УДК 332.3:502.175
DOI: https://doi.org/10.32782/2413-9971/2019-28-17

Дудяк Н. В.
кандидат економічних наук, доцент,
завідувач кафедри землеустрою, геодезії та кадастру
Херсонського державного аграрного університету
Строганов О. О.
аспірант
Херсонського державного аграрного університету

Dudiak Natalya
PhD (Economics), Assoc. Professor, Head of Department of
Land Management, Geodesy and Cadaster
SIHE «Kherson State Agricultural University
Strohanov Oleksandr
Postgraduate,
SIHE «Kherson State Agricultural University

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ НАСЛІДКИ ДЕФЛЯЦІЙНОЇ ДЕСТРУКЦІЇ СТЕПОВИХ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ

Анотація. Зниження ефективності ведення сільського господарства пов'язано з впливом вітрової ерозії, наслідками якої є зниження родючості ґрунтів. Значні прояви вітрової ерозії характерні для аридних і семіаридних зон, які мають незначну кількість опадів, високу температуру повітря і ступень випаровуваності, посилені сильними вітрами і низькою диференціацією рослинної захищеності. Доведено, що інтенсивність проявів дефляційних процесів залежить від фізико-географічних умов розміщення земель сільськогосподарського призначення, системності ґрунтозахисних заходів і наявності рослинного покриву. Встановлено, що прискорення дефляційних процесів відбувається на територіях із посиленим антропогенним навантаженням, що призводять до екологічного порушення природної рівноваги територіальних екосистем. У процесі проведених досліджень установлено, що природні процеси вітрової ерозії значною мірою посилюються відсутністю науково обґрунтованої і еколого-меліоративної системи землеробства, що призводить до деструкції ґрунтового покриву, зниження ґрунтової родючості, пошкодження сільськогосподарських культур і, як наслідок, економічних збитків. У результаті застосування ГІС- і ДЗЗ-технологій, а також емпірично-статистичної моделі можливих утрат ґрунту від вітрової ерозії на території зони Степу України визначено, що в результаті дефляційних процесів на територіях, занятих чистим паром, за відсутності умов протидефляційних заходів значення втрати ґрунту в епіцентрі пилових бур може сягати близько 600 т/га. Дослідженнями доведено важливість протидефляційної дії рослинного покриву, що зумовлює збільшення ерозійно небезпечних (сприятливих) площ сільськогосподарських угідь у 1,7 рази, що знижує втрати ґрунту у 5,62 рази. Відповідно до інтенсивності проявів дефляційних процесів і перевищення втрат ґрунту, запропоновано контурно-меліоративні протидефляційні заходи з елементами ґрунтозахисного землеробства.

Ключові слова: вітрова ерозія, втрати ґрунту, еколого-економічні наслідки, моделювання, ГІС, ДЗЗ.

Вступ та постановка проблеми. Поширення зони впливу вітрової ерозії призводить до зниження ефективності ведення сільського господарства, оскільки дефляційно-просторовий перерозподіл часток ґрунту знижує рівень родючості ґрунтів, який є основним чинником впливу на врожайність сільськогосподарських культур. Інтенсивність проявів дефляційних процесів залежить від фізико-географічних умов розміщення земель сільськогосподарського призначення, системності ґрунтозахисних заходів і наявності рослинного покриву [1]. Значні прояви вітрової ерозії характерні для аридних і семіаридних зон, які мають незначну кількість опадів, високу температуру повітря і ступень випаровуваності, посилені сильними вітрами і низькою диференціацією рослинної захищеності. У результаті проведених досліджень визначено, що прискорення дефляційних процесів відбувається на територіях із посиленим антропогенним навантаженням, що призводять до екологічного порушення природної рівноваги територіальних екосистем [2-4]. Тому визначення впливовості чинників і процесів вітрової ерозії, частоти їх прояву, неоднорідності просторового розподілу на економічну ефективність ведення сільського господарства є актуальним напрямом досліджень у контексті забезпечення умов сталого землекористування.

Установлено, що збільшення амплітуди коливання температури повітря та ґрунтів, зниження суми річних опадів, гідротермічного коефіцієнту, скорочення безморозного періоду, посилення активності вітру призводять до розвитку дефляційних процесів, що визначається проявами ерозійно небезпечного клімату, який зумовлюється континентальністю [3]. Передусім у зоні посилення вітрово-ерозійних процесів знаходяться ґрунти зони Степу, які характеризуються легким гранулометричним складом, низькою швидкістю ґрунтоутворення, середнім та низьким рівнями вмісту гумусу, слабкою зв'язністю і міцністю ґрунтової грудки. На степовому, переважно рівнинному, рельєфі вітер набирає велику швидкість, що спричиняє збільшення ударної сили переносу частинок. Основними чинниками ступеню прояву дефляційної деструкції ґрунтового покриву є характеристики вітру (швидкість, частота повторення, його сила і тривалість), земної поверхні (рослинність, його висота і щільність покриву, нерівність поверхні, наявність ґрунтової вологи), ґрунтів (розмір частинок, їх зв'язаність, розподіл агрегатів і кількість органічної речовини). Найбільша ступінь протидефляційної стійкості мають ґрунти зі співвідношенням 20–30% глини, 40–50% пилу і 20–40% піску [14; 12].

Таким чином, ерозійна деградація земель викликає погіршення природних властивостей ґрунту, зокрема зменшення родючості ґрунтів, звуження біорізноманіття, погіршення якості поверхневих і ґрунтових вод, зниження рівня продуктивності агроекосистем. Доведено, що дефляційні втрати 10 см родючого шару ґрунту прирівнюються до переміщення понад 1 тис т/га ґрунту [2; 3], а за умови визначення середнього високого ступеня еродованості мають землі з утратою до 5 тис т/га ґрунту. У повнопрофільних чорноземах запас гумусу становить 216 т/га, у результаті прояву ерозії втрати сягають 114 т/га.

У цьому контексті вирішення проблеми раціонального використання та охорони земель сільськогосподарського призначення має стати пріоритетним напрямом державної політики у сфері земельних відносин і забезпечення сталого землекористування. Визначено, що спостерігається стійка тенденція до неконтрольованого посилення процесів ерозійної деградації, дегуміфікації, підкислення та зниження родючості ґрунтів. В умовах змін клімату негативні процеси деградації ґрунтів є вагомим чинником інтенсифікації процесів опустелювання земель та негативного впливу на продуктивність агроекосистем, що знижує ефективність сільськогосподарського виробництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зокрема, визначення еколого-економічних наслідків дефляційної деструкції степових ґрунтів України має відображення у публікаціях А.Б. Ачасова, С.А. Балюка, О.О. Бессонової, С.Ю. Булигіна, М.Д. Волощука, Е.Г. Дегодюка, Ф.М. Лісецького, О.І. Пилипенка, О.С. Ситника, О.Г. Тараріка, О.І. Фурдичка, С.Г. Чорного, Г.В. Швебса. Для встановлення рівня небезпеки дефляційних процесів, визначення рівня збитків від їх проявів запропоновано контурно-меліоративні протидефляційні заходи з елементами ґрунтозахисного землеробства, поглиблено систему оцінки збитків соціокультурним складником.

Вплив проявів вітроерозійних процесів у зоні Степу України на ефективність ведення сільського господарства актуалізує необхідність здійснення моделювання просторової диференціації і прогнозування потенційних ерозійних утрат ґрунту. Сьогодні функціонуюча система прогнозування потенційних ерозійних утрат ґрунту потребує створення просторових моделей дефляційних утрат ґрунту, які є базисом для визначення адаптивних протиерозійно-ґрунтозахисних і контурно-меліоративних заходів, необхідно застосувати геостатистичні і математичні моделі з елементами дистанційного зондування Землі.

Метою даної роботи є геомоделювання потенційних дефляційних утрат ґрунтів у зоні Степу України, спрямованого на визначення екологічного стану агроландшафтів, проєктування адаптивного комплексу протиерозійно-ґрунтозахисних і контурно-меліоративних заходів, спрямованих на підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва.

Результати дослідження.

У процесі досліджень проаналізовано можливість використання різних підходів до розрахунку дефляційних утрат ґрунту. Зокрема, дослідник Bagnold [5] запропонував рівняння переміщення піску залежно від швидкості вітру над еродованою поверхнею. Модифіковану форму цього рівняння запропонував Zingg [6], але воно не набуло подальшого широкого застосування. Chepil [7] зазначив, що запропонована авторами методика виключає просторово-часові відмінності окремих факторів, тому ним було запропоновано розраховувати потенційну вітрову ерозію за методикою, подібною до рівняння втрат ґрунту від водно-ерозійних процесів. Уважаємо, що запропонований метод є універсальним, але за наявних значних метричних відмінностей полів ускладнює процес одержання точної просторової моделі середньої захищеності довжини поля, що спричиняє похибки у розрахунках утрат ґрунту [2].

У зв'язку із цим у процесі визначення можливих утрат ґрунту на території Степу України використано модель вітрової ерозії ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського», яка адаптована до різних фізико-географічних умов країни [16]:

$$E_p = \frac{10^{a-bk} \cdot 0.1 K_s \cdot V^3_{av_\max} \cdot t \cdot K_{spe}}{V^3_{aer}}, \qquad (1)$$

де E_p – потенційно можливі дефляційні втрати ґрунту, т/га за рік; *a, b* – степеневі коефіцієнти, які залежать від генезису, гранулометричного складу, щільності і деяких інших властивостей ґрунтів (розраховані експериментально); *k* – грудкуватість поверхневого (0–3 см) шару ґрунту (вміст агрегатів або часток більше 1 мм),%; K_s – коефіцієнт руйнування агрегатів поверхневого шару ґрунту під впливом ударів ґрунтових часток та їх стирання

повітряно-пиловим потоком; V_{av_max} – середня максимальна швидкість вітру під час пилових бур 20-ї забезпеченості, м/с (20% забезпеченість показує, що цей показник, визначений за багаторічними даними, вірний у 80 випадках зі 100, тобто тільки у 20% випадків швидкість вітру під час пилових бур буде більшою); t – середня кількість годин із проявленням вітрової ерозії за рік за багаторічними даними; K_{spe} – коефіцієнт ґрунтозахисної ефективності протидефляційних заходів; V_{aer} – базова швидкість потоку в аеродинамічній установці, яка дорівнює 23 м/с у перерахуванні на висоту флюгера (10 м); 0,1 – перерахування з г/м^2 за 5 хвилин у т/га за рік.

Розрахунок дефляційних утрат ґрунту проведено в середовищі ГІС ліцензійного програмного продукту ArcGIS10.1, для цього створено растрові моделі (розмір чарунки 30×30 м) розподілу окремих факторів на території зони Степу України (рис. 1) загальною площею 167,4 тис км^2, у т.ч. площа сільськогосподарських угідь – 131,6 тис км^2. Сільськогосподарська освоєність регіону досліджень варіює в межах 20–97%.

Просторові моделі розподілу величини коефіцієнтів регресій (a, b), грудкуватості (k) та коефіцієнтів руйнування (Ks) створені на основі присвоєння відповідних значень кожному ґрунтовому різновиду зони Степу України (рис. 2). Растрові моделі просторового розподілу середньої максимальної швидкості вітру під час пилових бур (Vav_max), а також середньої кількості годин із проявленням вітрової ерозії за рік (t) на території степових ґрунтів отримані на основі екстраполяції декомпозицій даних метеорологічних картограм за усередненими даними 1990–2018 рр.

Коефіцієнт ґрунтозахисної ефективності протидефляційних заходів (K_{spe}) розраховано за модифікованим еро-зійним індексом культури або коефіцієнту рослинного покриву (C'), який відображає рівень ефективності вирощування сільськогосподарських культур, а також впливовість природного рослинного покриву (дерева, трави) території землі на зменшення втрат ґрунту. Доведено, що збільшенні рослинності призводить до зменшення втрати ґрунту. Коефіцієнт рослинного покриву (C') є найбільш чутливим до втрати ґрунту [18].

Для визначення фактору C' використано дані дистанційного зондування землі (ДЗЗ) коректно каліброваного супутникового знімку *Landsat-8* із геометричним розрізненням (просторовим дозволом) ~ 30×30 м станом на березень і серпень 2018 р. Генерація значень C'-фактора проводилася на основі безрозмірного показнику *NDVI* (нормалізованого диференціального вегетаційного індексу), для цього використано модифіковану формулу [23]:

$$C = \exp(-\alpha((NDVI)/(\beta - NDVI))) \quad (2)$$

$$C' = C/\max(C), \quad (3)$$

де, α і β – безрозмірні параметри, які визначають форму кривої, що відноситься до *NDVI* і *C*-фактора. Параметри α і β мають значення 2 і 1 відповідно. Значення C' находиться в діапазоні від 0 (максимальна протидефляційна дія рослинного покриву) до 1 (мінімальна або відсутня протидефляційна рослинність).

Запропонована методика розрахунків дефляційних утрат ґрунту є основним складником екологічної оцінки, що дає змогу запропонувати здійснення оцінювання збитків від деградації ґрунтів. У процесі оцінювання використовується витратний, дохідний та порівняльний методи. У зв'язку з необхідністю збереження земель для майбутніх поколінь як основного продуктивного ресурсу, що є складником національного багатства, необхідно визначати обсяг

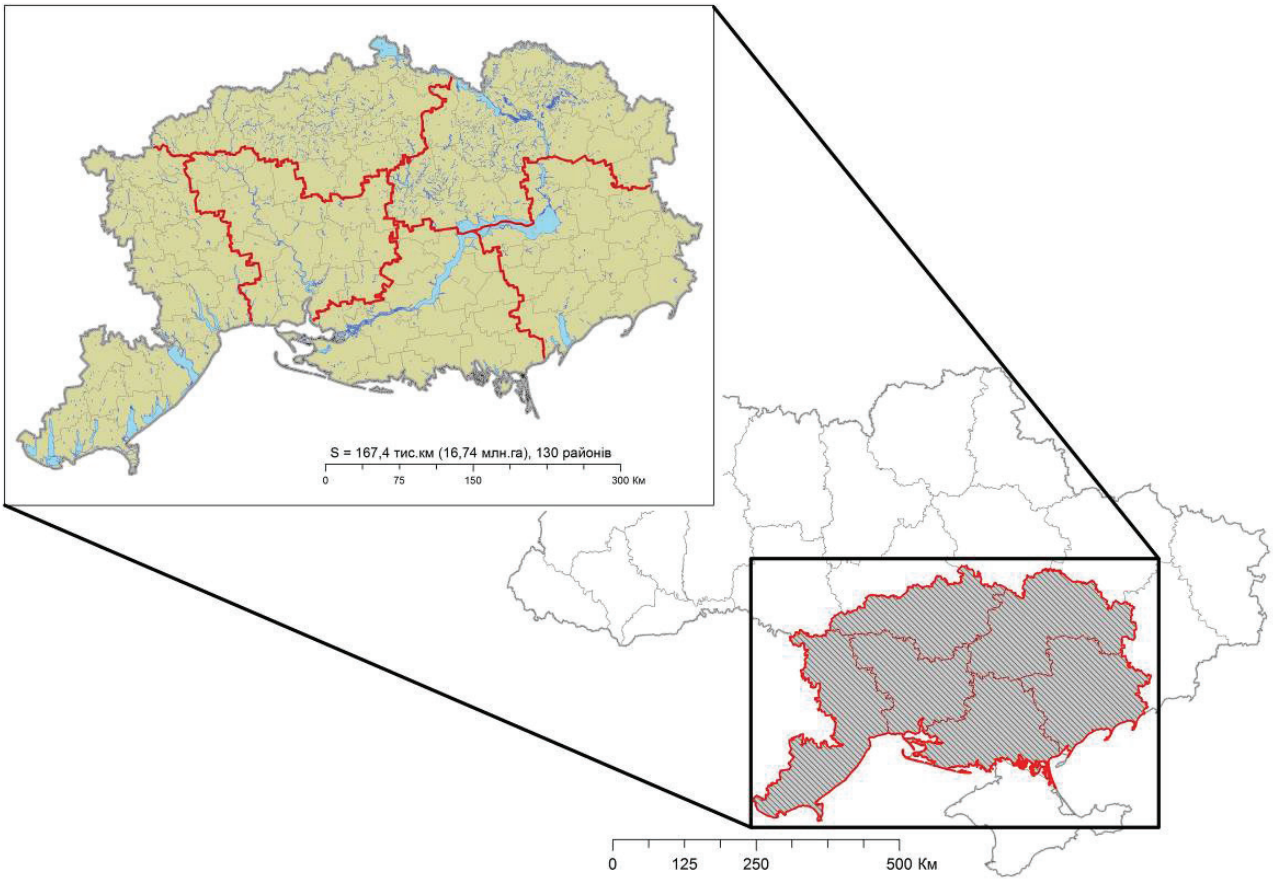

Рис. 1. Просторова характеристика території досліджень

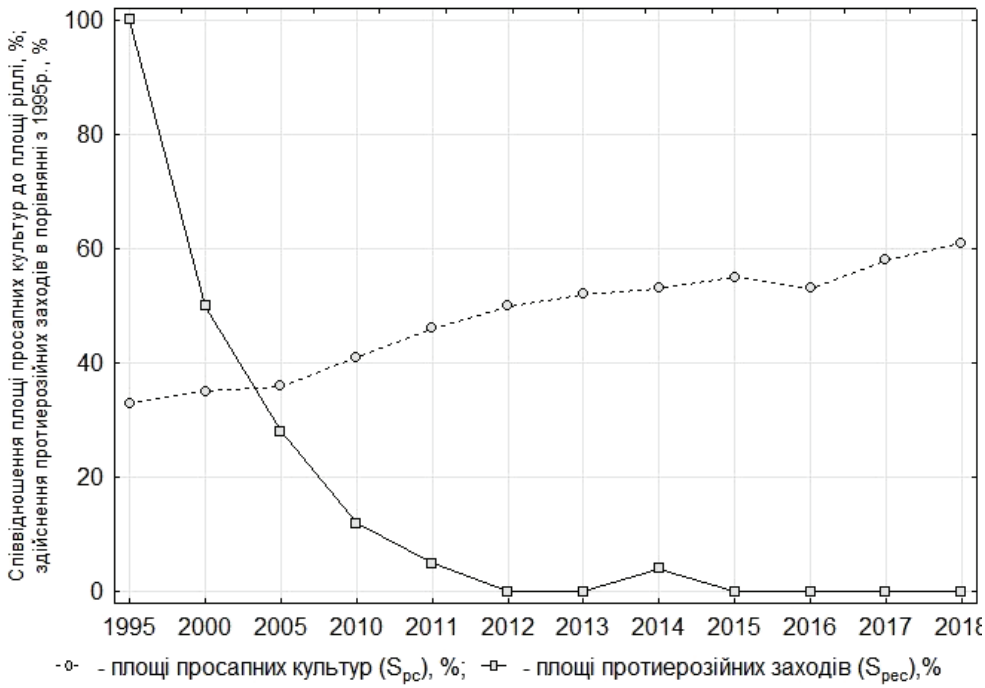

Рис. 2. Закономірність збільшення площ просапних культур і динаміки здійснення протиерозійних заходів

суспільних збитків від деградації. Суспільні збитки, крім прямих утрат сільськогосподарської продукції та зниження рівня економічних показників виробництва, мають включати витрати на відновлення родючості ґрунтів та їхнього стану. Дослідниками [9] запропоновано розраховувати збитки від деградації та виснаження ґрунтів, нами систему розрахунку доповнено показником соціокультурних утрат:

$$Рзбитку = Воцін. + Ввіднов. + Впошкодж. + Векос.послуг + Всоціокультурні \quad (4)$$

Дана методика включає витрати на дослідження та проведення оцінки розміру збитків, як правило, складається з вартості лабораторних досліджень та аналітичної обробки; витрати на ліквідацію негативних наслідків ерозійних процесів та витрат на відновлення ґрунтів (протиерозійні заходи щодо поліпшення та збереження ґрунтів); вартість утрачених та пошкоджених природних об'єктів; вартість утрачених екосистемних послуг щодо природоохоронних функцій ґрунтових екосистем; соціокультурні втрати, які відображають утрачені можливості суспільства на основі сприйняття ним інформації щодо втрат даного виду ресурсу.

Під впливом водної ерозії знаходиться 13,4 млн. га, що становить 31,4% від загальної площі с.-г. земель (42,7 млн. га). Вплив вітрової ерозії – 6 млн. га (14,0% площі с.-г. земель), а в роки прояву пилових бур – 20 млн. га, з них слабоеродованих – 75%, середньо- та сильноеродованих – 25%. Також слід відзначити порушення ярами понад 500 тис га родючих земель. Таким чином, визначено, що за умов відсутності екологічно обґрунтованих протиерозійних заходів спостерігається інтенсивний перехід земель із категорії слабозмитих у категорію середньозмитих та сильнозмитих, що суттєво впливає на зниження родючості ґрунтів.

Визначено, що за останні 40 років площа еродованих земель на території України зросла на 2,5 млн. га зі щорічним збільшенням еродованої ріллі 60–80 тис га. Ерозійні втрати ґрунту на території України становлять у середньому 10–15 т/га на рік, а сумарні середньорічні втрати ґрунтів за різними даними – від 260 млн. т до 500 млн. т ґрунту [2-4]. У період 1960–2015 рр. площа еродованих ґрунтів, зайнятих сільськогосподарськими угіддями, збільшилася на 30–35%, площа сильнозмитих ґрунтів зросла на 20%, слабо- і середньозмитих – на 2% і 12% відповідно [2].

За результатами досліджень установлено, що за інтенсивністю ерозійних процесів Україна займає дев'яте місце серед європейських країн. Зокрема, з продуктами ерозії виноситься до 24 млн. т гумусу із земель сільськогосподарського призначення, а також 0,96 млн. т азоту, 0,68 млн. т фосфору, 9,40 млн. т калію. У зв'язку із цим урожайність сільськогосподарських культур на еродованих ґрунтах зменшується на 20–60%. Тому втрати продукції землеробства від ерозії перевищують 9–12 млн. т зернових одиниць на рік, а економічні збитки за таких умов сягають 6 млрд. дол. США.

Причиною негативних ерозійних проявів є високий ступінь розораності території України, розорано понад 80% сільськогосподарських угідь, із них 53,8% ріллі. В останні роки інтенсивно розорюються землі гідрографічного фонду, круті схили, водоохоронні зони, заплавні луки та русла річок. Це є результатом неконтрольованого процесу землекористування в умовах незавершеності земельних реформ, що посилюється відсутністю чітких державних, регіональних і місцевих програм охорони ґрунтів, розроблення дієвих механізмів економічного стимулювання сільськогосподарських виробників щодо захисту ґрунтів від ерозії, відсутністю системи науково обґрунтованих екологічних норм оцінки земельних ресурсів.

$$S_{рс} = 234.02 \cdot 10^3 - 234.42t + 0.059t^2,\ r^2 = 0.94$$

$$S_{рес} = 916.79 \cdot 10^3 - 909.62t + 0.226t^2,\ r^2 = 0.94$$

За умов необхідності розроблення системи ґрунтозахисних протиерозійних контурно-меліоративних заходів слід ураховувати, що схилові орні землі є ерозійно небезпечними, з них близько 80% відносяться до слабко- та середньоерозійно небезпечних; 20% земель мають підвищену ерозійну небезпеку, які потребують докорінних змін протиерозійної організації території на основі ґрунтозахисної, ресурсозберігаючої, біологічно чистої, екологічно безпечної системи землеробства. Важливим складником

процесу оптимізації структури агроландшафтів і систем землекористування є їх агроекологічна типізація й зонування за ресурсами тепла, вологи, родючості ґрунтів та ризиків прояву ерозійних процесів, що є основними чинниками деградації та опустелювання агроландшафтів [13].

Визначено, що збільшення площ просапних культур у сівозмінах (рис. 2) супроводжується інтенсифікацією ерозійних процесів та дегуміфікацією ґрунтів. Підвищення інтенсивності зливових опадів та вітрового режиму на тлі збільшення площ посіву просапних культур та фактичного припинення запровадження протиерозійних заходів спричиняє прискорення ерозійної деградації ґрунтів у всіх ґрунтово-кліматичних зонах України.

У процесі проведених досліджень установлено, що природні процеси вітрової ерозії значною мірою посилюються відсутністю науково обґрунтованої й еколого-меліоративної системи землеробства, що призводить до деструкції ґрунтового покриву, зниження ґрунтової родючості, пошкодження сільськогосподарських культур і, як наслідок, економічних збитків (рис. 3).

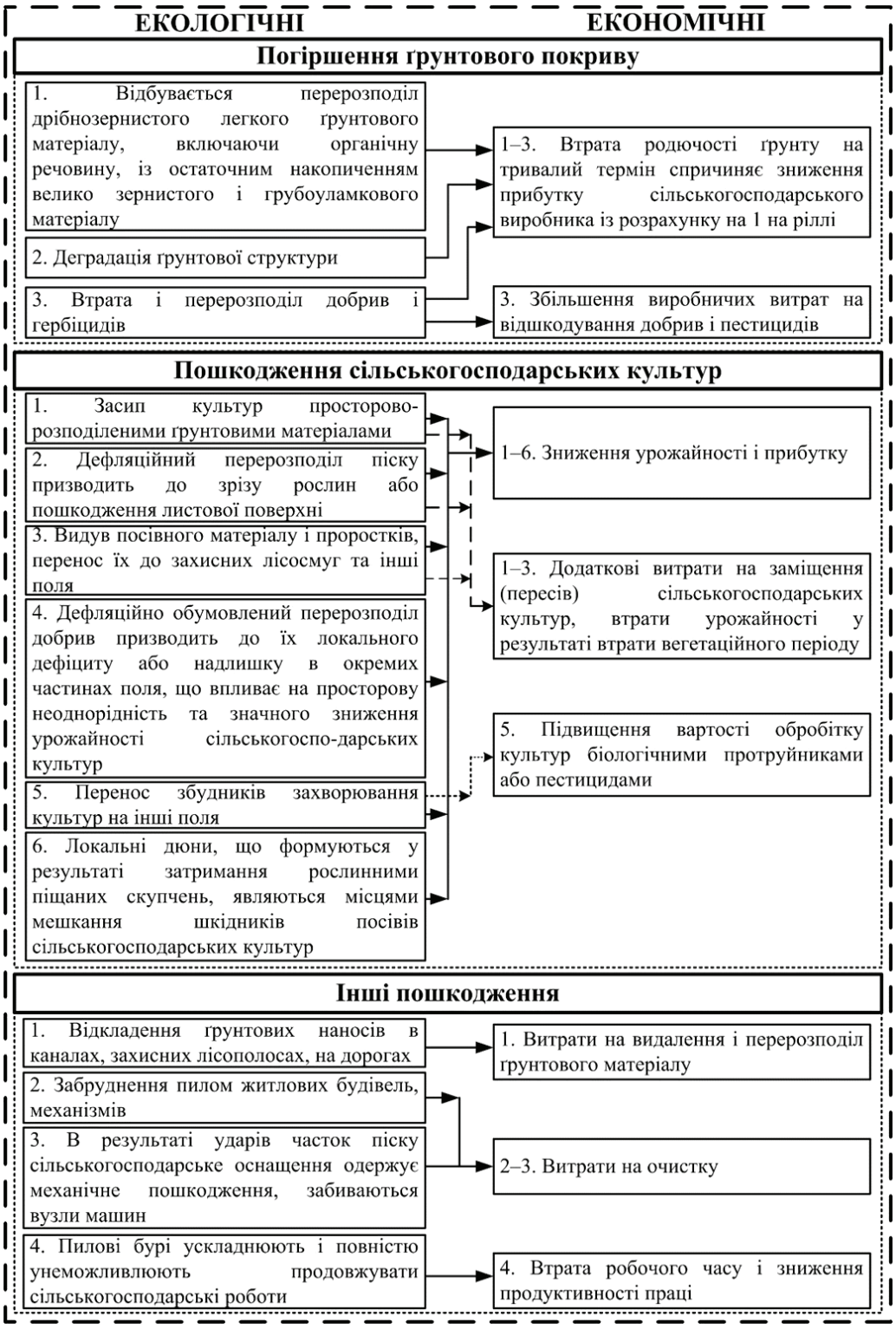

Рис. 3. Еколого-економічні наслідки вітрової ерозії

Із метою встановлення причинно-наслідкових зв'язків розвитку вітрової ерозії визначено, що збільшення площ орних земель відбувається переважно за рахунок зменшення пасовищ і залеж, рослинний покрив яких виконує функцію відновлення ґрунтової родючості. Це, своєю чергою, призвело до збільшення дефляційно небезпечних площ і частоти періодів негативної дії вітрової ерозії. Також відсутність екологічно обґрунтованих сівозмін і прояви обробітку монокультур спричинили зниження природної стабільності та родючості ґрунту

Системне використання застарілих методів видалення рослинних решток (спалення стерні та соломи) призводить до зниження ґрунтозахисного ефекту і надходження в ґрунті органічної речовини, необхідної для підтримки ґрунтової структури і родючості. Відсутність екологічного обґрунтування використання мінеральних добрив призводить до зниження щільності ґрунтових агрегатів, а вдосконалення методів боротьби з бур'янами зменшує їхню протидефляційну роль. Вирубка захисних лісосмуг збільшує ударну силу вітру, що призводить до порушення водоутримуючих та інфільтраційних властивостей ґрунту, спричиняючи вимивну й ярову ерозії, що викликає перерозподіл ґрунтового матеріалу, зумовлюючи формування складного ґрунтового профілю.

Дослідниками встановлено, що низька ефективність існуючих контурно-меліоративних протидефляційних заходів у зоні Степу України спричинила великомасштабну катастрофу 2007 р., коли близько 20% площ сільськогосподарських угідь знаходилися в епіцентрі дії пилових бур. У зв'язку із цим утрати ґрунту становили від 10 до 400 т/га [19]. Отже, проблема захисту ґрунтів від деградаційних процесів, особливо в степових регіонах України, набула особливої актуальності та потребує проведення детальних комплексних досліджень у напрямі розроблення науково обґрунтованих регіональних ґрунтозахисних систем землеробства, пошуку нових методів відтворення родючості еродованих земель.

Із цією метою в результаті просторового моделювання створено растрові моделі просторової диференціації вітрово-ерозійних факторів та розраховані дефляційні втрати ґрунту на території зони Степу України. Величини коефіцієнтів регресій (*a, b*), грудкуватості (*k*), коефіцієнтів руйнування (K_s) для основних ґрунтів України розраховано відповідно до методики потенційних утрат ґрунту [20]. Дослідженнями визначено, що коефіцієнти характеристик генезису, гранулометричного складу, щільності та інших властивостей ґрунтів степового регіону варіюють *фактор–a* (рис. 4*а*) від 2,3497 (дерново-підзолисті, дернові опідзолені, оглеєні, опідзолені ґрунти піщані, глинисто-піщані і супіщані ґрунти) до 4,3060 (чорноземи типові і звичайні середньо і сильно еродовані ґрунти), *фактор–b* (рис. 4*б*) від 0,020 (чорноземи, південні солонцюваті ґрунти) до 0,058 (чорноземи типові і звичайні середньо і сильно еродовані ґрунти). Середнє значення *фактору–k* (рис. 4*в*) варіює в межах від 17,5% (дерново-підзолисті, дернові опідзолені, оглеєні, опідзолені ґрунти піщані, глинисто-піщані і супіщані ґрунти) до 50,0% (сірі опідзолені, чорноземи опідзолені і солонцюваті, каштанові солонцюваті, солонці суглинкові і глинисті ґрунти), *фактору–*K_s (рис. 4*г*), від 0,5% (чорноземи типові і звичайні середньо і сильно еродовані ґрунти) до 0,83% (дерново-підзолисті, дернові опідзолені, оглеєні, опідзолені ґрунти піщані, глинисто-піщані і супіщані ґрунти). Середні максимальні швидкості вітру під час пилових бур 20%-ї забезпеченості ($V_{av.max}$) зменшуються з південно-східної частини регіону досліджень до північно-східної від 26,1 до 13,7 м/сек (рис. 5*д*), середнє число годин на рік із пиловими бурями (*t*) в зоні Степу України також варіює в даному напряму від 0 до 37,8 год. (рис. 5*є*).

Модифікований фактор–C' є ерозійним індексом культури або коефіцієнтом рослинного покриву, який визначає ґрунтозахисну ефективність протидефляційних заходів (K_{spe}) на території степових ґрунтів. Цей індекс визначає впливовість культури землеробства (сівозміни або рослинний покрив) та природної рослинності на дефляційні процеси. Для встановлення впливу *модифікований фактор–C'* на дефляційні процеси здійснено дешифрування коректно каліброваного супутникового знімку *Landsat-8* та отримано растрову модель просторового розподілу *фактору–C'* на території степового регіону досліджень станом на березень і серпень 2018 р. (рис. 4*ж*). Просторова диференціація дефляційного впливу *фактору–C'* залежить від розподілу площ земель. зайнятих під природною рослинністю і сільськогосподарськими культурами, а сезонне значення його варіює від 0 до 1. У результаті ГІС-моделювання з використанням моделі потенційно можливих утрат ґрунту в результаті дефляційних процесів на територіях, зайнятих чистим паром, за відсутності протиерозійних заходів (рис. 5*а*), утрати ґрунту в епіцентрі пилових бур становитимуть від 0,02 т/га до 598,3 т/га.

Для визначення ступеня небезпеки вітрової ерозії для основних ґрунтів рівнинної території України враховано норми вітроерозійних процесів (рис. 5*б*): дерново-підзолисті: дернові та оглеєні, їхні види, піщані та супіщані, норма ерозії становить 1,5 т/га; опідзолені ґрунти, оглеєні та реградовані їхні види, чорноземи звичайні усіх видів – 3,0 т/га; чорноземи типові всіх видів, лучно-чорноземні, лучні і чоноземно-лучні ґрунти всіх видів на лесових, алювіальних та делювіальних породах – 4,0 т/га; чорноземи південні всіх видів, чорноземи глинисто-піщані, чорноземи солонцюваті на нелесових породах – 2,5 т/га; темно-каштанові, каштанові солонцюваті, лучно-каштанові солонцюваті, оглеєні солонцюваті та осолоділі ґрунти подів, салонці і солончаки, лучно-болотні, болотні – 2,0 т/га.

Дефляційні втрати ґрунтів відсутні на територіях (рис. 5в) без перевищення нормативного їх значення (близько 11,80% площі сільськогосподарських земель (табл. 1)); слабка ерозія проявляється на 26,56% площі з перевищенням норми втрат ґрунту до 10-ти разів; середня – перевищення у межах 10–30 разів із площею поширення 23,5% сільськогосподарських земель; сильна – від 30 до 100 разів, площа дії становить 25,96%; дуже сильна – від 100 до 300 разів, близько 12,19% земель; катастрофічна – понад 300 разів із можливістю прояву аномальних явищ.

Відповідно до перевищення потенційних утрат ґрунту від дефляційних процесів (рис. 5*г*), рекомендовано впровадження відповідних протиерозійних заходів. Зокрема, на територіях зони Степу України з нормальним (сприятливим) ступенем прояву вітроерозійних процесів із допустимим перевищенням утрат ґрунту над нормою ерозії до 20 разів варто впроваджувати звичайні ґрунтозахисні заходи на 52,61% сільськогосподарських земель; на територіях із задовільним ступенем перевищення норми від 20 до 30 разів на 9,24% земель необхідно здійснювати додаткові детальні розрахунки втрат ґрунту, впроваджувати мінімальні або «нульові» технології обробітку ґрунту, проєктні відстані між основними лісосмугами повинні бути не більші 15–20-кратної висоти насаджень; на територіях із передкризовим ступенем дефляційних утрат ґрунту (перевищення норми – 30–50 разів) площею 12,33% земель необхідно впроваджувати ґрунтозахисні системи обробітку ґрунту, здійснювати додаткові

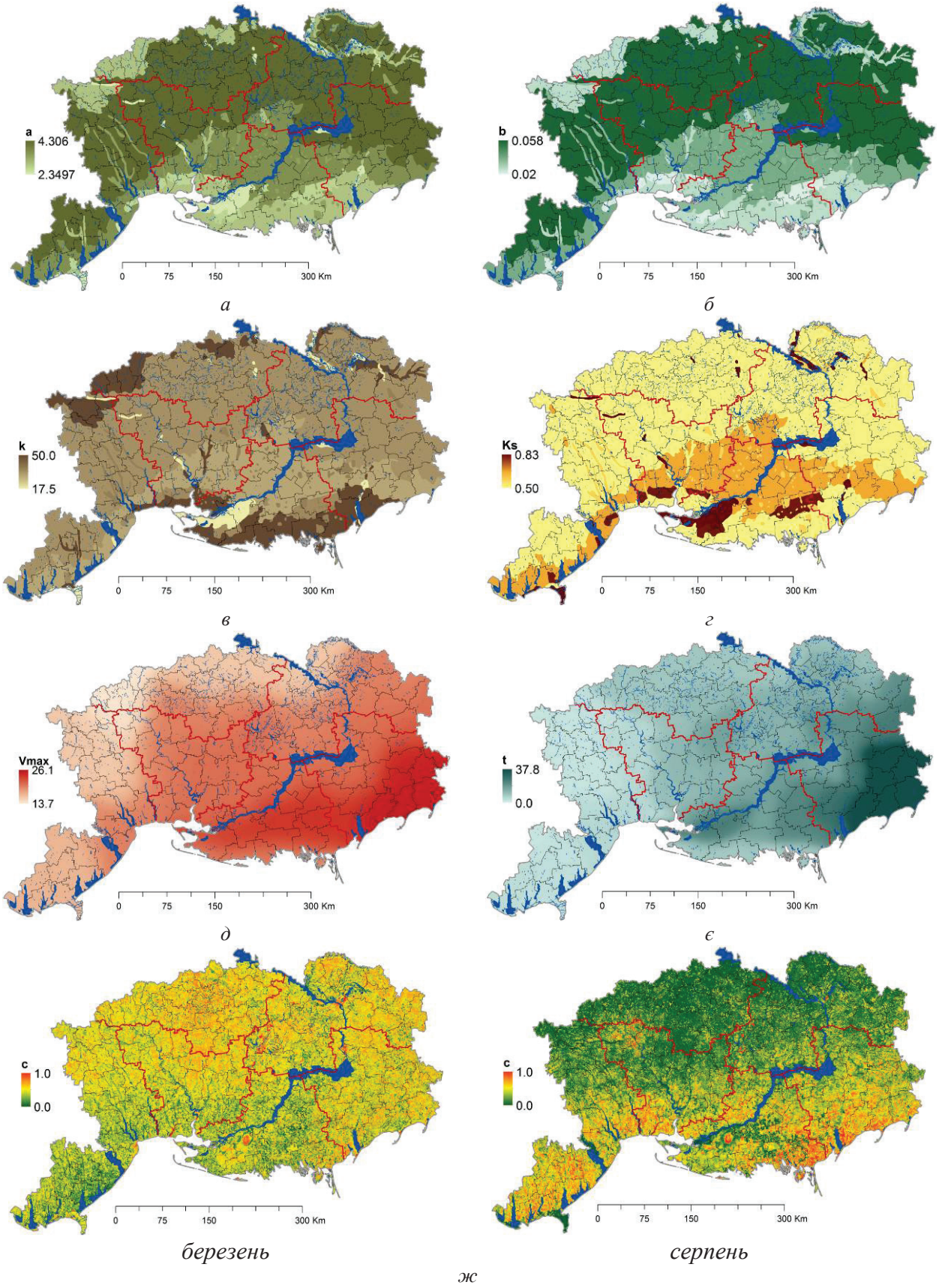

Рис. 4. Просторовий розподіл факторів дефляційного процесу в зоні Степу України:
***а, б* – коефіцієнти, які залежать від генезису, гранулометричного складу, щільності й інших властивостей ґрунтів;**
***в* – грудкуватість поверхневого шару ґрунту,%; *г* – коефіцієнт руйнування агрегатів поверхневого шару ґрунту;**
***д* – середня максимальна швидкість вітру при пилових бурях 20-ї забезпеченості, м/сек.; *є* – середня кількість годин із проявом вітрової ерозії за рік; *ж* – коефіцієнт протидефляційної ефективності культури або сівозміни**

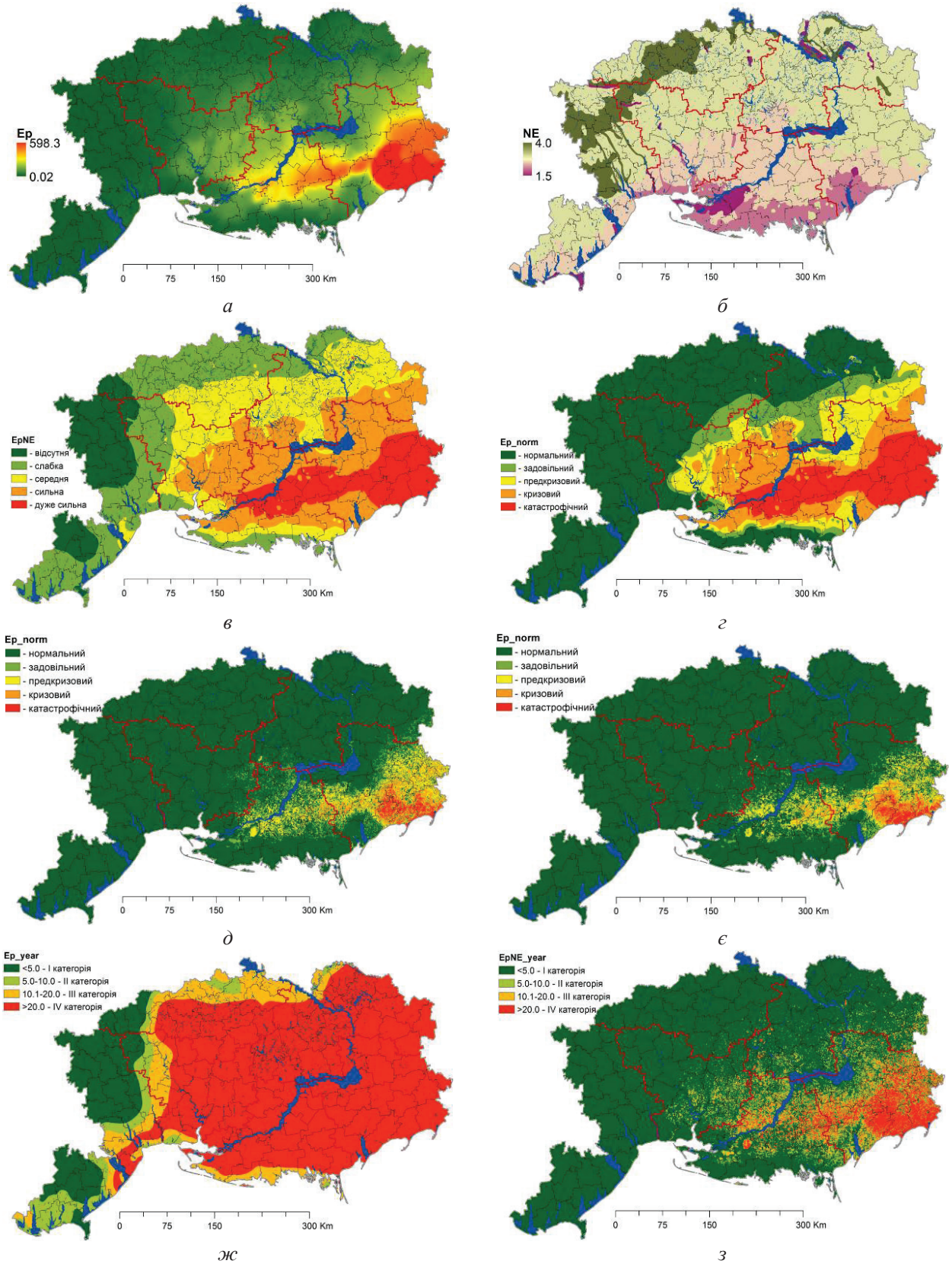

Рис. 5. Моделювання просторового розподілу потенційних дефляційних утрат ґрунту (т/га) в зоні Степу України: *а* **– потенційно можливі дефляційні втрати ґрунту з територій, занятих чистим паром;** *б* **– річні норми ерозії ґрунтів;** *в* **– ступінь небезпеки вітроерозійних процесів за ґрунтовими відмінностями;** *г* **– ступінь розвитку вітроерозійних процесів відповідно до їх нормативів; ступінь сезонної небезпеки вітроерозійних процесів з урахуванням** *с***-коефіцієнту:** *д* **– березень;** *є* **– серпень; розподіл території за категоріями дефляційних утрат ґрунту:** *ж* **– за відсутності протидефляційних заходів;** *з* **– з урахуванням коефіцієнту протидефляційної ефективності культури або сівозміни**

Таблиця 1

Розподіл площ орних земель за ступенем небезпеки проявів вітроерозійних процесів

Ступінь розвитку вітроерозійних процесів	Перевищення втрат ґрунту над нормою ерозії (разів)	Площа, тис га	Питома вага, %
Ступінь небезпеки вітроерозійних процесів за ґрунтовими відмінностями з територій, занятих чистим паром, за відсутності протидефляційних заходів			
Відсутній	0–1	1552,7	11,80
Слабкий	1–10	3495,5	26,56
Середній	10–30	3092,5	23,50
Сильний	30–100	3416,5	25,96
Дуже сильний	100–300	1604,8	12,19
Ступінь розвитку вітроерозійних процесів відповідно до їх нормативних утрат			
Нормальний (сприятливий)	1–20	6924,6	52,61
Задовільний	20–30	1216,2	9,24
Передкризовий	30–50	1623,5	12,33
Кризовий	50–100	1792,9	13,62
Катастрофічний	> 100	1604,8	12,19
Ступінь сезонної небезпеки вітроерозійних процесів з урахуванням коефіцієнта протидефляційної ефективності культури або сівозміни			
березень			
Нормальний (сприятливий)	1–20	11404,9	86,65
Задовільний	20–30	664,8	5,05
Предкризовий	30–50	585,8	4,45
Кризовий	50–100	374,4	2,84
Катастрофічний	> 100	132,1	1,00
серпень			
Нормальний (сприятливий)	1–20	11715,4	89,01
Задовільний	20–30	535,9	4,07
Предкризовий	30–50	475,0	3,61
Кризовий	50–100	303,4	2,31
Катастрофічний	> 100	132,2	1,00
Розподіл території за категоріями дефляційних утрат ґрунту за відсутності протидефляційних заходів, т/га			
I категорія	< 5,0	1864,6	14,17
II категорія	5,0–10,0	840,4	6,39
III категорія	10,1–20,0	1581,5	12,02
IV категорія	> 20,0	8875,4	67,43
Розподіл території за категоріями дефляційних утрат ґрунту з урахуванням коефіцієнта протидефляційної ефективності культури або сівозміни, т/га			
I категорія	< 5,0	10482,4	79,64
II категорія	5,0–10,0	1102,8	8,38
III категорія	10,1–20,0	798,9	6,07
IV категорія	> 20,0	777,9	5,91
Всього:		13162	100

інженерні розрахунки втрат ґрунту і розрахунки оптимальних відстаней між основними лісосмугами; на територіях із кризовими дефляційними процесами (перевищення норми – 50–100 разів), площею сільськогосподарських угідь 13,62% частота проявів посух становить 1,5–3,5 роки з гідротермічним коефіцієнтом 0,2–0,3, потребує здійснення мінімальна система ґрунтозахисного обробітку ґрунту, обов'язкового сезонного розрахунку втрат ґрунту і коригування оптимальних відстаней між лісосмугами, крім того, необхідне коригування співвідношення основних угідь, помірне зволоження під час зрошення; катастрофічний ступінь прояву вітроерозійних процесів мають території степових ґрунтів площею 12,19% із перевищенням норм утрат ґрунту більше ніж у 100 разів, частота проявів посух становить 1,5–2,0 роки з гідротермічним коефіцієнтом 0,2–0,3, на даних територіях необхідне наукове обґрунтування ґрунтозахисної оптимізації структури площ основних угідь, упровадження спеціальних меліорацій, заходи проти осолонцювання, засолення ґрунтів та опустелення територій.

Відповідно до інтенсивності проявів дефляційної деструкції ґрунтів, сільськогосподарські землі зони Степу України поділяють на чотири категорії ерозійної небезпеки, відповідно до яких упроваджують контурно-меліоративні протидефляційні заходи: I – землі, які не піддаються вітровій ерозії, втрати ґрунтів менше 6 т/га; II – землі зі слабкою вітровою ерозією, втрати ґрунту – 6–10 т/га; III – землі із середньою вітровою ерозією, втрати ґрунту – 11–20 т/га; IV – землі із сильною вітровою ерозією, втрати ґрунту – понад 20 т/га. Потенційні втрати ґрунту за умов дії протидефляційної ефективності культури або сівозміни (рис. 5*з*) порівняно з моделлю відсутності протидефляційних заходів (рис. 5*ж*) знижуються у 5,62 рази, що дає змогу оптимізувати додаткові грошові видатки на здійснення протидефляційних заходів: для першої категорії сільськогосподарських земель питомою

площею 79,64% рекомендується застосування зональних агротехнічних заходів зі збереженням та відновленням полезахисних лісосмуг; для другої категорії площею 8,38% рекомендують найпростіші протиерозійні заходи: оптимальні терміни обробки ґрунту, внесення добрив, снігозатримання, безвідвальну обробку і посів зі збереженням стерні на поверхні ґрунту, розміщення посівів і парів чергуванням смугами шириною 100–200 м і перпендикулярно до напряму ерозійнонебезпечних вітрів, додаткове створення полезахисних лісосмуг; для третьої категорії земель питомою площею 6,07% здійснюються ті ж заходи, що і на землях другої категорії, з додатковим проведенням безвідвальної обробки і посіву з максимальним збереженням стерні, створення куліс із високостеблових культур, смугове розміщення посівів і парів в поєднанні з буферними смугами з багаторічних трав, створення системи полезахисних лісосмуг; для четвертої категорії земель площею 5,91% рекомендується весь комплекс протиерозійних заходів, включаючи введення ґрунтозахисних сівозмін із переважною часткою у сівозміні багаторічних трав, безвідвальну обробку і посів із максимальним збереженням стерні на поверхні ґрунту, суцільне залуження вітроударних схилів, розміщення посівів, парів і буферних смуг із багаторічними травами смугами шириною 50–100 м перпендикулярно до напряму ерозійно небезпечних вітрів, створення загущених мережі лісових смуг.

Для зменшення впливу підвищення температури, прояву посушливих явищ, водної і вітрової ерозій необхідно розробити і поетапно реалізувати протиерозійні ґрунтоохоронні заходи, які спрямовані на раціональне використання ресурсів вологи. В умовах високої потенційної небезпеки ерозійних процесів ефективним є вдосконалення управління поверхневим стоком на водозбірних басейнах річок шляхом упровадження ґрунто-, водоохоронної контурно-меліоративної системи землекористування, які передбачають природоохоронну й агроекономічну ефективність. Основою протиерозійної системи є контурна організація території сільськогосподарських угідь, диференційоване відповідно до рельєфу орних земель застосування гідротехнічних, лісо- та лукомеліоративних заходів та досягнення балансу гумусу в результаті корегування сівозмін.

У цьому контексті необхідним є впровадження контурно-меліоративної організації території за умови впровадження басейнових принципів земле- і водокористування [17], що передбачає розроблення відповідних національних і регіональних програм охорони ґрунтів від ерозійної деградації та опустелювання, адаптації землекористування до нових кліматичних умов. У системі адаптації до змін клімату чільне місце має бути відведено вжиттю протиерозійних заходів із відтворення родючості ґрунтів, компенсації втрат гумусу внаслідок насиченості сівозмін просапними культурами та контролю викидів парникових газів за межі агроекосистем. Особливе значення у цій площині має коригування зональної структури посівних площ і сівозмін у напрямі оптимізації питомої ваги просапних культур та збільшення площ багаторічних трав і кормових культур. Ужиття адаптаційних системних заходів має базуватися на зональній і мікрозональній оптимізації структури агроландшафтів і систем землекористування, у т.ч. консолідації земель у межах водозбірних басейнів річок на засадах інтегрованого управління агроресурсами.

Система господарювання та ґрунтозахисний комплекс повинні максимально враховувати екологічну та ерозійну ситуацію регіону: ерозійний стан ландшафту територіальних структур і характер їх ґрунтового покриву; особливості рельєфу місцевості; рослинний покрив; клімат; господарську діяльність людини, що включає спеціалізацію господарства, систему землеробства, обробітку ґрунту, застосування добрив тощо.

Для ефективного захисту ґрунту від ерозії в інтенсивному землеробстві необхідно запроваджувати протиерозійну організацію території, оптимізувати структуру посівних площ залежно від ступеня еродованості ґрунтів із метою забезпечення їх захисту від подальшого руйнування і для відновлення родючості), вживати меліоративних заходів (проводити гідротехнічні роботи з будівництва гідроспоруд у вигляді розсіювачів стоку, водозатримуючих валів у верхів'ях балок і ярів; терас із широкою основою та канави; донних споруд у руслах стоку; ґрунтозахисних лісонасаджень поперек схилів для затримання поверхневого стоку, лісних та чагарникових насаджень на крутих схилах, днищах ярів і балок; водозахисних насаджень на берегах водойм для їх захисту від замулювання і руйнування берегів, суцільне або плямисте залісення еродованих або ерозійно небезпечних земель; проводити звичайні меліоративні заходи – зрошення, вапнування, гіпсування) та агротехнічні (дотримання технологій вирощування сільськогосподарських культур на орних землях – внесення меліорантів і органічних добрив; оранка впоперек схилу, оптимальні строки, норми і способи сівби; запровадження раціональних сівозмін за контурно-стрічкового способу організації території, безполицеве лущення і культивація із залишенням стерні на поверхні поля; щілювання ґрунтів на схилах, мінімальний обробіток ґрунту легкого механічного складу терасування крутих схилів) заходи.

Визначено, що суттєве значення у протиерозійному впорядковані агроландшафтів відіграють ґрунтозахисні лісові насадження, які впливають на процеси формування поверхневого стоку, регулювання і перерозподіл його на території водозбору, акумуляцію твердих седиментів, а також виконують вітрозахисні функції. Найбільш дієвою і надійною системою організації території водозбору є поєднання лісових смуг, гідротехнічних споруд, залужених контурно-меліоративних водовідводів, їх розміщення за ландшафтним принципом, що значно знижує ймовірність виникнення так званих пилових бур, суховіїв та появи локальної дефляції, зниження рівня деградації ґрунтів, замулення ставків і річок. Лісові насадження підвищують ефективність протиерозійних заходів. Продуктивність агроландшафтів у 1,5–2,0 рази вище відкритих безлісних територій, що слід уважати резервом підвищення продовольчої й екологічної безпеки. Крім того, створення лісомеліоративних насаджень на еродованих схилових землях і полезахисних лісових смуг у рівнинних умовах надає можливість оптимізації лісистості території України (до 25%). Ліси виконують екологічні (оздоровчі, санітарно-гігієнічні, природоохоронні функції), економічні (отримання деревини та недеревних продуктів є базою розвитку мисливського господарства, туризму, санітарно-оздоровчих закладів та місць відпочинку, підвищують урожайність сільськогосподарських культур тощо), соціальні (надання робочих місць, поліпшення умов життя та життєзабезпечення) функції [14–16].

Слід зазначити, що захисні лісонасадження різного функціонального призначення є важливим елементом екологічної мережі, які формують систему охоронних насаджень на схилах степових балок, ярів, крутих берегів річок, прибережних захисних смугах, насаджень водоохоронних зон, рекультиваційних насаджень на місцях кар'єрів, сміттєзвалищ, деградованих та забруднених

земель, захисних придорожніх смуг. Залежно від призначення виділяють такі типи захисних лісосмуг: полезахисні, прияружно-балкові, берегозахисні лісосмуги, придорожні. Лісосмуги виконують вітрозахисну (зменшення негативного впливу вітрів суховіїв і пилових бур), водорегулюючу (нормалізація поверхневого стоку, зниження водно-ерозійних процесів, посилення кругообігу вологи, перетворення поверхневого стоку), ґрунтозахисну (є невід'ємною частиною контурно-меліоративної організації території в умовах складного рельєфу, запобігання змиву й розмиву ґрунту, захист сільськогосподарських культур), рекультиваційну (закріплення ґрунтів у місцях кар'єрів, сміттєзвалищ, деградованих та забруднених земель) та естетичну функції. Оптимальними є вузькі лісові смуги (ширина до 10–15 м) із помірною середньою ажурністю (10–20%) і вітропроникністю (30–50%), що зумовлює біологічну стійкість та високу полезахисну ефективність [14].

Україна належить до малолісних і лісодефіцитних країн, оскільки рівень лісистості становить 15,9% за необхідного оптимального значення 25–30%. Степові райони характеризуються 1,9–4,8% лісистості. Обсяг лісового фонду України становить 10,4 млн. га, у тому числі вкриті лісовою рослинністю 9,6 млн. га, а близько 3,5 млн. га лісів мають обмеження у лісокористуванні. У період 2008–2017 рр. в Україні було вирубано 4,03 млн. га лісів і додатково знищено пожежею, шкідниками, буреломами близько 170,7 тис га, із них відновлено лише 16,3% цієї площі.

Визначено, що для забезпечення оптимальних показників лісистості необхідно відновити площі лісів в Україні на 6,0–9,2 млн. га, оскільки середня полезахисна лісистість окремих фізико-географічних зон країни варіює в межах 1,3–1,5% за необхідності оптимального рівня 3–4,5%. Насамперед, близько 76,0% території зони Степу України характеризується недостатнім рівнем лісистості (рис. 6). Ретроспективним аналізом доведено суттєве зменшення площі полезахисних лісосмуг, які скоротилися у 1,9–2,3 рази за останні 60 років, що слід уважати причиною масштабних проявів водної та вітрової ерозій [18].

Таким чином, відновлення і збереження лісосмуг на території України практично не проводиться, тому поширюються випадки знищення полезахисних лісосмуг шляхом навмисних підпалів і вирубок, що посилює процеси ерозії і зсув ґрунтів, прояви наслідків пилових бур, порушення водного стоку, температурного режиму тощо. Тому управління у галузі використання, відтворення, захисту та охорони лісів повинно забезпечити розподіл і перерозподіл лісів, ведення державного лісового кадастру й обліку лісів, моніторинг лісів та лісову сертифікацію, лісовпорядкування, організацію відтворення лісів і лісорозведення; державний контроль над охороною, захистом, використанням та відтворенням лісів, узгодити процедуру вирішення спорів у сфері охорони, захисту, використання й відтворення лісів.

Висновки. У результаті застосування ГІС- і ДЗЗ-технологій, а також емпірично-статистичної моделі можливих утрат ґрунту від вітрової ерозії на території зони Степу України встановлено, що в результаті дефляційних процесів на територіях, зайнятих чистим паром, за відсутності умов протидефляційних заходів значення втрати ґрунту в епіцентрі пилових бур може сягати близько 600 т/га. Відповідно до норм ґрунтової відмінності, близько 40% сільськогосподарських земель мають сильну і дуже сильну ступінь прояву дефляційних процесів. Дослідженнями доведено важливість протидефляційної дії рослинного покриву, що зумовлює збільшення ерозійно небезпечних (сприятливих) площ сільськогосподарських угідь у 1,7 рази, що знижує втрати ґрунту у 5,62 рази. Відповідно до інтенсивності проявів дефляційних процесів і перевищення втрат ґрунту, запропоновано контурно-меліоративні протидефляційні заходи з елементами ґрунтозахисного землеробства. Акцентовано увагу на важливості впровадження науково обґрунтованої й еколого-меліоративної системи ведення землеробства, оскільки її відсутність сприяє проявам негативних наслідків деструкції ґрунтового покриву, зниженню ґрунтової родючості, пошкодженню сільськогосподарських культур і, відповідно, економічним збиткам. Проведені

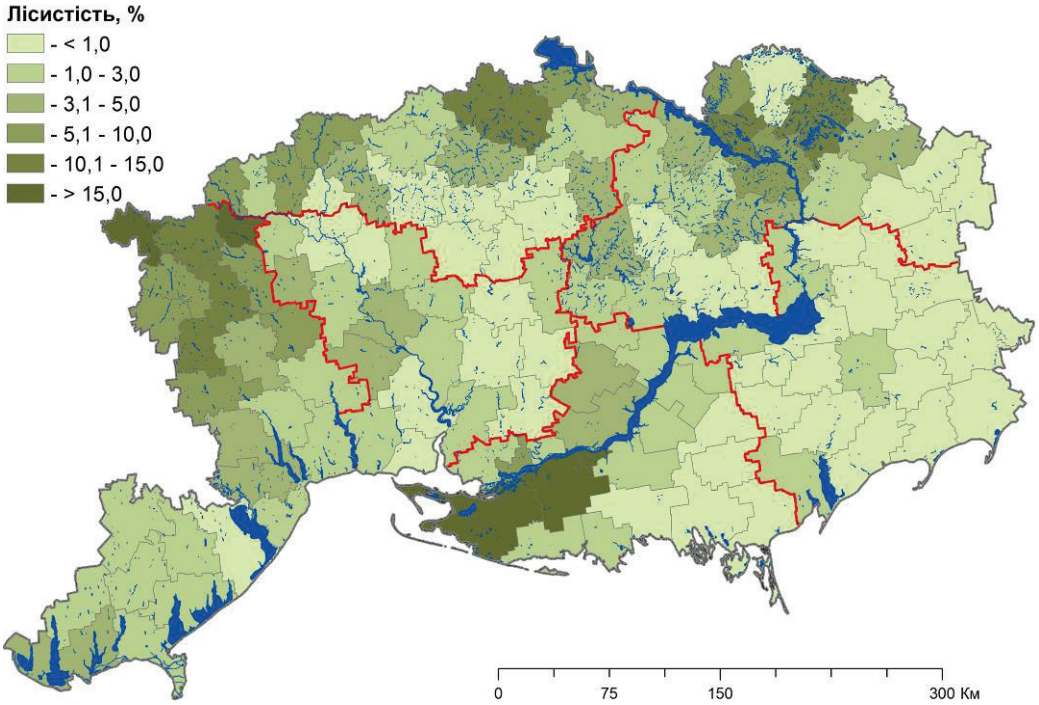

Рис. 6. Просторова диференціація лісистості адміністративних районів зони Степу

дослідження слід використовувати як основу для розроблення ґрунтозахисних протиерозійних, контурно-меліоративних заходів, які дадуть змогу провести економічне оцінювання обсягу збитків від ерозійних процесів за допомогою витратного методу, що стане основою формування концепції сталого землекористування зони Степу України.

Список використаних джерел:

1. Лисецкий Ф.Н. Современные проблемы эрозиоведения : монография. Белгород : Константа, 2012. 456 с.
2. Pichura V.I. Strategic Ecological Assessment of the State of the Transboundary Catchment Basin of the Dnieper River Under Extensive Agricultural Load. *Indian Journal of Ecology*. 2017. Vol. 44(3). P. 442–450.
3. Geomodelling of Destruction of Soils of Ukrainian Steppe Due to Water Erosion / N.V. Dudiak et al. *Journal of Ecological Engineering.* 2019. Vol. 20. Iss. 8. P. 192–198.
4. Пічура В.І. Зональні закономірності вікових змін клімату на території басейну Дніпра. *Вісник Дніпропетровського державного аграрно-економічного університету.* 2017. № 2. С. 43–52.
5. Bagnold R.A. The Physics of Blown Sand and Desert Dunes. London : Chapman and Hall, 1941. 265 p.
6. Zingg A.W. Wind tunnel studies of the movement of sedimentary material. *Lowa State Univ. Proc. 5th Hydraulic Conf. Bull*. 1953. P. 111–135.
7. Chepil W.S. Properties of soil which influence wind erosion. I. The governing principle of surface roughness. Soil Sci. 1950. P. 149–162.
8. Булигін С.Ю. Формування екологічно сталих агроландшафтів. Київ : Урожай, 2005. 300 с.
9. Бессонова Е.А. Экологооэкономическая реабилитация сельскохозяйственных земель : автореф. дис. … д.э.н. Москва, 2011. 20 с.
10. Швебс Г.И. Контурное земледелие : монография. Одесса : Маяк, 1985. 55 с.
11. Наукові та прикладні основи захисту ґрунтів від ерозії в Україні : монографія / за ред. С.А. Балюка, Л.Л. Товажнянського. Харків : НТУ «ХПІ», 2010. 460 с.
12. Екологічний стан ґрунтів України / С.А. Балюк та ін. *Український географічний журнал.* 2012. № 2. С. 38–42
13. Фурдичко О.І. Основи управління агроландшафтами. Київ : Аграр. наука, 2012. 384 с.
14. Концепція охорони ґрунтів від ерозії в Україні / В.П. Ситник та ін. Харків, 2008. 59 с.
15. Волощук М.Д. Ерозійна деградація чорноземів південно-західної частини України і Республіки Молдова. *Вісник Дніпровського державного аграрно-економічного університету.* 2016. № 4(24). С. 41–51.
16. Дегодюк Е.Г. Басейновий підхід в біогеоценозах і агросфері в контексті розвитку систем землеробства у XXI столітті. *Землеробство*. 2015. № 2(889). С. 21–24.
17. Тараріко О.Г., Москаленко В.М. Каталог заходів з оптимізації структури агроландшафтів та захисту земель від ерозії. Київ : Фітосоціоцентр, 2002. 64 с.
18. Ситник О.С. Лісівничі особливості та полезахисна роль лісових смуг різних конструкцій в умовах Правобережного Лісостепу : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук. Київ, 2005. 18 с.
19. Чорний С.Г. Причини та наслідки пилової бурі 23–24 березня 2007 р. *Регіональні проблеми України: географічний аналіз та пошук шляхів вирішення.* Херсон, 2007. 43 с.
20. Методика і нормативи обліку прояву і небезпеки ерозії : методичний посібник / А.Б. Ачасов та ін. ; за ред. С.Ю. Булигіна. Харків, 2000. 64 с.

References:

1. Lisetskiy F.N. (2012) Sovremennye problemy eroziovedeniya: monografiya. [Modern problems of erosion science: monograph]. Belgorod: Konstanta, 456 p.
2. Pichura V.I. (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). pp 442–450.
3. Dudiak N.V., Pichura V.I., Potravka L.A., Stratichuk N.V. (2019) Geomodelling of Destruction of Soils of Ukrainian Steppe Due to Water Erosion. *Journal of Ecological Engineering,* Vol. 20, Iss. 8., pp. 192–198.
4. Pichura V.I. (2017) Zonaljni zakonomirnosti vikovykh zmin klimatu na terytoriji basejnu Dnipra. [Zonal patterns of age-related climate change in the Dnieper basin.]. *Dnipropetrovsjkogho derzhavnogho aghrarno-ekonomichnogho universytetu,* Vol. 2. pp. 43–52.
5. Bagnold R.A. (1941). The Physics of Blown Sand and Desert Dunes. London, Chapman and Hall. 265 p.
6. Zingg A.W. (1953) Wind tunnel studies of the movement of sedimentary material. Lowa State Univ. Proc. 5th Hydraulic Conf. Bull. pp. 111–135.
7. Chepil W.S. (1950) Properties of soil which influence wind erosion. I. The governing principle of surface roughness. Soil Sci. pp. 149–162.
8. Bulyghin S.Ju. (2005) Formuvannja ekologhichno stalykh aghrolandshaftiv. [Formation of environmentally sustainable agrolandscapes]. K.: Urozhaj, 300 p.
9. Bessonova E.A. (2011) Ekologooekonomicheskaya reabilitatsiya sel'skokhozyaystvennykh zemel'. [Ecological and economic rehabilitation of agricultural land].: Moscow, pp. 20–45.
10. Shvebs G.I. Konturnoe zemledelie: monografiya. [Contour farming: a monograph.]. Odessa: Mayak, 1985. 55 p.
11. Naukovi ta prykladni osnovy zakhystu gruntiv vid eroziji v Ukrajini: monoghrafija. (2010) [Science and applied foundations for the history of Ukraine in Ukraine: monograph] / za red. S.A. Baljuka, L.L. Tovazhnjansjkogho: Kharkiv: NTU «KhPI», 460 p.
12. S.A. Baljuk, V.V. Medvedjev, M.M. Miroshnychenko, Je.V. Skryljnyk, D.O. Tymchenko, A.I .Fatjejev, A.O. Khrystenko, Ju.L. Capko. (2012). Ekologhichnyj stan gruntiv Ukrajiny.[Ecological status of soils of Ukraine]. *Ukrajinsjkyj gheoghrafichnyj zhurnal.* Vol. 2. 38–42 pp.
13. Furdychko O.I. (2012) Osnovy upravlinnja aghrolandshaftamy. [Basics of agro-landscape management]. Kiev: Aghrar. nauka, 384 p.
14. V.P. Sytnyk, M.D. Bezughlyj, S.I. Meljnyk ta in. (2008) Koncepcija okhorony gruntiv vid eroziji v Ukrajini. [The concept of soil protection from erosion in Ukraine], Kharkiv, 59 p.
15. Voloshhuk M.D. (2016) Erozijna deghradacija chornozemiv pivdenno-zakhidnoji chastyny Ukrajiny i Respubliky Moldova. [Erosion degradation of the black earths of southwestern Ukraine and the Republic of Moldova.]. *Visnyk Dniprovsjkogho derzhavnogho aghrarno-ekonomichnogho universytetu,* V. 4(24), pp. 41–51

16. Deghodjuk E.Gh. (2015) Basejnovyj pidkhid v biogheocenozakh i aghrosferi v konteksti rozvytku system zemlerobstva u XXI stolitti. [Basin approach in biogeocenoses and agrosphere in the context of development of farming systems in the 21st century.], *Zemlerobstvo,* Vol. 2(889). pp. 21–24.
17. Tarariko O.Gh., Moskalenko V.M. (2002) Katalogh zakhodiv z optymizaciji struktury aghrolandshaftiv ta zakhystu zemelj vid eroziji [Catalog of measures to optimize the structure of agricultural landscapes and protect land from erosion], Kiev. Fitosociocentr, 64 p.
18. Sytnyk O.S. (2005) Lisivnychi osoblyvosti ta polezakhysna rolj lisovykh smugh riznykh konstrukcij v umovakh Pravoberezhnogho [Lisostepu Forest features and protective role of forest strips of different constructions in the conditions of the Right-bank Forest Steppe], avtoref. dys .kand.s.-gh. nauk: Nac. aghrar. un-t. Kiev, 18 p.
19. Chornyj S. Gh. (2007) Prychyny ta naslidky pylovoji buri 23–24 bereznja 2007 roku. [The causes and effects of the dust storm March 23–24, 2007], *Reghionaljni problemy Ukrajiny: Gheoghrafichnyj analiz ta poshuk shljakhiv vyrishennja*. Kherson. 43 p.
20. Achasov A.B., Bulyghin S.Ju., Mozhejko T.A. ta in. (2000) Metodyka i normaty obliku projavu i nebezpeky eroziji: metodychnyj posibnyk [Methods and standards for accounting for the manifestation and risk of erosion], Kharkiv, 64 p.

ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ДЕФЛЯЦИОННОЙ ДЕСТРУКЦИИ СТЕПНЫХ ПОЧВ УКРАИНЫ

Аннотация. Снижение эффективности ведения сельского хозяйства связано с влиянием ветровой эрозии, последствиями которой является снижение плодородия почв. Значительные проявления ветровой эрозии характерны для аридных и семиаридных зон, имеющих незначительное количество осадков, высокие температуры воздуха и степень испаряемости, усиленные сильными ветрами и низкой дифференциацией растительности. Доказано, что интенсивность проявлений дефляционных процессов зависит от физико-географических условий размещения земель сельскохозяйственного назначения, системности почвозащитных мероприятий и наличия растительного покрова. Установлено, что ускорение дефляционных процессов происходит на территориях с антропогенной нагрузкой, что приводит к экологическому нарушению природного равновесия территориальных экосистем. В процессе проведенных исследований установлено, что природные процессы ветровой эрозии в значительной степени усиливаются отсутствием эколого-мелиоративной системы земледелия, что приводит к деструкции почвенного покрова, снижению почвенного плодородия, повреждению сельскохозяйственных культур и, как следствие, к убыткам. В результате применения ГИС- и ДЗЗ-технологий, а также эмпирически-статистической модели расчета возможных потерь почвы от ветровой эрозии на территории зоны Степи Украины определено, что в результате дефляционных процессов на территориях, занятых чистым паром, при отсутствии противоэрозийных мероприятий потери почвы в эпицентре пылевых бурь могут достигать 600 т/га. Исследованиями доказана важность противоэрозийных действий растительного покрова, что обуславливает увеличение эрозионно опасных площадей сельскохозяйственных угодий в 1,7 раза, а потери почвы – в 5,62 раза. В соответствии с интенсивностью проявлений дефляционных процессов и превышением потерь почвы, предложен комплекс контурно-мелиоративных противоэрозийных мероприятий с элементами почвозащитного земледелия.

Ключевые слова: ветровая эрозия, потери почвы, эколого-экономические последствия, моделирование, ГИС, ДЗЗ.

ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC CONSEQUENCES OF THE DEFLATIVE DESTRUCTION OF THE STEPS SOILS OF UKRAINE

Summary. The decrease in agricultural efficiency is associated with the influence of wind erosion, the consequence of which is a decrease in soil fertility. Significant manifestations of wind erosion are characteristic of arid and semi-arid zones, which have a small amount of precipitation, high air temperatures and the degree of evaporation, reinforced by strong winds and low differentiation of vegetation. It is proved that the intensity of manifestations of deflationary processes depends on the physical and geographical conditions for the distribution of agricultural land, systematic soil protection measures and the presence of vegetation. It has been established that the acceleration of deflationary processes occurs in the territories with anthropogenic pressure, leading to environmental disruption of the natural balance of territorial ecosystems. In the course of the studies, it was found that the natural processes of wind erosion are significantly enhanced by the absence of an ecological-reclamation system of agriculture, which leads to destruction of the soil cover, reduction of soil fertility, damage to crops and, as a result, to losses. A method for calculating deflationary soil losses is proposed, which is the basis of an economic assessment, which allows us to propose an assessment of damage from soil degradation. The evaluation process uses costly, profitable and comparative methods. In connection with the need to preserve land for future generations, as the main productive resource, a component of national wealth, it is necessary to determine the amount of public losses from degradation. Public losses, in addition to direct losses of agricultural products and a decrease in the level of economic indicators of production, should include the costs of restoring soil fertility and their condition. As a result of the application of GIS and Earth remote sensing technologies, as well as an empirical-statistical model for calculating possible soil losses from wind erosion in the territory of the Steppe zone of Ukraine, it was determined that as a result of deflation processes in the territory occupied by clean steam in the absence of anti-deflation measures, soil loss at the epicenter of dust storms can reach 600 t/ha. Studies have proved the importance of the anti-deflationary action of vegetation, which leads to an increase in erosion-hazardous areas of agricultural land by 1.7 times, and soil loss by 5.62 times. In accordance with the intensity of the manifestations of deflationary processes and the excess of soil losses, a complex of contour-ameliorative anti-deflationary measures with elements of soil protection agriculture is proposed.

Key words: wind erosion, soil loss, environmental and economic consequences, modeling, GIS, Earth remote sensing.