

## УПРАВЛІНСЬКІ АСПЕКТИ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИХ НАСЛІДКІВ ВОДНО-ЕРОЗІЙНОЇ ДЕСТРУКЦІЇ ҐРУНТІВ В ЗОНІ СТЕПУ УКРАЇНИ

*В.І. Пічура*

*доктор сільськогосподарських наук, доцент  
професор кафедри екології та сталого розвитку  
імені професора Ю.В. Пилипенка  
ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»  
(Україна, 73006, м. Херсон, вул. Стрітенська, 23;  
e-mail: pichuravitalii@gmail.com)*

*П.М. Скрипчук*

*доктор економічних наук  
професор, професор кафедри менеджменту  
Національний університет водного господарства  
та природокористування  
(Україна, 33028, м. Рівне, вул. Соборна, 11;  
e-mail: petroskrypchuk@gmail.com)*

*Н.В. Дудяк*

*кандидат економічних наук  
доцент, завідувач кафедри землеустрою,  
геодезії та кадастру  
ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»  
(Україна, 73006, м. Херсон, вул. Стрітенська, 23;  
e-mail: dudyaknata@ukr.net).*

Із використанням ГІС-технологій створено просторові растрові моделі розподілу значень факторів впливу на потенційну небезпеку ерозії ґрунтів, здійснено оцінювання ерозійної небезпеки із застосуванням модифікованої моделі RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation), розраховано потенціал щорічних ґрунтових втрат з ріллі та представлено просторову градацію ерозійного порушення адміністративно-територіальних одиниць в зоні Степу України. Виділено близько 32,7% орних земель, які мають підвищену ерозійну небезпеку. Близько 48 адміністративно-територіальних одиниць мають питому площу менше 5% ерозійно порушених земель і характеризуються стійким типом агроландшафтів до водно-ерозійних процесів. Більшу кількість адміністративно-територіальних одиниць із високим ерозійно-аккумулятивним потенціалом, частка площі становить 15% і більше, розміщено в західній і південно-західній частинах зони Степу України, питома площа ерозійно небезпечних земель в окремих адміністративно-територіальних одиницях сягає 32%. За останні роки проектування та виконання робіт з охорони земель значно скоротилися. Консервації земель відбуваються переважно природним шляхом. Слід відмітити, що стаття 27 Закону України «Про охорону земель» передбачає економічне стимулювання заходів щодо охорони та використання земель і підвищення родючості ґрунтів, але порядок цього проведення відсутній. Тому одержані результати дають можливість визначити управлінські аспекти еколого-економічних наслідків водно-ерозійної деструкції ґрунтів та необхідність просторово дискретно-розподільчого впровадження адаптивно-ландшафтного протиерозійного проектування з елементами ґрунтозахисного землеробства.

**Ключові слова:** водна ерозія, RUSLE, ерозійний потенціал опадів, еродованість ґрунту, фактор рельєфу, ерозійний індекс культур, зона Степу, ГІС-технології, геомодельовання.

Водна ерозія ґрунтів належить до найбільш небезпечних деградаційних процесів, що завдають значних економічних збитків і погіршують екологічний стан територіальних ландшафтних структур. Станом на 1 січня 2017 р.

площа сільськогосподарських земель України становить 42,7 млн га (70,8% земельно-го фонду держави), зокрема площа ріллі — 32,5 млн га (78,4% сільськогосподарських угідь). Площа сільськогосподарських угідь, які зазна-

ють систематичної водно-ерозійної деструкції ґрунтів, становить 13,3 млн га (31,1% площі сільськогосподарських угідь), зокрема ріллі — 10,6 млн га (32,6% площі ріллі). Землі із сильно- та середньозмитими ґрунтами сягають 4,5 млн га (13,8% площі ріллі), повністю втратили гумусовий горизонт — 68 тис. га [1]. На території держави щороку від ерозії втрачається від 300 до 600 млн т ґрунту. Водно-ерозійні процеси призводять до погіршення фізичних властивостей ґрунту, скорочення і повного знищення гумусового горизонту, в результаті чого відбувається значне зменшення запасів гумусу, макро- і мікроелементів, погіршення родючості ґрунтів, зниження врожаю сільськогосподарських культур до 60% і збільшення витрат на здійснення агротехнологічних заходів [2]. Із продуктами ерозії в середньому по Україні виноситься гумусу від 310 до 460 кг/га ріллі, азоту — 9–28 кг/га, фосфору — 21–28, калію — 180–370 кг/га. Втрати продукції землеробства від ерозії перевищують 2,7–3,7 ц/га зернових одиниць, зі змиванням кожного сантиметра гумусового горизонту потенційна врожайність зерна знижується на 0,5–2,0 ц/га, еколого-економічні збитки внаслідок ерозії сягають понад 300 дол./га ріллі щороку.

Продукти ерозійного руйнування ґрунтів перерозподіляються в напрямі поверхневого стоку, що призводить до природно-антропогенного збільшення акумулятивних процесів агрохімікатів, біогенів, важких металів у поверхневих водах. Це призводить до значного погіршення якості води та провокує евтрофікаційні процеси водних об'єктів, замулювання ставків, водосховищ, долин малих річок, що є причиною зарегулювання стоку та повного зникнення малих річок [3–5]. Оптимізація ерозійної підсистеми природно-господарських територіальних систем сільськогосподарського призначення у зоні Степу України являє собою необхідність створення умов функціонування екологічно збалансованих високопродуктивних агроландшафтів. Основою оптимізації ерозійної підсистеми агроландшафтів є використання геостатистичних і математичних моделей з елементами дистанційного зондування Землі для просторово-часового аналізу взаємодії природних і господарських чинників. Ці моделі є основою оцінки водно-ерозійної небезпеки території, інтенсивності втрат ґрунту, визначення та обґрунтування ефективних заходів щодо оптимізації земельного фонду на основі адаптивно-ландшафтних принципів [6, 7].

**Метою роботи** є визначення управлінських аспектів еколого-економічних наслідків

водно-ерозійної деструкції ґрунтів у зоні Степу України.

Для моделювання водно-ерозійних втрат ґрунтів використано модифіковану емпірично-статистичну модель RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) [8–11]:

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P,$$

де  $A$  — середня багаторічна величина змиву від стоку дощових вод, т/га на рік;  $R$  — середньо-багаторічний ерозійний потенціал опадів (ЕПО), умовні одиниці;  $K$  — змивання (еродованість) ґрунту, т/га на одиницю ЕПО;  $LS$  — фактор рельєфу;  $C$  — ерозійний індекс культури або сівозміни у цілому;  $P$  — коефіцієнт ґрунтозахисної ефективності протиерозійних заходів.

Модель RUSLE використано в середовищі ГІС-ліцензійного програмного продукту ArcGIS 10.1, для цього було створено растрові моделі (розмір чарунки 90×60 м) кожного інтегрованого фактора моделі водної ерозії ґрунтів на території всього транскордонного басейну р. Дніпро. Просторову модель середньорічного потенціалу дощових опадів  $R$  було отримано на основі екстраполяції декомпозицій даних картограм ерозійного індексу опадів [10]. При визначенні фактора еродованості ґрунтового покриття, або фактора, піддатливості ґрунтів ерозійним процесам  $K$ , здійснено векторизацію ґрунтових карт зони Степу України. Для кожного ґрунтового різновиду із урахуванням їх гранулометричного складу відповідно до класифікації коефіцієнтів еродованості ґрунтів (т/га на рік) було розраховано параметр  $K$  і отримано просторову растрову модель.

Фактори  $L$  і  $S$  у моделі RUSLE відображають вплив рельєфу на ерозію. Доведено [12], що збільшення довжини і крутизни схилу створюють більш високу швидкість водних потоків і відповідно збільшують прояви ерозійних процесів ґрунтів. Специфічні ефекти топографії на ерозію ґрунту оцінюються безрозмірним фактором  $LS$  як добуток компонентів довжини схилу  $L$  і крутизни схилу  $S$ . Оцінку ерозійного потенціалу рельєфу  $LS$  здійснено за допомогою просторового аналізу гідрологічно-коректної цифрової моделі рельєфу (ЦМР) розміром чарунки 30×30 м. В ArcGIS 10.1 визначено морфометричні характеристики рельєфу і побудовано растрові картограми довжин  $L$  і ухилів  $S$  поверхні із використанням робочого модуля Hydrology tools of Spatial Analyst Tools і Surface of Spatial Analyst Tools, після чого з використанням модуля Raster Calculator, розрахували значення  $LS$  для кожного пікселя за формулою [9]:

$$LS = L^{0,5} \cdot (0,0011 \cdot S^2 + 0,0078 \cdot S + 0,0111).$$

Ерозійний індекс культури або коефіцієнт рослинного покриву  $C$  являє собою ефект вирощування сільськогосподарських культур і методів управління сільським господарством, а також вплив покритою природною рослинністю (дерева, трави) території землі на зменшення втрат ґрунту в несільськогосподарській ситуації. При збільшенні рослинності втрати ґрунту зменшуються. Коефіцієнт рослинного покриву  $C$  разом з фактором  $LS$  є найбільш чутливим до втрати ґрунту [13, 14]. Для визначення фактора  $C$  було використано дані дистанційного зондування землі (ДЗЗ) коректно каліброваного супутникового знімку MODIS із геометричним розрізненням (просторовим дозволом)  $\sim 230 \times 230$  м станом на 26 червня 2015 р. Генерацію значень  $C$  фактора проводили на основі безрозмірного показника  $NDVI$  (нормалізованого диференціального вегетаційного індексу), для цього використано формула [15]:

$$C = \exp(-\alpha((NDVI)/(\beta - NDVI))),$$

де,  $\alpha$  і  $\beta$  — безрозмірні параметри, які визначають форму кривої, що належить до  $NDVI$  і  $C$ -фактора. Параметри  $\alpha$  і  $\beta$  мають значення 2 і 1 відповідно.

Коефіцієнт ґрунтозахисних заходів  $P$  приймали за 1, припускаючи, що додаткові заходи не проводилися.

Геомодельовання водно-ерозійних процесів у зоні Степу України здійснювали на основі 4 факторів:  $R$ ,  $K$ ,  $LS$  і  $C$ .

Фактор  $R$  — середньобагаторічний ерозійний потенціал опадів. Оцінку кліматичної зумовленості потенційних втрат ґрунту визначають за допомогою фактора енергії та інтенсивності опадів, які відображаються в ерозійній небезпеці за допомогою відносних індексів або ерозійного індексу опадів (ЕІО). Вони визначаються способом статистичної обробки пльовіограм усіх стокоутворювальних дощів із шаром опадів  $\geq 10$  мм (ерозійно небезпечні дощі) та їхні основні параметри — сумарна кінетична енергія дощу і його максимальна інтенсивність за 30-хвилинний безперервний проміжок часу. Ерозійний потенціал опадів (рис. 1, а) на території регіонів Степу України рівномірно збільшується з півдня на північний захід і змінюється від 5,4 до 8,8.

Фактор  $K$  — змивання (еродованість) ґрунту. Індекс типу і стану ґрунту, тобто фактор піддатливості ґрунтів ерозійним процесам, визначають як співвідношення середньорічного змивання ґрунту з  $1 \text{ м}^2$  стічного майданчика до величини  $R$  залежно від крутості схилу та вмісту у відсотках величини фракцій ґрунту, органічних речовин його структури і водопроникності. Потенційні щорічні втрати родючого

верхнього шару ґрунту залежно від ерозійного потенціалу опадів на території Степу України зменшується з північного сходу на південь від 3,6 до 1,2 т/га (рис. 1, б), максимальну піддатливість ерозійним процесам мають землі сільськогосподарського призначення, розташовані у південних прибережжях Чорного і Азовських морів.

Фактор  $C$  — ерозійний індекс культури або сівозміни в цілому. Цей індекс більшою мірою спрямовано на визначення впливу культури землеробства (сівозміни або рослинний покрив) на ерозійні процеси сільськогосподарських земель. Визначення цього фактора є достатньо складним завданням через велике різноманіття культур та природної рослинності, але вчені [15] довели високу ефективність використання даних дистанційного зондування Землі на основі показника  $NDVI$  для визначення фактора  $C$ . У результаті дешифрування коректно каліброваного супутникового знімку MODIS отримано растрову модель просторового розподілу ерозійного індексу культури на території степового регіону досліджень (рис. 1, в). Значення  $C$  варіюють від 0 до 1,4 т/га у напрямі із півночі на південь зони Степу України.

Фактор  $LS$  — фактор рельєфу. Рельєфна функція  $LS$  відображає сукупний вплив довжини і крутизни схилів на ерозійну небезпеку рельєфу. Для отриманого растра значень  $LS$  було обчислено середні значення рельєфної функції  $LS$  (ГОСТ 17.4.4.03-86), які варіюють для сільськогосподарських земель степового регіону досліджень від 0,2 до 15,0 т/га і більше (рис. 1, г). Середні значення  $LS$  за окремими адміністративно-територіальними одиницями становлять від 0,2 до 1,8 т/га. Найбільшу ерозійну небезпеку рельєфу мають сільськогосподарські землі північно-західної частини зони Степу України, більшість території яких розміщені в Одеській області.

Відповідно до класифікації А.А. Світличного [16, 17], умовно ерозійно безпечними землями вважаються території з величиною змиву ґрунту не більше 2 т/га на рік. При змиві понад 2 т/га на рік землі є ерозійно небезпечними і потребують проведення протиерозійних заходів відповідно до категорії ерозійної небезпеки. В результаті ГІС-моделювання із використанням модифікованої моделі RUSLE було виконано оцінку ерозійної небезпеки, розраховано потенціал щорічних ґрунтових втрат з ріллі (рис. 2) та здійснено просторову градацію ерозійного порушення сільськогосподарських земель адміністративно-територіальних одиниць степового регіону дослідження. Розподіл сільськогосподарських земель загальною площею



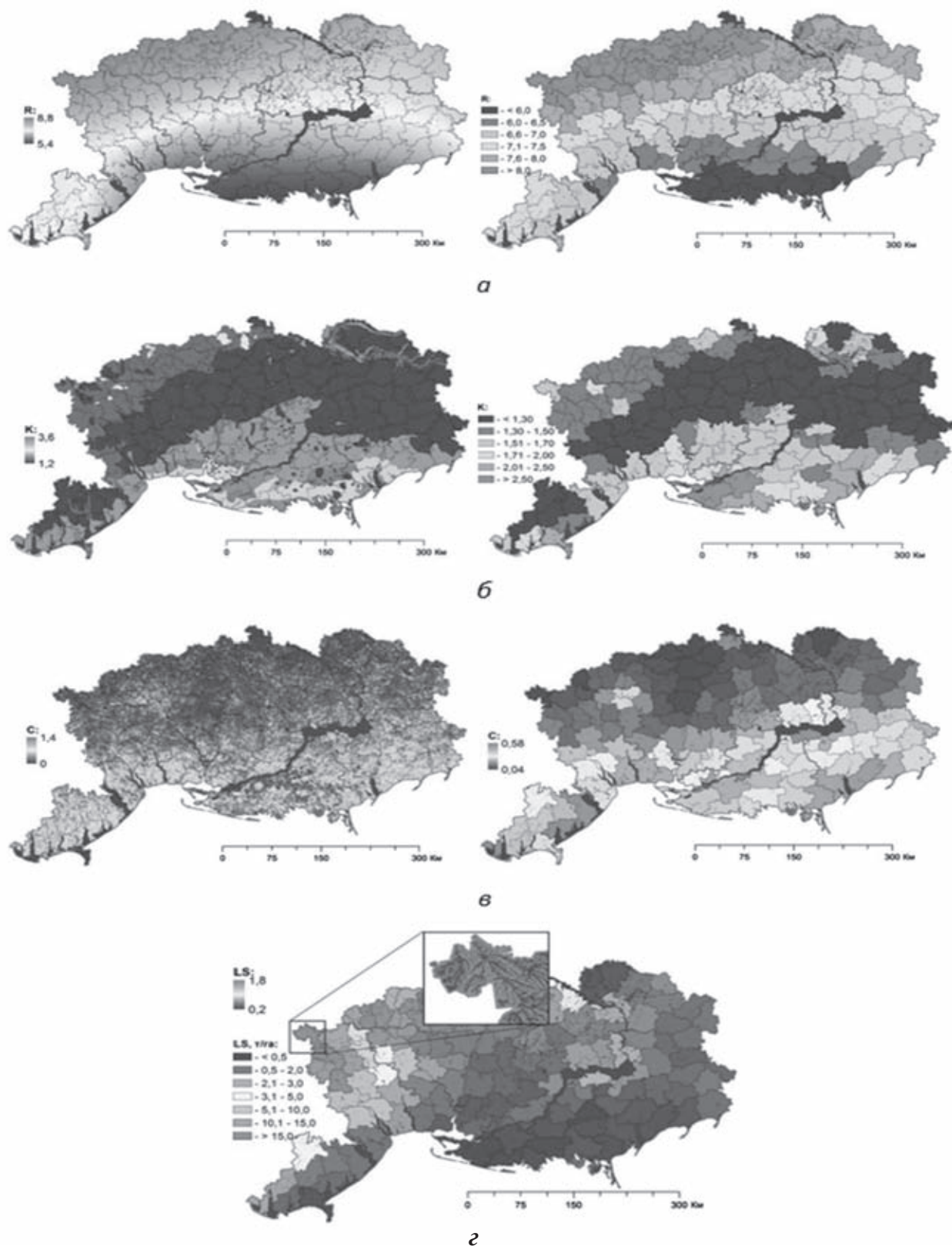
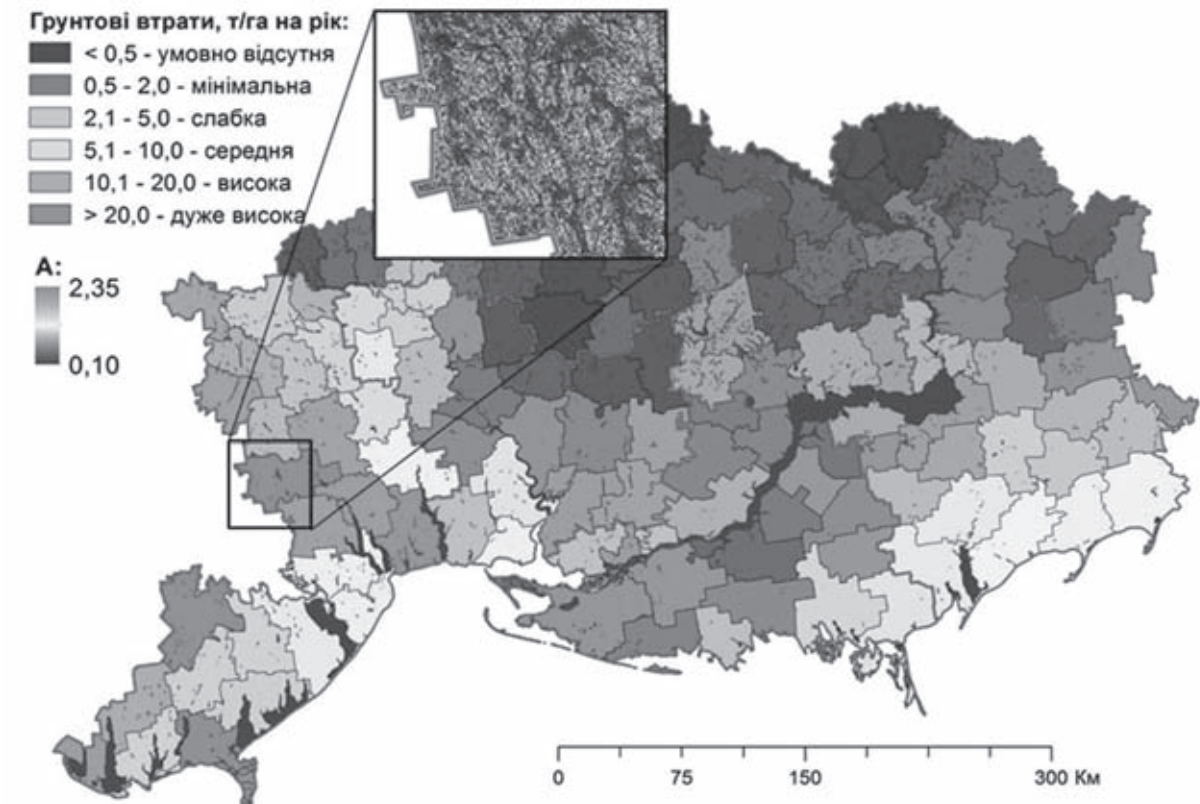
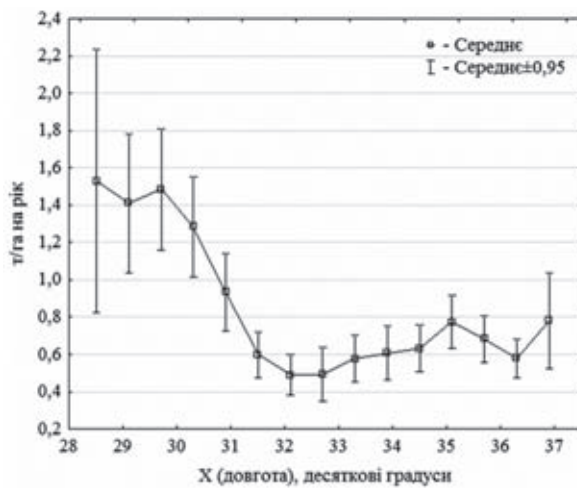


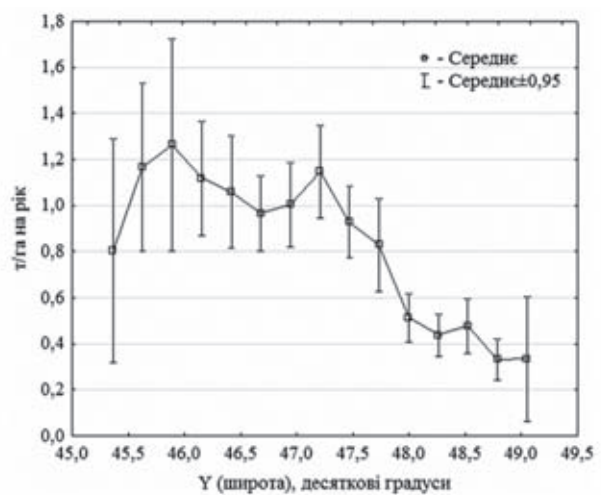
Рис. 1. Розподіл значень факторів небезпеки водно-ерозійних процесів ґрунтів на території регіонів Степу України: а — ерозійний індекс опадів  $R$ ; б — піддатливість (еродованість) ґрунтів ерозії,  $K$ , т/га в — ерозійний індекс культури або сівозміни у цілому  $C$ ; г — фактор рельєфу  $LS$



а



б



в

**Рис. 2.** Просторовий розподіл сумарних втрат ґрунту (т/га на рік) від вітрової ерозії у зоні Степу України: а — картограма просторового розподілу; б — неоднорідність розподілу із заходу на схід; в — неоднорідність розподілу з півдня на північ; г — модель просторового розподілу

13162 тис. га за градацією ерозійної небезпеки показано на рис. 3.

Умовно ерозійно безпечні землі приурочені до рівнинних та буферних границь вододільних частин схилів і становлять 67,3% загальної

площі ріллі. За результатами просторового моделювання виділено близько 4304,5 тис. га ерозійно небезпечних земель (32,7% загальної площі ріллі). Близько 48 адміністративно-територіальних одиниць, які більшою мірою

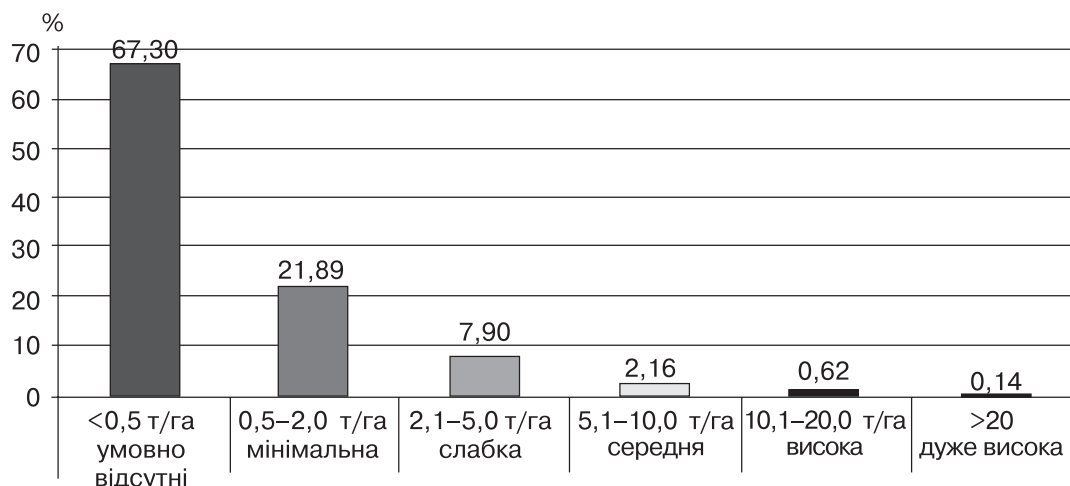


Рис. 3. Розподіл площ орних земель за потенційною небезпечкою ерозії ґрунтів під дією опадів

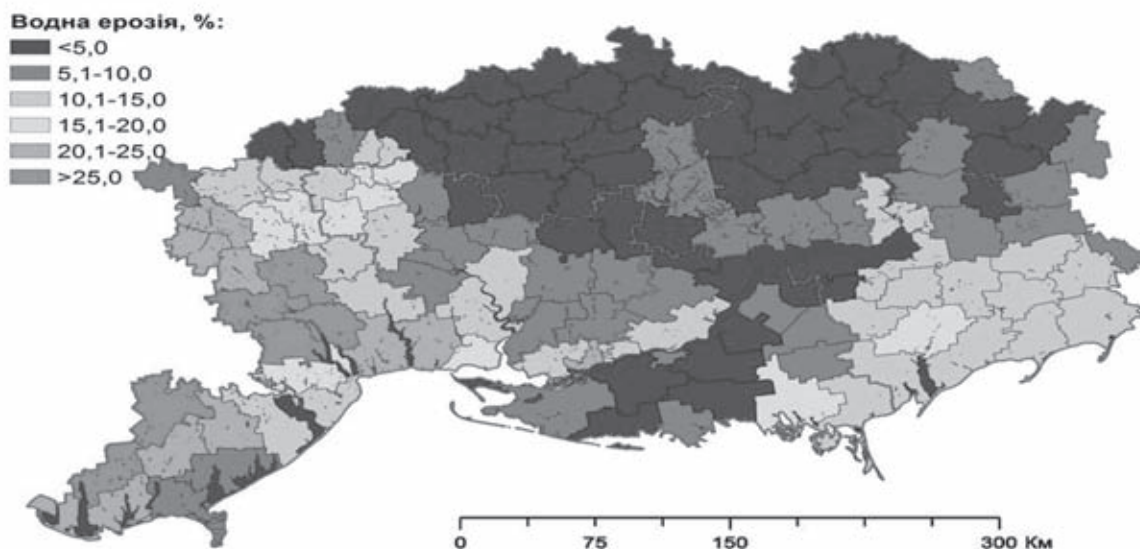


Рис. 4. Частка території окремих районів Півдня України із водно-ерозійною небезпечкою ґрунтів (більше 2,0 т/га на рік) у співвідношенні до площі орних земель

розташовані у північній частині степового регіону досліджень, мають частку площі менше 5% ерозійно порушених земель із ґрунтовими втратами понад 2,0 т/га на рік (рис. 4) і характеризуються стійким типом агроландшафтів до водно-ерозійних процесів.

Найбільша кількість адміністративно-територіальних одиниць із високим ерозійно-аккумулятивним потенціалом, частка площі сягає 15% і більше, розміщена у західній і південно-західній частинах зони Степу України, частка площі ерозійно небезпечних земель в окремих адміністративно-територіальних одиницях сягає 32%. На цих територіях доцільно першочер-

гове впровадження адаптивно-ландшафтного протиерозійного проектування з елементами ґрунтозахисного землеробства.

Для формування екологічно стійких агроландшафтів і зменшення ерозійно-кумулятивних процесів на території зони Степу України першочергово необхідно передбачати таку систему заходів: *меліоративні організаційно-господарські* — створення системи ґрунтозахисних сівозмін, мозаїчної структури угідь, консервація деградованих угідь тощо; *гідромеліоративні* — збалансоване зрошення, протиерозійні ставки, водоохоронні зони тощо; *агromеліоративні* — обмеження застосування



важких ґрунтообробних машин, створення буферних смуг з багаторічних трав, ґрунтозахисні технології, скорочення обсягів застосування пестицидів, обробка попере́к схилів тощо; *лісомеліоративні* — полезахисні, стокорегульовальні і прияркові лісові смуги; *суцільне залісення* схилів тощо.

За останні роки проектування та виконання робіт з охорони земель значно скоротилися. Консервації земель відбуваються переважно природним способом. Варто зауважити, що стаття 27 Закону України «Про охорону земель» передбачає економічне стимулювання заходів щодо охорони та використання земель і підвищення родючості ґрунтів, але порядок цього проведення відсутній. Досвід передових країн світу доводить необхідність та ефективність економічного стимулювання раціонального використання й охорони земель як дієвого механізму, складниками якого є процеси ціноутворення, кредитування, пільгового оподаткування, виділення бюджетних і позабюджетних коштів, компенсації зниження доходів тощо, яким буде забезпечене раціональне використання земельних ресурсів, створено сприятливі умови для ведення товарного сільськогосподарського виробництва, збереження та відтворення родючості ґрунтів, захисту земель від негативних наслідків антропогенної діяльності людини.

Система економічного стимулювання має включати в себе надання податкових і кредитних пільг громадянам та юридичним особам, які здійснюють за власні кошти заходи, передбачені загальнодержавними і регіональними програмами використання й охорони земель. З метою відновлення попереднього стану земель, порушених не з вини громадян та юридичних осіб, виділення коштів здійснюється за рахунок державного або місцевого бюджету. Відплати за земельні ділянки, що перебувають у стадії сільськогосподарського освоєння або поліпшення їх стану згідно з державними та регіональними програмами звільняються особи, які їх здійснюють. Компенсацію з бюджетних коштів Отримують через земель та землеко-

ристувачі внаслідок тимчасову консервацію деградованих і малопродуктивних земель, що стали такими не з їх вини.

**Висновки.** Із застосуванням ГІС- і ДЗЗ-технологій та модифікованої емпірично-статистичної моделі RUSLE здійснено просторову градацію потенціалу ерозійного порушення ґрунтів на території зони Степу України. Виділено близько 4304,5 тис. га орних земель, які мають підвищену (понад 2 т/га на рік) ерозійну небезпеку (32,7% загальної площі ріллі). Умовно ерозійно безпечні землі приурочено до рівнинних та буферних границь вододільних частин схилів і становлять 67,3% загальної площі ріллі, але й вони піддаються процесам водної ерозії. Близько 48 адміністративно-територіальних одиниць, які більшою мірою розташовані в північній частині степового регіону досліджень, мають частку площі менше 5% ерозійно порушених земель і вирізняються стійким типом агроландшафтів до водно-ерозійних процесів. Більша кількість адміністративно-територіальних одиниць із високим ерозійно-аккумулятивним потенціалом, частка площі становить 15% і більше, розміщені в західній і південно-західній частинах зони Степу України, частка площі ерозійно небезпечних земель в окремих адміністративно-територіальних одиницях сягає до 32%. Отримані результати дають можливість визначити необхідність просторово дискретно-розподільного впровадження адаптивно-ландшафтного протиерозійного проектування з елементами ґрунтозахисного землеробства. З метою формування екологічно стійких агроландшафтів і зменшення ерозійно-кумулятивних процесів на території зони Степу України потрібно посилити контроль над процесом проектування та виконання робіт з охорони земель, а також впровадити систему економічного стимулювання, що має включати в себе надання податкових і кредитних пільг громадянам та юридичним особам, які здійснюють за власні кошти заходи, передбачені загальнодержавними і регіональними програмами використання та охорони земель.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Розширений п'ятирічний звіт про опустелювання та деградацію земель. Київ. 2012. 45 с.
2. Pichura V., Pilipenko Y., Domaratsky E., Gadzalo A. (2017), Environmental assessment of the state of trans-boundary watersheds of the Dnieper // Agroecological journal. № 2. p. 102–116
3. Lisetskii F.N., Pavlyuk Ya.V., Kirilenko Zh.A., Pichura V.I. (2014), Basin organization of nature management for solving hydroecological problems // Russian Meteorology and Hydrology. V. 39. N 8. P. 550–557.
4. Pichura V.I., Malchykova D.S., Ukrainskij P.A., Shakhman I.A., Bystriantseva A.N. (2018), Anthropogenic Transformation of Hydrological Regime of The Dnieper River, Indian Journal of Ecology. Vol. 45 (3). P. 445–453
5. Pichura V.I., Domaratsky Y.A., Yaremko Yu.I., Volochnyuk Y.G., Rybak V.V. (2017). Strategic Ecological Assessment of the State of the Transboundary Catchment Basin of the Dnieper River Under Extensive Agricultural Load. Indian Journal of Ecology. Vol. 44 (3). P. 442–450.

6. Лисецкий Ф.Н., Землякова А.В., Нарожняя А.Г., Терехин Э.А., Пичура В.И., Буряк Ж.А., Самофалова О.М., Григорьева О.И. Геопланирование сельских территорий: опыт реализации концепции бассейнового природопользования на региональном уровне // Вестник ОНУ. Серия: Географические и геологические науки. 2014. Том 19. № 3 (22). С. 125–137.
7. Лисецкий Ф.Н., Дегтярь А.В., Буряк Ж.А. и др. Реки и водные объекты Белогорья: [моногр.]; под ред. В.Н. Лисецкого; ВОО «Рус. геогр. о-вр», НИУ «БелГУ». Белгород: Константа, 2015, С. 227–239.
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) / Agriculture Handbook. No. 703, USDA-ARS.
9. ГОСТ 17.4.4.03-86. Метод определения потенциальной опасности эрозии под воздействием дождей. Москва. 12 с.
10. Грушецкий А.В., Кривов В.Н., Паночко Н.М., Телеш П.В., Чепков Б.М., Москаленко В.М. (1990). Альбом типичных решений размещения линейных рубежей при разработке проектов внутрихозяйственного землеустройства с контурно-мелиоративной организацией территории / Научный руководитель — д.э.н. Л.Я. Новаковский. УкрНИИземпроект, 97 с.
11. Pichura V.I. (2016). Spatial prediction of soil erosion risk in the Dnieper river basin using revised universal soil loss equation and GIS-technology. Вісник Житомирського національного агроекологічного університету, №2(56). Том 1. С. 3–11.
12. Kouli M., Soupios P., Vallianatos F. (2009), Soil erosion prediction using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) in a GIS framework, Chania, Northwestern Crete, Greece // Environ geol. Vol. 57 (3). P. 483–497.
13. Benkobi L., Trlica M.J., Smith J.L. (1994). Evaluation of a refined surface cover subfactor for use in RUSLE. Range Manage. Vol. 47. P. 74–78.
14. Biesemans J., Meirvenne M.V., Gabriels D. (2000), Extending the RUSLE with the Monte Carlo error propagation technique to predict long-term average off-site sediment accumulation. Soil Water Conserv, Vol. 55, P. 35–42.
15. Van Leeuwen WJD, Sammons G. (2004). Vegetation dynamics and soil erosion modeling using remotely sensed data (MODIS) and GIS. Tenth Biennial USDA Forest Service Remote Sensing Applications Conference, 5–9 April 2004, Salt Lake City, UT. US Department of Agriculture Forest Service Remote Sensing Applications Center, Salt Lake City.
16. Світличний О.О. Кількісна оцінка характеристик силового ерозійного процесу і питання оптимізації використання ерозійно-небезпечних земель: автореф. дис. док. геогр. наук. Одеса: Одеськ. держ. ун-т. 1995. 47 с.
17. Буряк Ж.А. Бассейновая организация природопользования в Белгородском экорегионе: дис. ... канд. геогр. наук. Москва. 2015. 193 с.

#### Інформація про автора

**Пичура Віталій Іванович** — доктор сільськогосподарських наук, доцент, професор кафедри екології та сталого розвитку імені професора Ю.В. Пилипенка, ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет» (Україна, 73006, м. Херсон, вул. Стрітенська, 23; e-mail: pichuravitalii@gmail.com).

**Скрипчук Петро Михайлович** — доктор економічних наук, професор, професор кафедри менеджменту, Національний університет водного господарства та природокористування (Україна, 33028, м. Рівне, вул. Соборна, 11; e-mail: petroskrypchuk@gmail.com).

**Дудяк Наталя Василівна** — кандидат економічних наук, доцент, завідувач кафедри землестрою, геодезії та кадастру, ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет» (Україна, 73006, м. Херсон, вул. Стрітенська, 23; e-mail: dudyaknata@ukr.net).

V.I. Pichura

Doctor of Agricultural Sciences,  
Professor of the Department of Ecology and Sustainable Development  
of the Name of Professor Yu.V. Pilipenko,  
Kherson State Agrarian University  
(Ukraine, 73006, Kherson, e-mail: pichuravitalii@gmail.com)

P.M. Skripchuk

Doctor of Economic Sciences, Professor,  
Professor of the Department of Management,  
National University of Water and Environmental Engineering  
(Ukraine, 33028, Rivne, e-mail: petroskrypchuk@gmail.com)



N.V. Dudiak

Candidate of Economic Sciences,  
Head of Department of Land Management, Geodesy and Cadastre,  
Kherson State Agrarian University  
(Ukraine, 73006, Kherson, e-mail: dudyaknata@ukr.net)

### MANAGEMENT ASPECTS OF ECOLOGICAL AND ECONOMIC CONSEQUENCES WATER-EROSION SOIL DESTRUCTIONS IN THE STEPPE OF UKRAINE

Using GIS technologies, spatial raster models for the distribution of the values of the factors influencing the potential danger of soil erosion were created, the erosion hazard was estimated using the modified RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) model, the potential of annual soil losses from arable land was calculated, and the spatial gradation of erosion disturbance was presented administratively territorial units in the steppe zone of Ukraine. Allocated about 32.7% of arable land, which have increased erosion hazard. About 48 administrative-territorial units have a specific area of less than 5% of erosion-disturbed lands and are characterized by a stable type of agrolandscapes to water-erosion processes. The predominant number of administrative-territorial units with high erosion-accumulative potential, the proportion of the area is 15% or more, located in the western and southwestern parts of the steppe zone of Ukraine. The specific area of erosion-hazardous lands in separate administrative-territorial units reaches up to 32%. Over the past years, the design and implementation of land conservation activities have declined significantly. Land conservation occurs mainly in a natural way. It should be noted that article 27 of the Law of Ukraine «On Land Protection» provides for economic incentives for measures to protect and use land and increase soil fertility, but there is no procedure for this. Therefore, the results obtained make it possible to determine the managerial aspects of the environmental and economic consequences of water-erosion degradation of soils and the need for spatially discrete-distributive implementation of adaptive-landscape anti-erosion design with elements of soil-protective agriculture.

**Keywords:** water erosion, RUSLE, erosion potential of sediments, soil erosion, relief factor, crop erosion index, Steppe zone, GIS technology, geomodeling.

### REFERENCES

1. Rozshyrenyj p'jatyrichnyj zvit pro opusteljuvannja ta degradaciju zemel' [Extended five-year report on desertification and degradation of land]. (2012). Kyiv. 45. (In Ukr.).
2. Pichura, V., Pilipenko, Y., Domaratsky, E. & Gadzalo A. (2017). Environmental assessment of the state of trans-boundary watersheds of the Dnieper. *Agroecological journal*, 2, 102–116.
3. Lisetskii, F.N., Pavlyuk, Ya.V., Kirilenko, Zh.A. & Pichura, V.I. (2014). Basin organization of nature management for solving hydroecological problems. *Russian Meteorology and Hydrology*, 39 (8), 550–557.
4. Pichura, V.I., Malchykova, D.S., Ukrainskij, P.A., Shakhman, I.A. & Bystriantseva, A.N. (2018). Anthropogenic Transformation of Hydrological Regime of The Dnieper River. *Indian Journal of Ecology*, 45 (3), 445–453.
5. Pichura, V.I., Domaratsky, Y.A., Yaremko, Yu.I., Volochnyuk, Y.G. & Rybak, V.V. (2017). Strategic Ecological Assessment of the State of the Transboundary Catchment Basin of the Dnieper River Under Extensive Agricultural Load. *Indian Journal of Ecology*, 44 (3), 442–450.
6. Lisetskij, F.N., Zemlyakova, A.V., Narozhnyaya, A.G., Terekhin, E.A., Pichura, V.I., Buryak, Zh.A., Samofalova, O.M. & Grigoryeva, O.I. (2014). Geoplanirovanie sel'skikh territorij: opyt realizatsii kontseptsii basseynovogo prirodopol'zovaniya na regional'nom urovne [Geoplanning of rural areas: experience of the implementation of the concept of river basin environmental management at the regional level]. *Vestnik ONU. Seriya: Geograficheskie i geologicheskie nauki [Bulletin of ONU. Series: Geographical and geological sciences]*, 19, 3 (22), 125–137. (in Russ.).
7. Lisetskij, F.N., Degtyar, A.V., Buryak, Zh.A. & [et al.] (2015). *Reki i vodnye ob'ekty Belogor'ya: monogr. [Rivers and water bodies of Belogorya: monogr.]*. F.N. Lisetskij (Ed.). All-Russian public organization Russian Geographical Society, NRU Belgorod State University. Belgorod: KONSTANTA, 362 p. (in Russ.).
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). *Agriculture Handbook*, 703, USDA-ARS.
9. State Standard 17.4.4.03-86. *Metod opredeleniya potentsial'noj opasnosti erozii pod vozdeystviem doz-hdey [Method for determining potential hazards of erosion caused by rain]*. Moscow, 12 (in Russ.).
10. Grushetsky, A.V., Krivov, V.N., Panochko, N.M., Telesh, P.V., Chepkov, B.M. & Moskalenko, V.M. (1990). *Al'bom tipichnykh resheniy razmeshcheniya lineynykh rubezhey pri razrabotke proektov vnutrikho-zyaystvennogo zemleustroystva s konturno-meliorativnoy organizatsiey territorii [Album of typical*

- solutions of marking linear boundaries in the development of intrafarm land management projects with the contour-reclamation area organization].* L.Y. Novakovskiy (Scientific Supervisor). UkrNIIZemproekt, 97 p. (in Russ.).
11. Pichura, V.I. (2016). Spatial prediction of soil erosion risk in the Dnieper river basin using revised universal soil loss equation and GIS-technology. *Visnyk Zhytomyr's'kogo nacional'noho agroekologichnogo universytetu [Bulletin of the Zhytomyr National Agroecological University]*, 2(56), 3–11.
  12. Kouli, M., Soupios, P. & Vallianatos, F. (2009). Soil erosion prediction using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) in a GIS framework, Chania, Northwestern Crete, Greece. *Environ geology*, 57 (3), 483–497.
  13. Benkobi, L., Trlica, M.J. & Smith, J.L. (1994). Evaluation of a refined surface cover subfactor for use in RUSLE. *Range Manager*, 47, 74–78.
  14. Biesemans, J., Meirvenne, M.V. & Gabriels, D. (2000). Extending the RUSLE with the Monte Carlo error propagation technique to predict long-term average off-site sediment accumulation. *Soil Water Conserv*, 55, 35–42.
  15. Van Leeuwen, WJD & Sammons, G (2004). Vegetation dynamics and soil erosion modeling using remotely sensed data (MODIS) and GIS. Tenth Biennial USDA Forest Service Remote Sensing Applications Conference, 5–9 April 2004, Salt Lake City, UT. *US Department of Agriculture Forest Service Remote Sensing Applications Center*, Salt Lake City.
  16. Svitlychnyi, O.O. (1995). *Kil'kisna ocinka harakterystyk sylovogo eroziynogo processu i pytannja optymizacii' vykorystannja eroziyno-nebezpechnyh zemel' [Quantitative evaluation of the features of the force erosion process and the issue of the optimization of using lands in danger of erosion: abstract].* Thesis... Doc. Geograph. Sciences. Odessa: Odessa State University, 47. (in Russ.).
  17. Buryak, Zh.A. (2015). *Basseynovaya organizatsiya prirodopol'zovaniya v Belgorodskom ekoregione [Basin organization of nature management in Belgorod ecoregion].* Thesis... Cand. geogr. sciences. Moscow, 193. (in Russ.).

#### Authors

**Pichura Vitaliy Ivanovich** — Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Ecology and Sustainable Development of the Name of Professor Yu.V. Pili-penka, Kherson State Agrarian University (Ukraine, 73006, Kherson, Stritsenska str., 23; e-mail: pichuravitalii@gmail.com).

**Skripchuk Petro Mikhailovich** — Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor of the Department of Management, National University of Water and Environmental Engineering (Ukraine, 33028, Rivne, Soborna str., 11; e-mail: petroskrypchuk@gmail.com).

**Dudiak Nataliia Vasylivna** — Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Head of Department of Land Management, Geodesy and Cadastre, Kherson State Agrarian University (Ukraine, 73006, Kherson, Stritsenska str., 23; e-mail: dudyaknata@ukr.net).