

УДК 631 : 528.9

## ГЕОМОДЕЛЮВАННЯ ЕРОЗІЙНОЇ НЕБЕЗПЕКИ РЕГІОНІВ ЗОНИ СТЕПУ УКРАЇНИ ЗА МОРФОЛОГІЧНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Ю.І. Яремко

доктор економічних наук, доцент

Херсонський державний аграрний університет

(Україна, м. Херсон;

e-mail: pivden-zemlja@ukr.net)

Н.В. Дудяк

кандидат економічних наук, доцент

Херсонський державний аграрний університет

(Україна, м. Херсон;

e-mail: dudyaknata@ukr.net)

Наведено результати морфологічного аналізу ерозійної небезпеки регіонів зони Степу України (Дніпровської, Запорізької, Кіровоградської, Миколаївської, Одеської, Херсонської областей, загальна площа досліджень — 167,4 тис. км<sup>2</sup>) із застосуванням ГІС- і ДЗЗ-технологій. Визначено, що за показником лісистості близько 76% території регіону досліджень зазнають систематичної ерозії ґрунтів. Територія із часткою земель зі схилами крутизною понад 10 більше 50% становить 115,8 тис. км<sup>2</sup> (69,2%); понад 2° більше 30% із загальною площею 100,4 тис. км<sup>2</sup> (60,3%); понад 3° більше 20% складають 50 тис. км<sup>2</sup> (29,9%); понад 50 більше 10% становлять 23 тис. км<sup>2</sup> (13,7%). Близько 44,2% сільськогосподарських земель потенційно відносяться до слабозмитих ґрунтів, середньозмитих — 10,8 та сильнозмитих — 5,2%. Акцентовано, що за показником схилів південної експозиції близько 36% сільськогосподарських земель характеризуються підвищеним рівнем ерозійних процесів під час сніготанення. Отримані результати надають можливість визначити просторово дискретно-розподілені першочергові потреби впровадження адаптивно-ландшафтного протиерозійного проектування з елементами ґрунтозахисного землеробства.

**Ключові слова:** ерозія, морфологічна характеристика, розораність, лісистість, схили, експозиція схилів, зона Степу.

**Постановка проблеми.** В умовах існуючої культури землеробства основним питанням є розробка та впровадження ефективного механізму системного управління у сфері використання та охорони земель сільськогосподарського призначення для забезпечення умов сталого землекористування. Станом на 1.01.2017 р. площа сільськогосподарських земель України налічує 42,7 млн га (70,8% земельного фонду держави), у т.ч. площа ріллі — 32,5 млн га (78,4% сільськогосподарських угідь), пасовищ — 5,5 (13,1), сіножатей — 2,5 (5,8), багаторічних насаджень — 0,9 (2,1) та перелогів — 0,3 млн га (2,6%). У розрахунку на одну особу площа сільськогосподарських угідь становить 0,9 га, у т.ч. рілля — 0,7 га, що у 2,5 рази перевищує відповідний середній показник європейських країн. Переважаючими типами ґрунтів в Україні є чорноземи, площа яких становить близько 17,4 млн га (40,7% сільськогосподарських земель). У власності держави перебуває 24,4% сільськогосподарських земель, у т.ч. 30,8 — у користуванні державних підприємств, установ та організацій, 24,0 — землі запасу, 45,2% — надані у оренду [1].

За ступенем розораності (близько 54%) територія України має нестійкий тип ландшафту, що за умов підвищеної ерозійної небезпеки і значного агрогенного навантаження спричинило порушення екологічної стійкості ландшафтних територіальних структур та значного погіршення агроекологічного стану ґрунтів. Найпотужнішими чинниками деструкції ландшафтів та зниження родючості ґрунтів є водна та вітрова ерозія. Близько 13,3 млн га (31,3%) сільськогосподарських земель постійно зазнають негативного впливу водної ерозії, у т.ч. 32,6% (10,6 млн га) ріллі. Площа земель, що характеризуються середньо- та сильнозмитим ступенем ґрунтів, становить 4,5 млн га (13,8% ріллі), із них 1,5% повністю втратили гумусовий горизонт. Вітровою ерозією систематично уражується 18,5% ріллі, пиловими бурями — 61,5%. Щорічне зростання площ еродованих земель, загалом в Україні, сягає 60–80 тис. га. Зокрема, на території України налічується понад 1,1 млн га деградованих, малопродуктивних та техногенно забруднених земель, понад 140 тис. га — порушених земель та близько 320 тис. га — це малопродуктивні угіддя, що

першочергово підлягають консервації, потребують рекультивативної та відновлення. Для розв'язання проблем деградації земель, зокрема внаслідок ерозії ґрунтів, в Україні у 2014 р. прийнято Концепцію боротьби з деградацією земель та опустелюванням [2].

Однак для оптимізації використання та охорони земель на різних рівнях державного управління залишається неврегульованою практична реалізація державної земельної політики щодо механізмів поєднання заходів економічного стимулювання [3; 4] і юридичної відповідальності землекористувачів у сфері охорони земель, а також встановлення на законодавчому рівні науково обґрунтованих природоохоронних заходів і обмежень у використанні земельних ресурсів шляхом здійснення ефективного землеустрою і впровадження адаптивно-ландшафтної протиерозійної організації території з елементами ґрунтозахисного землеробства з метою забезпечення продовольчої безпеки країни і створення екологічно безпечних умов для здійснення господарської діяльності на засадах сталого землекористування.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** За даними С.А. Балюка [5] щорічно ґрунти втрачають 400–500 кг/га органічної речовини і майже не відновлюються. Унаслідок скорочення галузі тваринництва і браку органічних добрив в Україні використовують, в основному, мінеральні добрива. Раніше тваринництвом щорічно продукувалося 270 млн т гною, а нині — лише 20 млн т. За останні 100 років уміст гумусу в чорноземах зменшився з 13–14 до 3–5%, а за останні 20 років у середньому в Україні — на 0,22% в абсолютних величинах — з 3,36 до 3,14%. Такий показник свідчить про значне порушення відтворення родючості ґрунту, оскільки для збільшення в ньому гумусу на 0,1% у природних умовах необхідно 25–30 років.

Відсутність регулярного, рівномірного надходження мінеральних добрив у необхідній кількості, прояви вітрової та водної ерозії, зокрема іригаційної, дефляція ґрунтів, а також тривале зрощення у зоні Степу України призвели до зменшення вмісту гумусу — в середньому на 0,36%, обмінного калію — на 18, рухомого фосфору — на 34,17, нітрифікаційного азоту — на 17,0% [6; 7]. За результатами нейропрогнозування було встановлено [8], що у ґрунтах зони сухого степу за використання існуючих агротехнологій прогнозується процес поступової дегуміфікації: на богарних землях — на 0,01, на зрошуваних — на 0,03% за рік і скорочення площ земель, які характеризуються середнім і підвищеним умістом гумусу. Так, Ф.М. Лисецький [9] акцентував, що винен-

сення зі змитим ґрунтом гумусу та поживних речовин зумовлює погіршення його фізичних властивостей і зниження родючості, що зрештою призводить до зменшення урожайності сільськогосподарських культур — у середньому на 10–60% і збільшення витрат на їх агро-меліорацію.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Слід відзначити поступове зменшення обсягів земельних ресурсів із високим ступенем родючості ґрунтів, що є основним засобом виробництва у землеробстві. Значний негативний вплив ерозії проявляється на всіх компонентах ландшафтних структур.

**Метою дослідження** є визначення ерозійної небезпеки регіонів (Дніпровської, Запорізької, Кіровоградської, Миколаївської, Одеської, Херсонської областей) зони Степу України за морфологічними характеристиками із застосуванням ГІС-технологій.

**Матеріали і методи досліджень.** Дешифрування даних дистанційного зондування Землі та використання серії коректно каліброваних супутникових знімків MODIS (геометричне розрізнення ~230×230 м) забезпечило можливість визначення співвідношення просторового розподілу стабілізуючих (природні) та дестабілізуючих (агрогенні) угідь на дослідній території (рис. 1).

Джерело актуальних даних космічних знімків із різних супутникових апаратів — офіційний сайт геологічної служби США. Нашими дослідженнями встановлено, що просторову інтерпретацію диференціації дестабілізуючих угідь (розораність території) найефективніше здійснювати на основі серії космічних знімків MODIS за квітень і серпень місяці. Дешифрування знімків здійснюється на основі значень безрозмірного показника NDVI (нормалізованого диференціального вегетаційного індексу) у межах 0,3–0,4. Розораність території визначали за даними суперпозицій космічних знімків MODIS станом на 23.04.2016 р. і 13.08.2016 р.

Розподіл стабілізуючих угідь значною мірою визначається просторовою диференціацією лісових масивів і лісосукуп. Зважаючи на те, що значення NDVI добре корелює з надземною фітомасою рослинності, дешифрування та визначення площ лісових масивів за даними MODIS слід визначати у пік їх вегетаційної активності (червень місяць) за максимальними значеннями NDVI понад 0,8. Додаткове уточнення просторового розподілу хвойних лісів здійснюється за космічними знімками зимового періоду зі значеннями NDVI понад 0,6.

Растрові моделі розподілу схилів, у т. ч. розораних схилів і схилів південної експозиції, визначали на основі SRTM-30 (рис. 2) із вико-

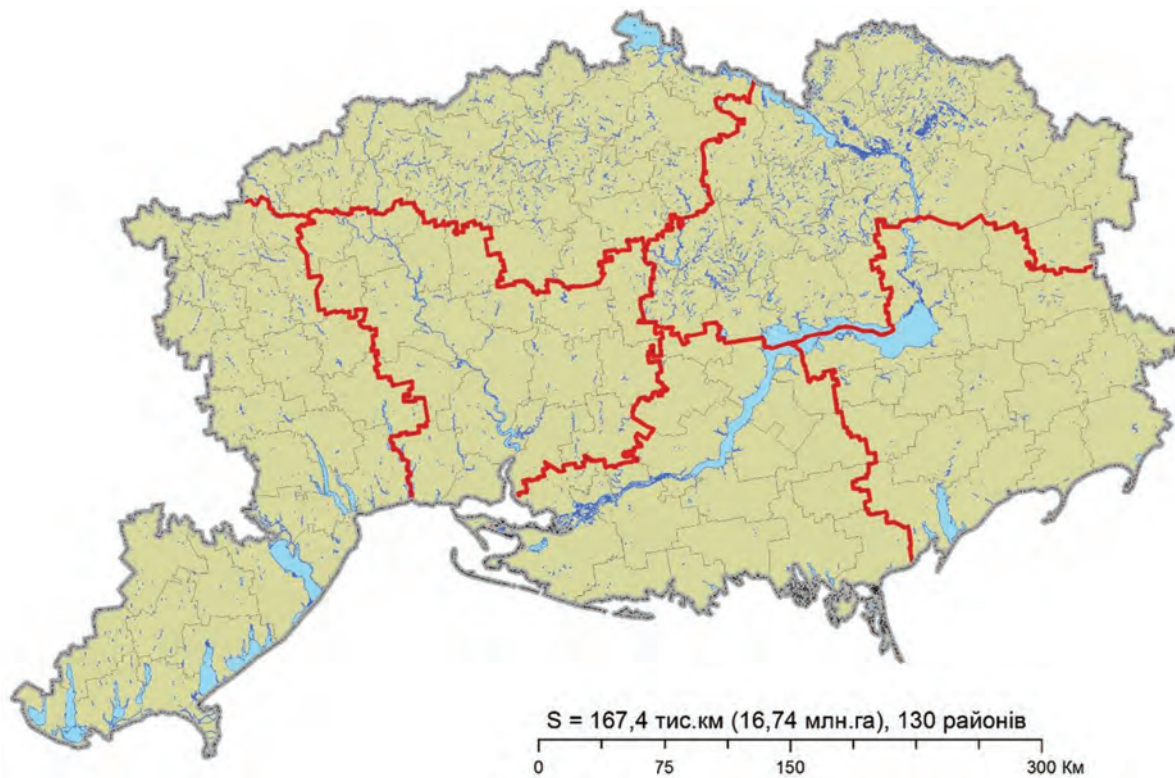


Рис. 1. Просторова характеристика території досліджень

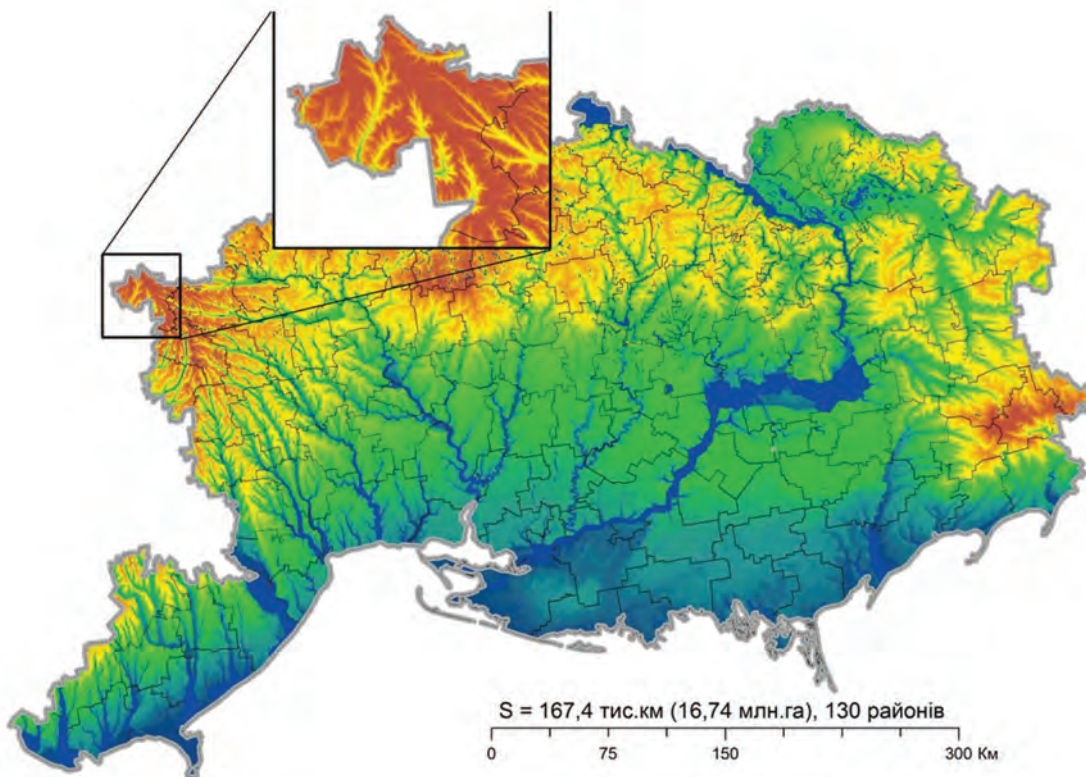


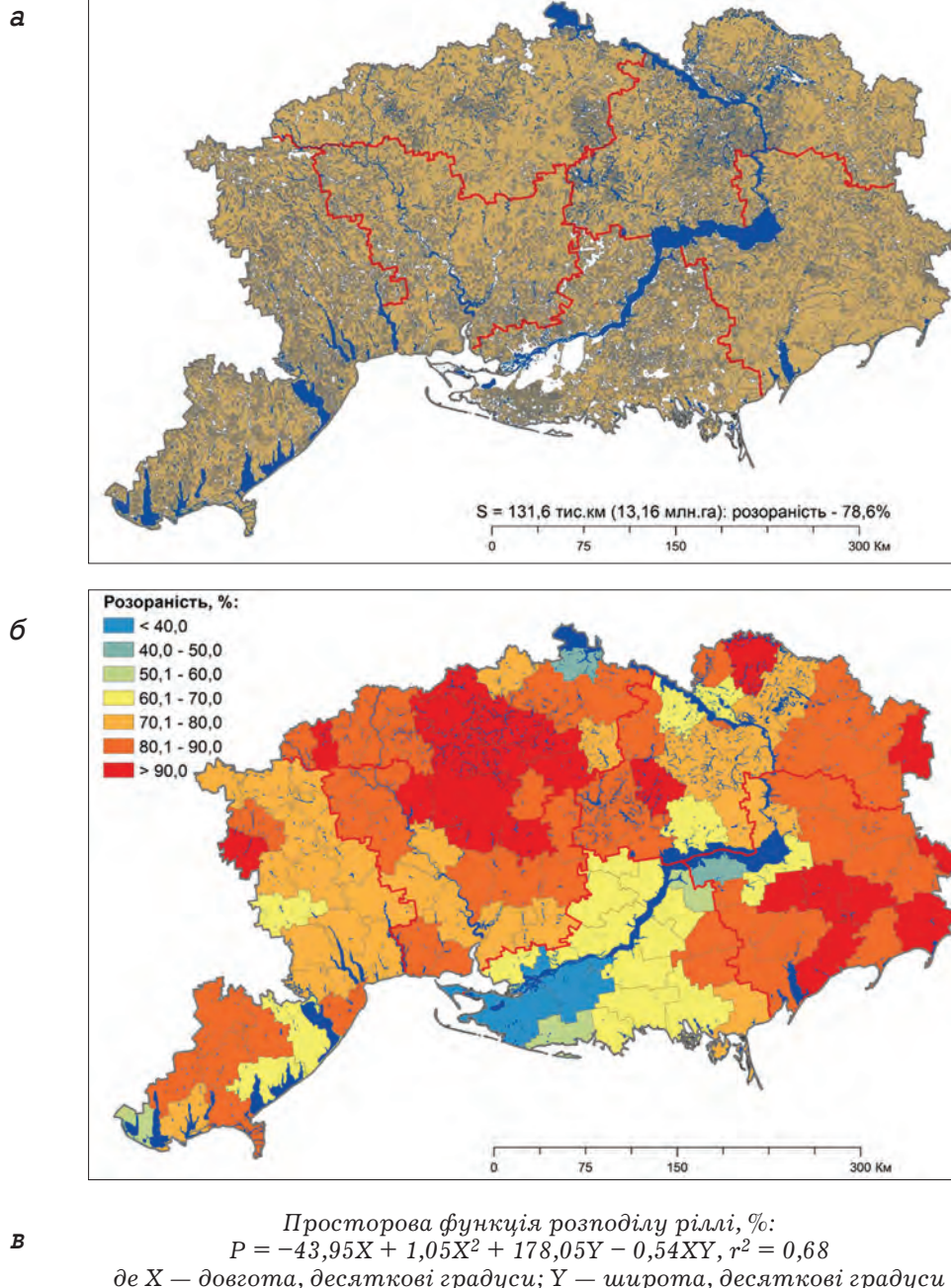
Рис. 2. Цифрова модель рельєфу території досліджень, створена на основі SRTM-30



ристанням модуля Surface of Spatial Analyst Tools і Overlay analysis.

Наступним кроком із застосуванням модуля Zonal Statistics of Spatial Analyst Tools програми ArcGIS визначили частку (у %) стабілізуючих і дестабілізуючих угідь, частку земель на схилах різної крутизни, у т.ч. розораних схилів і схилів південної експозиції у межах адміністративно-територіальних одиниць дослідного об'єкта.

**Викладення основного матеріалу дослідження.** Територія степових регіонів України характеризуються високим рівнем сільськогосподарської освоєності – близько 97% (рис. 3), що зумовлює низький ступінь екологічної стійкості ландшафтів до збереження родючості ґрунтів. У співвідношенні «рілля — природні угіддя» встановлено різні типи стану ландшафту: 70:30 — руйнівний, 60:40 — нестійкий, 50:50 — гранично стійкий, 40:60 — мінімально стій-



**Рис. 3.** Розораність територій (P) досліджень зони Степу України: а — рілля; б — частка ріллі в межах адміністративно-територіальних одиниць; в — модель просторового розподілу

кий, 35:65 — середньостійкий, 30:70 — стійкий, 25:75 — високостійкий, 0:25:100–75 — екологічна рівновага зі стійким підвищенням родючості ґрунтів. Розораність територій степового регіону досліджень становить 78,6%, у т.ч. у Дніпровській обл. — 80,5%, Запорізькій — 84,6, Кіровоградській — 86,9, Миколаївській — 81,8, Одеській — 75,9, Херсонській обл. — 61,4%.

Сільськогосподарська освоєність 130 адміністративно-територіальних одиниць (АДТО) регіону досліджень варіює у межах 20–97%, у т.ч. три АДТО із загальною площею 0,80 тис. км<sup>2</sup> (0,5% площі регіону досліджень) мають високостійкі та стійкі ландшафти, частка розораності яких становить 30% і менше; два АДТО загальною площею 4,18 тис. км<sup>2</sup> (2,5%) — середню і мінімальну стійкість (розораність 30–40%); розораність у межах 40–50% і відповідно гранично стійкі ландшафти мають два АДТО із загальною площею 2,56 тис. км<sup>2</sup> (1,5%); нестійким і руйнівним ступенем (понад 50% розораності території) ландшафтів характеризуються 123 АДТО із загальною площею 159,90 тис. км<sup>2</sup> (95,5%). Близько 18,0% територій регіону досліджень є розораними на 90% і більше.

Лісова меліорація є невід'ємною складовою протиерозійної системи, що налічує організаційно-господарські, агротехнічні, лісомеліоративні і гідротехнічні заходи. Вивчення ролі лісосмуг в умовах посилення антропогенного впливу на лісомеліоративні насадження має теоретичне й практичне значення, тому що від стану лісосмуг залежить стійкість степових ландшафтів, характер та інтенсивність процесів, які в них протікають. Захисні лісові насадження є основою оптимізованих лісоаграрних екологічних систем, надійним елементом довгострокової протиерозійної організації території землекористування. Продуктивність оптимізованих лісоаграрних ландшафтів може бути в 1,5–2,0 рази вищою, ніж відкритих безлісних територій, що є надійним резервом розв'язання продовольчої і екологічної проблеми та безпеки нашої держави. Лісові насадження виконують виняткову функцію у підтримці екологічної рівноваги, стабілізації збалансованої взаємодії основних екологічних систем біосфери.

Лісосмуги на межах полів сільськогосподарських земель і на схилах близько 1,5–2,0° сприяють підвищенню врожайності сільськогосподарських культур та покращенню на прилеглих полях мікроклімату, снігозатриманню, збереженню і покращенню родючості ґрунтів, допомагають у боротьбі з дефляцією. Залежно від призначення, виділяють полезахисні, приярочно-балкові, берегозахисні і придорожні типи захисних лісосмуг [10].

Важливим показником, що характеризує вплив лісових смуг на прилеглі сільськогосподарські угіддя, є полезахисна лісистість — співвідношення площі всіх категорій лісових смуг і площі полів, захищених ними. Буферна зона ефективного захисту лісової смуги визначається відстанню від лісової смуги із навітряної і завітряної сторін, у межах якої істотно знижується дія несприятливих природних чинників [11]. На більшій відстані між лісовими смугами порушуються системні зв'язки, хоча загальний екологічний позитивний вплив сягає 50–100 Н. Зона 0–25 (30) Н вважається зоною ефективного агролісомеліоративного впливу, позитивний вплив лісонасаджень на елементи мікроклімату зберігаються на рівні 10–20%.

У зоні ефективного впливу лісових смуг швидкість вітру знижується на 30–50%, турбулентний обмін — на 15–20%; температура повітря в жарку літню погоду знижується, а в холодну пору року — підвищується на 1–3°C; відносна вологість повітря зростає від 1 до 5%. Лісові смуги сприяють зниженню випаровуваності вологи з ґрунту на 30–35%. Під захистом лісових смуг продуктивність транспірації сільськогосподарських культур зростає, що виражається зниженням відповідного коефіцієнта на 10% і більше. Лісові смуги зменшують промерзання ґрунту та поліпшують режим його відтанення. У системі лісових смуг, незалежно від їх конструкції, сніг не видувається, а залишається на полях. Лісомеліорація сприяє збільшенню продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту до 50 мм. Завдяки позитивному мікрокліматичному впливу лісосмуг спостерігається поліпшення росту і розвитку сільськогосподарських культур, збільшується їх органічна маса, що потрапляє у ґрунт. Окрім того, лісові смуги позитивно впливають на ґрунтоутворні процеси: збільшується вміст гумусу та обсяг елементів мінерального живлення рослин (азот, фосфор, калій), покращується структура ґрунтів, понижується глибина закипання карбонатів тощо. За тривалої дії лісових смуг (30–50 років і більше) в умовах чорноземного Степу інтегральне відновлення ґрунту становить близько 25% [12]. У системі лісових смуг коефіцієнт використання фотосинтетичної активної радіації зернових культур зростає до 90%, урожайність зерна підвищується у 2 рази порівняно з відповідним показником відкритого поля.

Захисні лісові насадження є базою контурно-меліоративно облаштованої території, що виконує гідрологічну та вітрозахисну функції і значно знижує швидкість ерозійних процесів. Визначено [13], що протиерозійне впорядкування агроландшафту системою однорядних деревно-чагарникових лісосмуг, підсиленою

гідротехнічними спорудами (валами), сприяє повному затриманню снігу — у буферній 50-метровій зоні сніговий шар збільшується вдвічі; припиненню змиву ґрунту та зменшенню видування дрібнозему — швидкість вітру на висоті 1,5 м над поверхнею ґрунту зменшується в 1,9–2,6 рази; збільшенню відносної вологості повітря у період вегетації культур. Своєю чергою, це сприяє збільшенню врожайності сільськогосподарських культур: пшениці озимої — до 22,8%, соняшнику — до 20,8, кукурудзи — до 34,1%.

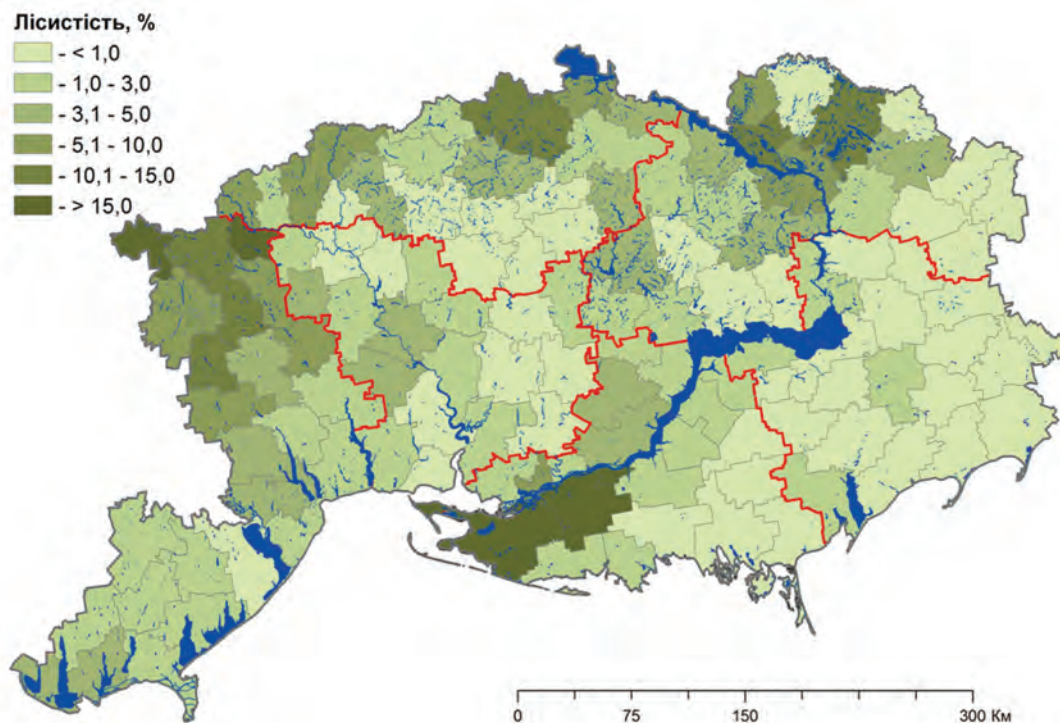
Середня полезахисна лісистість рівнинної території України становить близько 1,4%, але оптимальним значення має бути в середньому 3%. Для умов Полісся оптимальна полезахисна лісистість має становити 2%, Лісостепу — 3, Степу (залежно від ґрунтових умов) — 4–6%. На піщаних і супіщаних ґрунтах цей показник необхідно збільшувати у 1,5–2 рази [14; 15].

Загальна площа лісів і лісосмуг степового регіону досліджень становить близько 5,3 тис. км<sup>2</sup> (рис. 4), середнє значення лісистості території досліджень становить 3,2% з рівнем варіації 0–27%: 46 АДТО із загальною площею 61,6 тис. км<sup>2</sup> (37,3% площі регіону до-

сліджень) мають менше 1% площі лісів та захисних насаджень; ступінь лісистості у межах 1–4% є характерною для 50 АДТО із загальною площею 66,5 тис. км<sup>2</sup> (40,2%); 4–6% — для 15 АДТО із площею 19,3 тис. км<sup>2</sup> (11,7%); понад 6% — для 19 АДТО із загальною площею 20,0 тис. км<sup>2</sup> (12,1%). Унаслідок знищення лісосмуг і відсутності лісомеліоративних заходів ґрунти близько 76% території регіону досліджень зазнають систематичної водної і вітрової ерозії.

Важливим чинником ерозійної небезпеки території є ерозійний потенціал рельєфу, який визначається крутизною і експозицією схилу. Тому додатковими підсилюючими критеріями деструкції стану ландшафтів є їх морфометричні характеристики. Середнє значення схилу територій адміністративно-територіальних одиниць степової зони досліджень змінюється у межах 0,6–4,6° (рис. 5). Території з крутизною схилу менше 1° (табл. 1) становлять близько 70,6 тис. км<sup>2</sup> (42,2% від усієї площі дослідної території), 1–3° — 69,7 (41,6), у межах 3–5° — 17,1 (10,2), від 5° і більше — 10,0 тис. км<sup>2</sup> (6,0%).

Найціннішими для господарської діяльності є плакорні ділянки. Прояви водно-еро-



Просторова функція розподілу лісистості, %:  
 $L = 20,17X + 0,06X^2 - 69,36Y + 0,92Y^2 - 0,52XY + 1313,60$ ,  $r^2 = 0,72$   
 де,  $X$  — довгота, десяткові градуси,  $Y$  — широта, десяткові градуси

Рис. 4. Просторовий розподіл лісистості ( $L$ ) території степового регіону досліджень



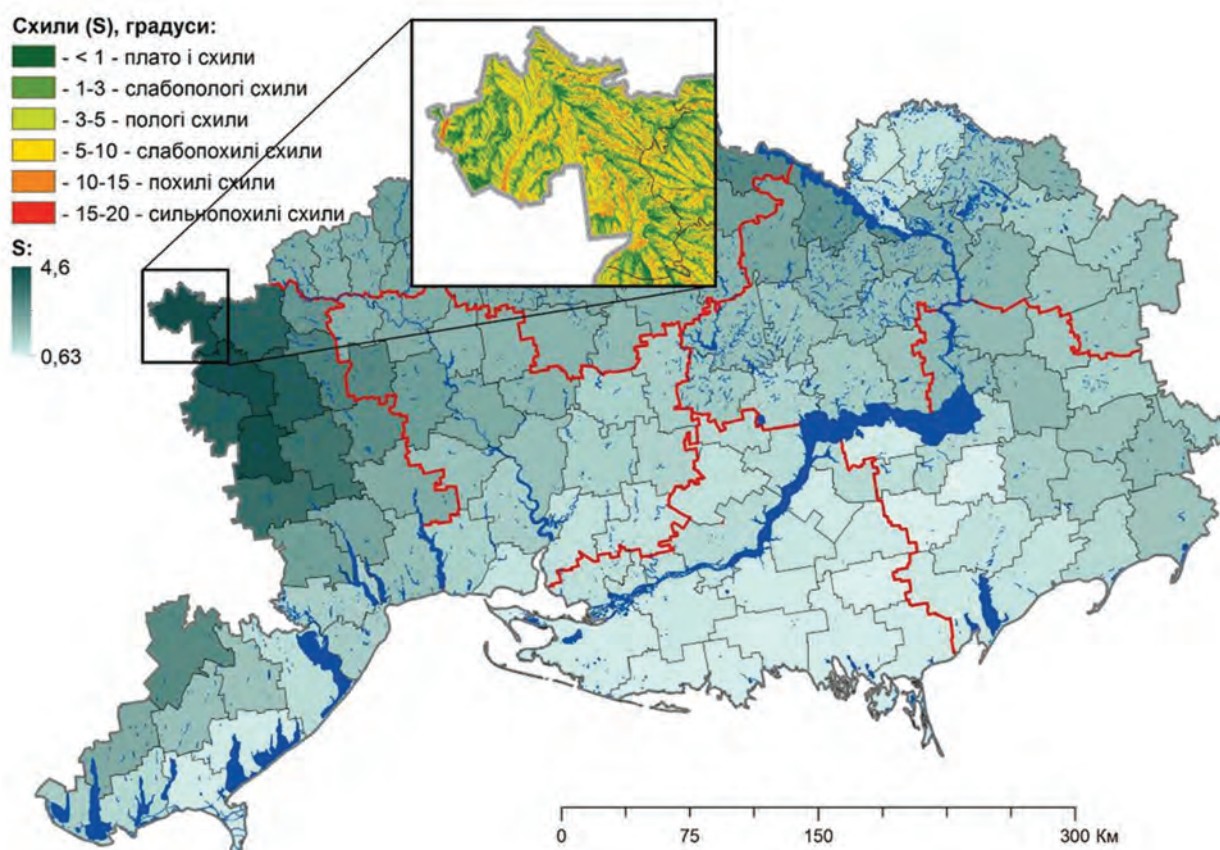


Рис. 5. Просторова модель розподілу схилів за ухилами в межах адміністративно-територіальних одиниць зони Степу України

Таблиця 1

Розподіл дослідної території за крутизною схилу

Градація, десятикові градуси°	Обсяги території досліджень		У т.ч. сільськогосподарські землі	
	Площа, км <sup>2</sup>	% до загальної площі	Площа, км <sup>2</sup>	% до загальної площі
<1	70592,6	42,17	52255,5	39,71
1-3	69655,1	41,61	58204,8	44,23
3-5	17126,7	10,23	14263,0	10,84
5-10	9004,4	5,38	6876,7	5,23
10-15	937,4	0,56	—	—
15-20	83,7	0,05	—	—
Всього	167400	100	131600	100

зійних ґрунтових процесів відбуваються на сільськогосподарських землях, що розміщені на схилах крутизною понад 1°. Визначено, що 90 адміністративно-територіальних одиниць (рис. 6) із часткою земель зі схилами крутизною понад 1° більше 50 % становить 115,8 тис. км<sup>2</sup> (69,2%); понад 20 більше 30% мають 75 АДТО із

загальною площею 100,4 тис. км<sup>2</sup> (60,3%); понад 30 більше 20% мають 42 АДТО — 50,0 тис. км<sup>2</sup> (29,9%); понад 50 більше 10% мають 20 АДТО — 23,0 тис. км<sup>2</sup> (13,7%), які розміщені в північній та північно-західній частинах території досліджень (Дніпровській, Кіровоградській і Одеській областях).

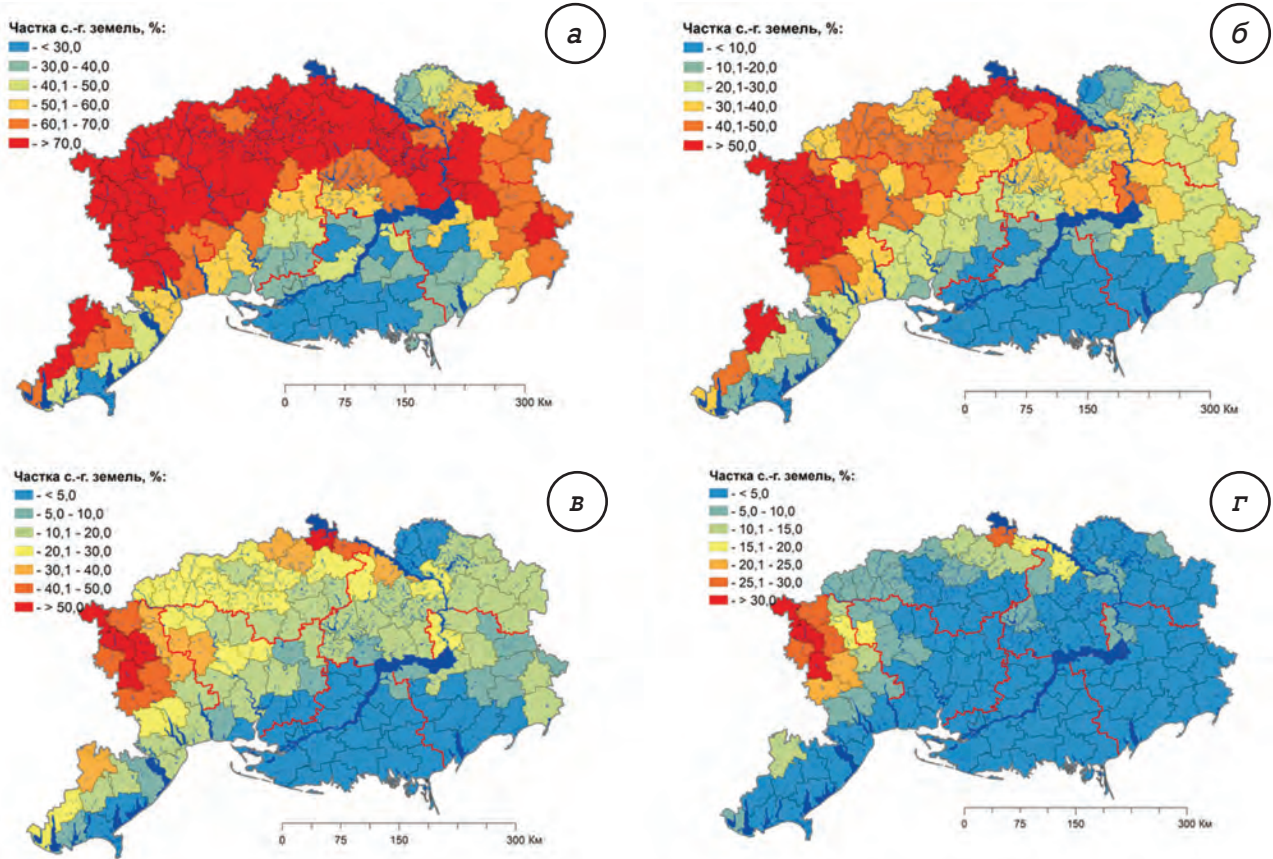


Рис. 6. Просторова модель розподілу сільськогосподарських земель на схилах: а — понад 1°; б — понад 2°; в — понад 3°; г — понад 5°

Слабозмиті ґрунти розміщуються на пологих схилах не більше 3°, середньозмиті — на схилах з ухилом 3–5° та сильнозмиті — на схилах з ухилом понад 5°, характеризуються змитістю верхньої частини ґрунтового профілю, що в подальшому приводить до їх повного розмивання і виходу на поверхню ґрунтоутворних порід (рис. 7).

Встановлено, що на території регіону досліджень близько 44,2% сільськогосподарських земель потенційно відносяться до слабозмитих ґрунтів, 10,8 — до середньозмитих, 5,2% — до сильнозмитих. Водно-ерозійні процеси спричиняють втрату родючого шару ґрунту, винос гумусу (дегуміфікація ґрунтів) і поживних речовин, значно погіршують фізичні власти-



Рис. 7. Вихід ґрунтоутворюючих порід на поверхню ріллі внаслідок водної ерозії ґрунтів



вості ґрунтів (табл. 2), що зумовлює зменшення врожайності сільськогосподарських культур та якості продукції.

На середньо- та сильнозмитих землях інфільтраційна можливість ґрунту зменшується до 30%, а розмитість збільшується в 1,5–2,0 рази, що призводить до систематичних втрат родючого профілю ґрунтів. За умов зрошення та внаслідок дощових стоків на схилових землях вимивається близько 70% внесених добрив, зокрема близько 20% азоту, 2–5 — фосфору, 10–70% калію.

На схилах понад 2° межі угідь і полів сівозмін, а також шляхопроводи слід прокладати відповідно до горизонталей місцевості або в близькому до них напрямку, аби межі і шляхи не перетворювались у місця нагромадження поверхневого стоку. Необхідно впроваджувати протиерозійні агротехнічні, лісомеліоративні і гідротехнічні заходи. На схилах крутизною 5–14° зі змитими ґрунтами необхідно впроваджувати ґрунтозахисні сівозміни з посівом багаторічних трав, зернових культур і, обмежено, просапних культур (кукурудза, картопля, соняшник).

Просапні культури у цих сівозмінах слід вирощувати смугами, розташованими впоперек схилів завширшки 30–60 м, поєднуючи їх із смугами багаторічних трав завширшки 6 і більше метрів. Також земельні ділянки, роз-

ташовані на крутих (10–15 і більше градусів) схилах, що зазнають інтенсивної ерозії, необхідно відводити під ґрунтозахисні сівозміни лукопасовищного типу або під постійне залуження багаторічними травами. На прияржних і прибалкових схилах, днищах ярів необхідно розміщувати захисні лісові, плодючі і горіхоплідні насадження, залежно від ступеня змитості і розмитості ґрунтів.

Одним із основних морфометричних показників схилів є їх експозиція (рис. 8), яка характеризує теплотабезпечення завдяки сонячній енергії, що впливає на процеси ерозії та ґрунтоутворення. На території зони Степу України площі з різною експозицією схилів є доволі рівномірно розподіленими (8,9–11,6%) із незначним перевищенням площі території західних схилів, площа плакорних земель становить 19,8% території дослідження (табл. 3).

Ґрунти на схилах південної експозиції займають 53,2 тис. км<sup>2</sup> (31,9%) площі степового регіону, в т.ч. 47,3 тис. км<sup>2</sup> (36,0%) сільськогосподарських земель, які схильні до інтенсивнішого змиву внаслідок сніготанення та весняних злив. Встановлено, що із збільшенням частки схилів південної експозиції до 25% і більше рельєф характеризується підвищеним ерозійним ураженням під час сніготанення [17; 18]. Площа земель зі схилами південної експозиції (ПСХ) визначається на основі растру розподілу схи-

Таблиця 2

**Вплив ступеня змитості ґрунтів на їх якісні властивості (за одиницю прийнято властивості та показники незмитих ґрунтів)**

Властивості та показники	Ґрунти		
	слабозмиті	середньозмиті	сильнозмиті
Вміст гумусу	0,95–0,75	0,75–0,50	0,50–0,30
Об'ємна маса	1,03–1,06	1,05–1,12	1,10–1,23
Вологість в'янення рослин	0,98–0,96	0,90–0,85	0,75–0,65
Пористість (за Заславським)	1,00–0,95	0,96–0,90	0,80–0,75
Повна вологоємність (за Заславським)	0,98–0,95	0,95–0,80	0,80–0,70
Водопроникність (за Черемисіним)	–	0,72–0,64	0,49–0,43
Середня врожайність культур:			
– зерна	1,00–0,80	0,80–0,60	0,60–0,30
– зеленої маси	1,00–0,90	0,90–0,70	0,650,45
Гідрологічні характеристики:			
– інфільтрація води	0,85–0,75	0,70–0,60	0,60–0,50
– мутність потоку	1,1–1,2	1,2–1,4	1,4–1,6
– розмитість	1,3–1,5	1,8–2,2	2,5–3,0

Джерело: за даними [16].

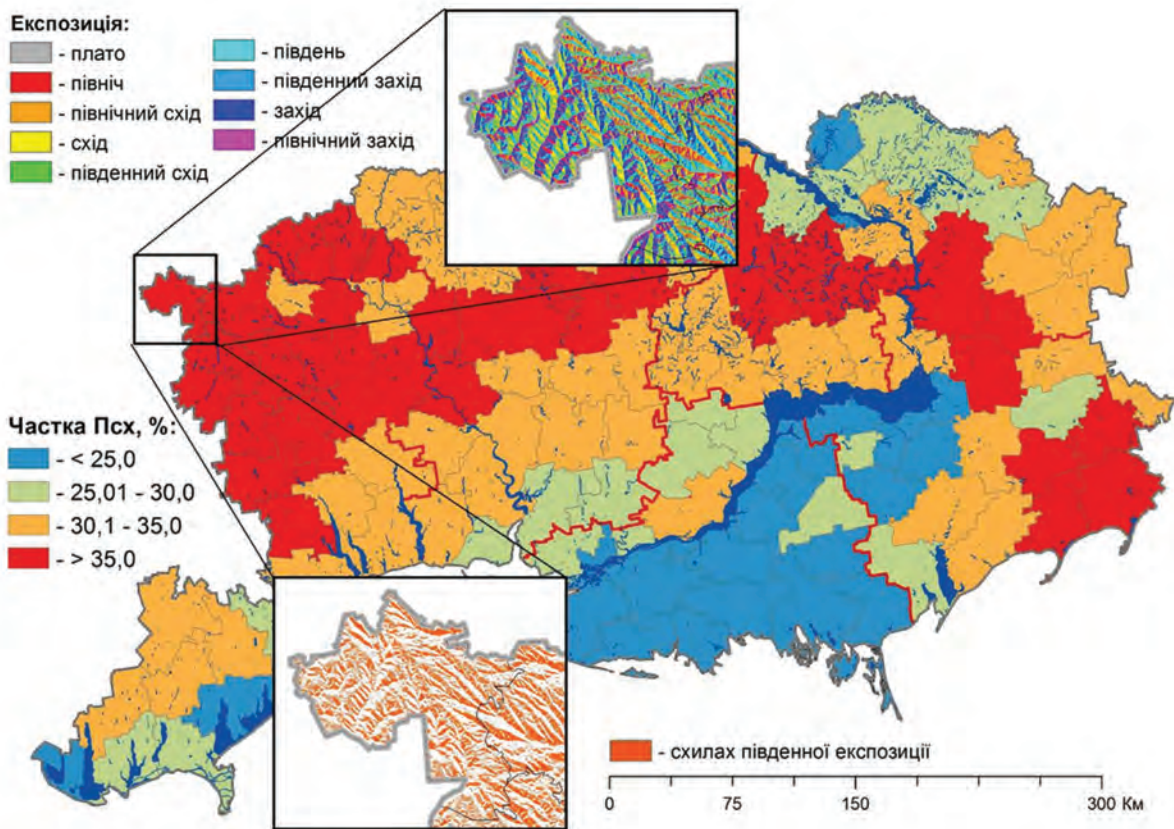


Рис. 8. Просторова модель розподілу схилів за експозиціями в межах адміністративно-територіальних одиниць зони Степу України

Таблиця 3

Розподіл дослідної території за експозицією схилів

Градація	Обсяги території досліджень		У т.ч. сільськогосподарські землі	
	Площа, км <sup>2</sup>	% до загальної площі	Площа, км <sup>2</sup>	% до загальної площі
Плато	33108,1	19,78	14318,2	10,88
Північ	10655,2	6,37	9578,6	7,28
Північний схід	17025,4	10,17	14469,6	11,00
Схід	18869,1	11,27	16209,3	12,32
Південний схід	15911,7	9,51	14235,8	10,82
Південь	18105,2	10,82	15729,3	11,95
Південний захід	19306,9	11,53	17339,4	13,18
Захід	19494,5	11,65	16838,5	12,80
Північний захід	14924,0	8,92	12881,2	9,79
Всього	167400	100	131600	100

лових земель за їх експозицією, з вибіркою значень азимуту в інтервалі 135–225°. Частку ПСХ менше 25% (рис. 5) мають 23 АДТО з загальною площею 27,2 тис. км<sup>2</sup> (16,3%), підвищений ерозійний потенціал під час сніготанення (по-

над 25%) мають 107 АДТО із площею 140,2 тис. км<sup>2</sup> (83,7%). На цих територіях, насамперед, слід впровадити адаптивно-ландшафтне протиерозійне проектування з елементами ґрунтозахисного землеробства.



**Висновки.** Сільськогосподарська освоєність регіонів зони Степу України варіює у межах 20–97%. Близько 96% території адміністративно-територіальних одиниць характеризуються 50% розораності і мають нестійкий та руйнівний ступінь ландшафтів. Визначено, що внаслідок винищення лісосмуг і за відсутності лісомеліоративних заходів, про що свідчать показники лісистості, близько 76% території регіону досліджень зазнають систематичної водної і вітрової ерозії ґрунтів. Встановлено, що середнє значення схилу території адміністративно-територіальних одиниць сухостепової зони досліджень змінилося від 0,6 до 4,6°. Встановлено, що близько 44,2% сільськогосподарських земель

потенційно характеризуються слабозмитими ґрунтами, 10,8 — середньозмитими, 5,2% — сильнозмитими, що свідчить про погіршення їх агрофізичних властивостей та можливість повної втрати гумусового горизонту і незворотних деградаційних процесів. Акцентовано, що відповідно до показника схилів південної експозиції близько 36% сільськогосподарських земель характеризується підвищеним ерозійним потенціалом під час сніготанення. Отримані результати надають можливість визначити необхідність просторового дискретно-розподільного впровадження адаптивно-ландшафтного протиерозійного проектування з елементами ґрунтозахисного землеробства.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Розширений п'ятирічний звіт про опустелювання та деградацію земель. К., 2012. 45 с.
2. Про схвалення Концепції боротьби з деградацією земель та опустелюванням: розпорядження Кабінету Міністрів України від 22 жовтня 2014 р. № 1024-р // Землевпорядний вісник. 2014. № 11. С. 53–55.
3. Потравка Л.О. Развитие инфраструктуры аграрного рынка Южного региона: автореф. дис. ... канд. экон. наук. Житомир, 2008. 23 с.
4. Tanklevska N.S.; Potravka L.O. Systematic Approach to the Solution of Transformation Research Problem of National Economy of Ukraine // *Oblik i Finansi*. 2015. № 68. P 145–149.
5. Пропозиція. Главный журнал по вопросам агробизнеса. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://propozitsiya.com/shchoroku-ukrayinskyu-grunt-vtrachaye-po-400-500-kgga-organiky>
6. Пічура В.І., Безницька Н.В. Просторово-часова трансформація агрохімічного стану ґрунтів у зоні сухого степу // Наукові доповіді НУБіП України. 2017. № 3 (67). [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/8723>
7. Pichura V.I. Basin approach to spatial-temporal modeling and neyroprediction of potassium content in dry steppe soils // *Biogeosystem Techniqu*. 2015. № 2 (4). С. 172–184. DOI: 10.13187/bgt.2015.4.172.
8. Lisetskii F.N., Pichura V.I., Breus D.S. Use of Geoinformation and Neurotechnology to Assess and to Forecast the Humus Content Variations in the Step Soils // *Russian Agricultural Sciences*. 2017. № 2 (43). P. 151–155.
9. Лисецкий Ф.Н. Светличный А.А., Черный С.Г. Современные проблемы эрозиоведения; под ред. А.А. Светличного. Белгород: Константа, 2012. 456 с.
10. Пилипенко О.І. Юхновський В.Ю., Дударець С.М., Малюга В.М. Лісові меліорації: підруч.; за ред. В.Ю. Юхновського. К.: Аграрна освіта, 2010. 282 с.
11. Агролісомеліорація. Терміни і визначення понять: ДСТУ ISO 4874:2007. К.: Держспоживстандарт України, 2009. 20 с.
12. Пилипенко А.И. Лесоводственные особенности и мелиоративное влияние полей защитных лесных полос в условиях черноземной Степи Украины (Теоретическое и экспериментальное обоснование оптимальных конструкций лесополос). К.: УСХА, 1992. 75 с.
13. Зуза В.О., Погромська Я.А., Зуза С.Г. Протиерозійно впорядкований агроландшафт як охоронний захід з відновлення екосистем // *Промышленная ботаника*. 2011. Вып. 11. С. 65–69.
14. Пилипенко А.И. Полезащитная эффективность узких лесных полос различных конструкций в условиях черноземной Степи СССР // *Лесной журнал*. 1977. № 3. С. 17–21.
15. Юхновський В.Ю. Лісоаграрні ландшафти рівнинної України: оптимізація, нормативи, екологічні аспекти; за ред. О.І. Пилипенка. К.: Ін-т аграрної економіки УААН, 2003. 273 с.
16. Оценка эрозионной опасности и эродированности почв. Ч. 1. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://polyera.ru/ekologicheskie-osnovy/338-ocenka-erozionnoy-opasnosti-i-erodirovannosti-pochv-chast-1.html>
17. Пічура В.І. Теоретико-методологічні основи басейнової організації природокористування на водозбірних територіях транскордонних річок (на прикладі басейну Дніпра): автореф. дис. ... док. с.-г. наук. Дніпро, 2017. 40 с.
18. Бурак Ж.А. Бассейновая организация природопользования в Белгородском экорегионе: автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Москва, 2015. 23 с.

## Інформація про авторів

**Яремко Юрій Іванович** — доктор економічних наук, доцент, перший проректор, Херсонський державний аграрний університет (Україна, 73006, м. Херсон, вул. Стрітенська, 23; e-mail: pivden-zemlja@ukr.net)

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

Yu.I. Yaremko

Doctor of Economics Sciences, Docent  
Kherson State Agricultural University  
(Ukraine, Kherson; e-mail: pivden-zemlja@ukr.net)

N.V. Dudiak

Candidate of Economics Sciences, Docent  
Kherson State Agricultural University  
(Ukraine, Kherson; e-mail: dudyaknata@ukr.net)

### GEOMODELING OF EROSION DANGER OF THE REGIONS OF THE STEPPE OF UKRAINE ACCORDING TO THE MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS

*The results of the morphological analysis of the erosion danger of the regions of the steppe of Ukraine (Dniprovska, Zaporizhska, Kirovograd, Mykolayiv, Odessa, Kherson regions with a total area of research — 167.4 thousand km<sup>2</sup>) with the usage of GIS and RSE-technologies are presented. It is determined that about 76% of the territory of the region of research is subject to systematic erosion of soils in terms of forests. Territory with a share of lands with slopes of steepness more than 1° more than 50% has made 115.8 thousand km<sup>2</sup> (69.2%); over than 2° more than 30% with a total area of 100.4 thousand km<sup>2</sup> (60.3%); over than 3° more than 20% make 50.0 thousand km<sup>2</sup> (29.9%); over than 5° more than 10% make 23.0 thousand km<sup>2</sup> (13.7%). About 44.2% of agricultural land is potentially related to weakly ground soils, 10.8% of medium-sized ones, and 5.2% of strongly-edged. It is accentuated that by the indicator of the southern exposure slopes, about 36% of agricultural land is characterized by an increased level of erosion processes during snowmaking. The obtained results have provided an opportunity to determine the spatially discrete-distributed priority needs for the implementation of adaptive-landscape anti-erosion design with elements of soil protection agriculture.*

*Keywords: erosion, morphological characteristic, plowing, forest, slopes, slope exposure, steppe zone.*

### REFERENCES

1. Rozshyrenyi piatyrichnyi zvit pro opusteliuvannia ta dehradatsiiu zemel [An expanded five-year report on desertification and land degradation]. К., 2012. 45. (In Ukr.)
2. The Cabinet of Ministers of Ukraine (2014), The order «On approval of the concept of combating land degradation and desertification», Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1024-2014-%D1%80> (date of access: 16.02.2019).
3. Potravka, L.O. (2008). *Rozvytok infrastruktury ahrarynoho rynku Pivdennoho rehionu [Development of infrastructure of the agrarian market of the Southern region]: author's abstract. dys. ... kand. ekon. sciences: 08.00.04 / State higher education institute «State agro-environmental university»*. Zhytomyr, 2008. 23. (In Ukr.)
1. Tanklevska, N.S. & Potravka, L.O. (2015). Systematic Approach to the Solution of Transformation Research Problem of National Economy of Ukraine. *Oblik i Finansi [Accounting and finance]*, 68. 145–149.
2. Ежегодно украинская почва теряет по 400-500 кг/га органики [Annually, Ukrainian soil loses 400–500 kg/ha of organic matter]. Propozytsiia [Proposal]. [Electronic source]. URL: <http://propozitsiya.com/> (In Russ.)
3. Pichura, V.I. & Beznitska, N.V. (2017). Prostorovo-chasova transformatsiia ahrokhimichnoho stanu gruntiv u zoni suchoho stepu [Spatio-temporal transformation of the agrochemical state of soils in the dry steppe zone]. *Naukovi Dopovidi NUBiP Ukrainy [Scientific reports of NULES of Ukraine]*, 3 (67). [Electronic source]. URL: <http://journals.nubip.edu.ua/> (In Ukr.)
4. Pichura, V.I. (2015). Basin approach to spatial-temporal modeling and neyroprediction of potassium content in dry steppe soils. *Biogeosystem Techniqu*, 2 (4). 172–184.



5. Lisetskii, F.N., Pichura, V.I. and Breus, D.S. (2017). *Use of Geoinformation and Neurotechnology to Assess and to Forecast the Humus Content Variations in the Step Soils. Russian Agricultural Sciences*, 2 (43). 151–155.
6. Liseckij, F.N. Svetlichnyj, A.A., and Chernyj, S.G. (2012). *Sovremennyye problemy eroziovedeniya [Modern problems of erosion science]*. Belgorod: Konstanta. 456. (In Russ.)
7. Pylypenko, O.I., Yukhnovskyi, V.Yu., Dudarets, S.M. and Maliuha, V.M. (2010). *Lisovi melioratsii [Forest reclamation]*. K.: Ahrarna Osvita. 282. (In Ukr.)
8. Ahrolisomelioratsiia. Terminy i vyznachennia poniat: DSTU ISO 4874:2007 [Agroforestry. Terms and definitions: DSTU ISO 4874: 2007]. K.: Derzhspozhyvstandart Ukrainy, 2009. 20. (In Ukr.)
9. Pilipenko, A.I. (1992). *Lesovodstvennye osobennosti i meliorativnoe vliyanie polezashitnye lesnyh polos v usloviyah chernozemnoj Stepi Ukrainy (Teoreticheskoe i eksperimentalnoe obosnovanie optimalnykh konstrukcij lesopolos) [Silvicultural features and reclamation effects of field-protecting forest belts in the conditions of the black-earth Steppe of Ukraine (Theoretical and experimental justification of optimal designs of forest belts)]*. K.: USHA. 75. (In Russ.)
10. Zuza, V.O., Pohromska, Ya.A. and Zuza, S.H. (2011). Protyerозиino vporiadkovanyi ahrolandshaft yak okhoronnyi zakhid z vidnovlennia ekosystem [Anti-erosion-regulated agro-landscape as a conservation measure for ecosystem restoration]. *Promyshlennaya botanika [Industrial Botany]*, 11. 65–69. (In Ukr.)
11. Pilipenko, A.I. (1977). Polezashitnaya effektivnost uzkih lesnyh polos razlichnykh konstrukcij v usloviyah chernozemnoj Stepi USSR [The waterproofing efficiency of narrow forest strips of various designs in the conditions of the black-earth Steppe of the Ukrainian SSR]. *Lesnoj zhurnal [Forest Journal]*, 3. 17–21. (In Russ.)
12. Yukhnovskyi, V.Yu. (2003). *Lisoaharni landshafty rivnynoi Ukrainy: optymizatsiia normatyvy ekolohichni aspekty: za red. Pylypenka, O.I. [Forest agrarian landscapes of flat Ukraine: optimization, standards, environmental aspects: edited by Pilipenko, O.I.]*. K.: In-t ahrarnoi ekonomiky UAAN. 273 c. (In Ukr.)
13. Ocenka erozionnoj opasnosti i erodirovannosti pochv [Assessment of erosion hazard and soil erosion]. [Electronic source]. URL: <http://polyera.ru/> (In Russ.)
14. Pichura, V.I. (2017). *Teoretyko-metodolohichni osnovy basinovoi orhanizatsii pryrodokorystuvannia na vodozbirnykh terytoriiakh transkordonnykh richok (na prykladi basynu Dnipra) [Theoretical and methodological foundations of the basin organization of nature management in the watershed territories of transboundary rivers (on the example of the Dnieper basin)]*: author's abstract. dys. ... doct. agric. sciences: 03.00.16 / Dnipropetrovskyi derzhavnyi ahrarno-ekonomichnyi universytet. Dnipro, 2017. 40. (In Ukr.)
15. Buryak, Zh.A. (2015). *Bassejnovaya organizaciya prirodopolzovaniya v Belgorodskom ekoregione [Basin organization of nature management in the Belgorod ecoregion]*: author's abstract. dys. ... doct. geograph. sciences: 25.00.36 / Belgorodskij gosudarstvennyj nacionalnyj issledovatel'skij universitet. Moscow, 2015. 23. (In Russ.)

#### Authors

**Yaremko Yurii Ivanovych** — Doctor of Economics Sciences, Docent, First Vice-Rector, Kherson State Agricultural University (Ukraine, 73006, Kherson, 23 Stritenskaya st.; e-mail: pivden-zemlja@ukr.net)

**Dudiak Nataliia Vasylivna** — Candidate of Economics Sciences, Docent, Head of the Department of Land Management, Geodesy and Cadastre, Kherson State Agricultural University (Ukraine, 73006, Kherson, 23 Stritenskaya st.; e-mail: dudyaknata@ukr.net).