effect of the ecological and technological division of land.

Keywords: land management, land use, economic efficiency, ecological and technological groups, soil erosion, Universal Soil Loss Equation, cost-benefit analysis, field-protective forest belts, territorial community.