

- ahramoho universytetu im. V.V. Dokuchaieva (1894–2015 rr.)* [Historical Review Department of Soil Science of the Kharkov National Agrarian University named V.V. Dokuchaev (1894-2015 bien-nium)]. Kharkiv: Maidan Publ., 60 p. (*in Ukrainian*).
29. Tykhonenko D.H. (2009). *Pro Kharkivsku shkolu gruntoznavstva* [Kharkiv School on Soil]. *Visnyk KhNAU im. V.V. Dokuchaieva: Ser. «Gruntoznavstvo, ahrokhimiia, zemlerobstvo, lisove hospodarstvo»* [Bulletin KhAI named Dokuchaev series «Soil science, agricultural chemistry, agriculture, forestry»]. Kharkiv, No. 3, pp. 6–7 (*in Ukrainian*).
30. Karpachevskiy L.O. (2005). *Ekologicheskoe pochvovvedenie* [Environmental soil science]. Moskva: GYeOS Publ., 336 p. (*in Russian*).

УДК 631:556.5:528.9

## ГЕОМОДЕЛЮВАННЯ ВОДНО-ЕРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ У БАСЕЙНІ РІЧКИ ДНІПРО

В.І. Пічур

*Херсонський державний аграрний університет*

*Наведено внутрішню структуру геоморфологічної системи та здійснено геомоделювання водно-ерозійних процесів у басейні р. Дніпро. За результатами гідрологічного геомоделювання виділено 776 суббасейнів IV–IX порядків та визначено сумарну довжину ерозійної мережі транскордонного басейну. Із використанням ГІС-технологій створено просторові растрові моделі розподілу значень чинників впливу на потенційну небезпеку ерозії ґрунтів, визначено оцінку ерозійної небезпеки із застосуванням модифікованої моделі RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation). Розраховано потенціал щорічних втрат родючого шару ґрунту з орних земель та наведено просторову градацію потенціалу ерозійного порушення різнопорядкових суббасейнів на території басейну р. Дніпро. Отримані результати водно-ерозійних процесів дають можливість визначити дискретно розподілені першочергові потреби впровадження адаптивно-ландшафтного протиерозійного проектування з елементами ґрунтозахисного землеробства на всій території транскордонного басейну Дніпра.*

**Ключові слова:** водна ерозія, RUSLE, ерозійний потенціал опадів, еродованість ґрунту, чинник рельєфу, ерозійний індекс культур, річкові басейни, р. Дніпро, ГІС-технології, геомоделювання.

Водна ерозія ґрунтів відноситься до найнебезпечніших деградаційних процесів, що завдають значних економічних та екологічних втрат. Винесення зі змитим ґрунтом гумусу і поживних речовин зумовлює погіршення його фізичних властивостей і зниження родючості, зниження на еродованих землях урожайності сільськогосподарських культур в середньому на 10–60% та збільшення витрат на їх агро меліорацію [1]. Крім того, поступово відбувається абсолютне зменшення обсягів земельних ресурсів, що є основним засобом виробництва в землеробстві.

Значний негативний вплив водної ерозії на всі компоненти ландшафтів проявля-

ється в басейні транскордонної р. Дніпро, що має площу 511 тис. га і розподілений у межах трьох держав: Російської Федерації – 19,8%, Республіки Білорусь – 22,9 і України – 57,3% від загальної площі басейну. Можливість розв'язання цієї проблеми визначається довгостроковою безпекою і ефективністю співробітництва цих країн.

Зарегулювання дніпровського стоку зумовило природно-антропогенне зростання акумулятивних процесів у річковій системі, в яких задіяні не тільки продукти ерозійного руйнування ґрунтів, а й агрохімікати, біогени, важкі метали та радіонукліди, що призвело до негативних наслідків – значного погіршення якісних характеристик річкових вод, евтрофікації водних об'єктів, замулювання водосховищ,

часткового та повного зникнення багатьох малих річок у межах басейну. Основою контролю і оптимізації ерозійних процесів у межах агроландшафтів має стати використання геостатистичних і математичних моделей з елементами дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) для визначення просторово-часових закономірностей впливу природних і господарських чинників на інтенсивність прояву водно-ерозійних процесів на території транскордонного водозбірному басейну Дніпра. Ці моделі є основою оцінки потенційної ерозійної небезпеки території, інтенсивності втрати ґрунтів, зарегульованості річкових екосистем з метою обґрунтування ефективності земле- та водоохоронних заходів з оптимізації використання земельного фонду на основі басейнових позиційно-динамічних та адаптивно-ландшафтних принципів [2–6]. Їх реалізація повинна здійснюватись за результатами розрахунків потенційних втрат ґрунту, насамперед з території орних земель [7].

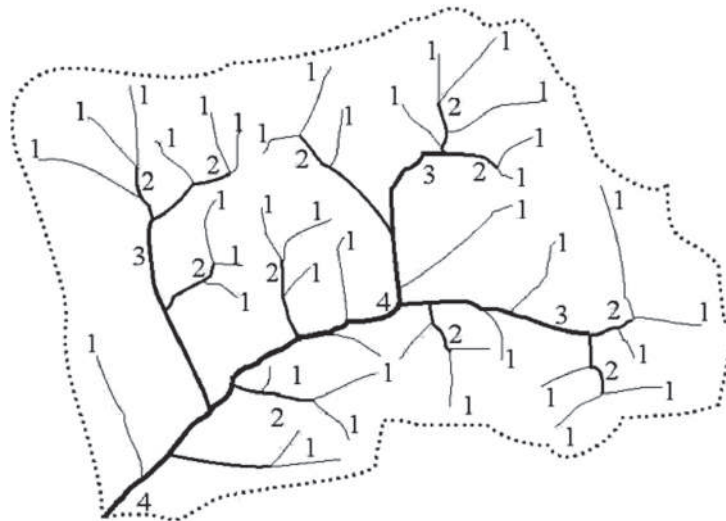
Мета роботи — геомодельовання та визначення просторових закономірностей впливу антропогенно-кліматичних умов на інтенсивність прояву водно-ерозійних

процесів у транскордонному водозбірному басейні р. Дніпро.

#### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Розрахунок потенційних ґрунтових ерозійних втрат здійснювали в межах різнорівневих суббасейнів транскордонної р. Дніпро. Для поділу річкового басейну на групи, залежно від порядку головного русла, було використано підхід Страле-ра — Філософова [8]. Можливість дослідження особливостей геоморфологічного навантаження на басейн р. Дніпро і всіх компонентів ландшафту, у взаємозв'язку їх характеристик із параметрами стоку води, забезпечує басейнова організація території на рівні водозборів ерозійних форм IV порядку (рис. 1), де передбачається можливість виявлення ландшафтної неоднорідності території.

Виділення руслової мережі і поділ території басейну р. Дніпро на різнопорядкові суббасейни відповідно до растрової цифрової моделі рельєфу SRTM-90 (з розширенням пікселя на місцевості 90×60 м, що приблизно відповідає масштабу 1:230000) здійснювали із використанням алгоритму гідрологічного моделювання робочого



**Рис. 1.** Структура річкового басейну IV порядку (відповідно до кодування басейнів за Страле-ром — Філософовим): ••••• — лінія вододілу, 1–4 — порядки водотоків або ерозійної мережі

модуля Hydrology tools of Spatial Analyst Tools.

Для моделювання потенційних ґрунтових ерозійних втрат під дією опадів використовували модифіковану емпірично-статистичну модель *RUSLE* (*Revised Universal Soil Loss Equation*) [9–11]:

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

де  $A$  – середня багаторічна величина змиву від стоку дощових вод, т/га на 1 рік;  $R$  – середньобогаторічний ерозійний потенціал опадів (ЕПО), умовні одиниці;  $K$  – змивання (еродованість) ґрунту, т/га на одиницю ЕПО;  $LS$  – фактор рельєфу;  $C$  – ерозійний індекс культури або сівозміни загалом;  $P$  – коефіцієнт ґрунтозахисної ефективності протиерозійних заходів.

Модель *RUSLE* використовували в середовищі ГІС ліцензійного програмного продукту ArcGIS 10.1, для чого були створені растрові моделі (розмір чарунки 90×90 м) кожного інтегрованого чинника моделі водної ерозії ґрунтів на території всього транскордонного басейну р. Дніпро. Просторова модель середньорічного потенціалу дощових опадів ( $R$ ) була отримана на основі екстраполяції декомпозицій картограм ерозійного індексу опадів [11]. Під час визначення чинника еродованості ґрунтового покриття – фактора піддатливості ґрунтів ерозійним процесам ( $K$ ), здійснено векторизацію ґрунтових карт транскордонних держав (України, Республіки Білорусь і Російської Федерації) у межах басейну р. Дніпро, масштаб – 1:2500000. Для кожного ґрунтового різновиду, із урахуванням їх гранулометричного складу відповідно до класифікації коефіцієнтів еродованості ґрунтів (т/га на рік), було розраховано параметр  $K$  і отримано константну просторову растрову модель.

Фактори  $L$  і  $S$  у моделі *RUSLE* відображають вплив рельєфу на ерозію. Доведено, що збільшення довжини і крутизни схилу сприяють посиленню швидкості водних потоків, відповідно збільшують прояви ерозійних процесів ґрунтів [12]. Специфічні ефекти топографії на ерозію ґрунту оцінюються безрозмірним фактором  $LS$  як

добуток компонентів довжини схилу ( $L$ ) і крутизни схилу ( $S$ ). Оцінку ерозійного потенціалу  $LS$  здійснювали за допомогою просторового аналізу гідрологічно коректної цифрової моделі рельєфу (ЦМР) з розміром чарунки 90×60 м. У програмі ArcGIS 10.1 визначали морфометричні характеристики рельєфу; растрові картограми довжин ( $L$ ) і ухилів ( $S$ ) поверхні будували із використанням робочого модуля Hydrology tools of Spatial Analyst Tools і Surface of Spatial Analyst Tools, після чого з використанням модуля Raster Calculator розраховували значення  $LS$  для кожного пікселя за формулою [10]:

$$LS = L^{0.5} \cdot (0,0011 \cdot S^2 + 0,0078 \cdot S + 0,0111).$$

Ерозійний індекс культури, або коефіцієнт рослинного покриття ( $C$ ), демонструє ефект вирощування сільськогосподарських культур і методів управління сільським господарством, а також вплив покритої природною рослинністю (дерева, трави) території землі на зменшення втрат ґрунту в несільськогосподарській сфері. Коефіцієнт рослинного покриття ( $C$ ) та фактор  $LS$  є найчутливішими до втрати ґрунту [13, 14]. Для визначення фактора  $C$  були використані дані ДЗЗ коректно каліброваного супутникового знімка MODIS із геометричним розрізненням (просторовим розширенням) ~ 230×230 м, станом на 26.06.2015 р. Генерацію значень фактора  $C$  здійснювали на основі безрозмірного показника NDVI (нормалізованого диференціального вегетаційного індексу) за формулою [15]:

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

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

Коефіцієнт ґрунтозахисних заходів ( $P$ ) брали за 1, припускаючи, що додаткові заходи не проводилися.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Завдяки просторовому гідрологічному геомодельованню встановлено, що майже половина довжини всіх ерозійних форм

басейну р. Дніпро відноситься до 1-го порядку, а 90% — це сумарна довжина 1–4 порядків (рис. 2-а). Різновиди структур долинної і яружно-балкової мережі ( $S_{\text{МБ}}$ , км) залежно від порядку басейну (ПБ) функціонально описуються експоненціальною моделлю виду:  $S_{\text{МБ}} = 1,75 \times 10^5 \times \exp(-1,41 \text{ ПБ})$  [16]. Для всієї території басейну р. Дніпро ( $S = 511$  тис. км<sup>2</sup>) виділено 776 суббасейнів (рис. 2-б) розміром 1,9–22680,2 км<sup>2</sup> IV–IX порядків (табл. 1).

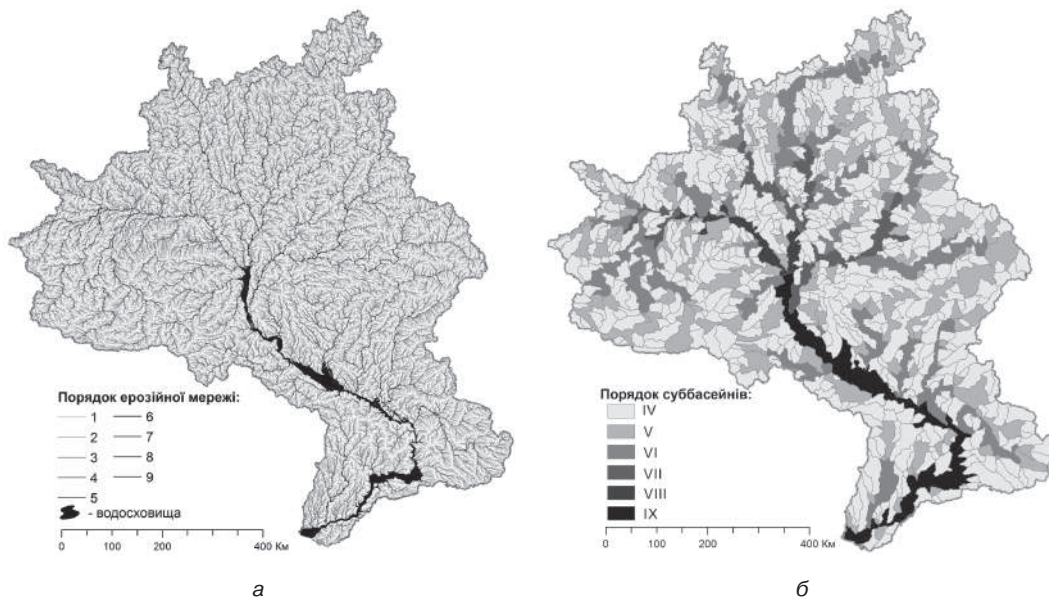
За результатами порівняльного аналізу структури площ схилів різного порядку в басейні р. Дніпро, а також у модальному басейні [17] встановлено, що у верхній ланці основного русла ріки площу суббасейнів VII–VIII порядків зменшено удвічі, а IX — збільшено майже втричі відповідно до модальної форми. У верхніх ланках спостерігаються незначні збільшення — в 1,2 раза.

Від площі річкового басейну залежить довжина пройденого шляху і витрачений час на переміщення води і наносів зі схилів у русло. Відповідним відхиленням від модального типу є показник площинної

аномальності басейнової структури, що дає можливість проаналізувати збільшення або зменшення потенційного значення акумуляції місцевих крихких відкладень в руслі ріки. Аналіз структури різнопорядкових водозбірних площ басейну р. Дніпро засвідчив, що дренавана тальвегами площа 1–4 порядку становить 58,4%, 5 і 6 — 33, 7–9 — 8,6%. Тобто живлення головного русла наносами здійснюється завдяки верхній і середній ланкам (91,4%), а живлення місцевими наносами нижньої ланки русла р. Дніпро становить 1,8%.

Геомоделювання водно-ерозійних процесів у басейні р. Дніпро здійснено на основі чотирьох факторів:  $R$ ,  $K$ ,  $LS$  і  $C$ .

*Фактор  $R$  — середньобагаторічний ерозійний потенціал опадів.* Оцінка кліматичної обумовленості потенційних втрат ґрунту визначається за допомогою фактора енергії та інтенсивності опадів, які відображаються у ерозійній небезпеці за допомогою відносного індексу, або ерозійного індексу опадів (ЕІО). Для цього здійснюють статистичну обробку піввіограм



**Рис. 2.** Просторова організація внутрішньої структури басейну р. Дніпро: *а* — порядкова структура долинної і яружно-балкової мережі; *б* — басейнова структура

Таблиця 1

## Розподіл річкових суббасейнів у межах дослідної території за порядками

| Порядок | Всього, од. | Загальна площа, км <sup>2</sup> | Відносне значення до загальної площі, % | S, км <sup>2</sup> | Відносне значення до загальної площі в модальному річковому басейні, % | Відхилення від модального значення (+/-) |
|---------|-------------|---------------------------------|---|--------------------|--|--|
| IV      | 607         | 298379,8                        | 58,4                                    | 492,5              | 50,0   | +8,4                                     |
| V       | 131         | 104036,7                        | 20,4                                    | 795,6              | 26,0   | -5,6                                     |
| VI      | 30          | 64555,0                         | 12,6                                    | 2155,8             | 12,5   | +0,1                                     |
| VII     | 5           | 15391,1                         | 3,0                                     | 3083,8             | 6,5  | -3,5                                     |
| VIII    | 2           | 5957,2                          | 1,2                                     | 2984,1             | 3,5  | -2,3                                     |
| IX      | 1           | 22680,2                         | 4,4                                     | 22680,2            | 1,5  | +2,9                                     |
| Всього  | 776         | 511000                          | 100                                     | –                  | 100  | –  |

всіх стокоутворювальних дощів з обсягом опадів  $\geq 10$  мм (ерозійно небезпечні дощі) та їх основних параметрів – сумарну кінетичну енергію дощу та його максимальну інтенсивність впродовж 30 хв безперервного проміжку часу. Ерозійний потенціал опадів (рис. 3-а) на території басейну р. Дніпро рівномірно збільшується з південного сходу на північний захід і змінюється в діапазоні 5,7–12,4. Найбільші значення  $R$  спостерігаються у верхній (лісовій) та середній (лісостеповій) зонах течії ріки.

**Фактор  $K$  – змивання (еродованість) ґрунту.** Індекс типу і стану ґрунту, тобто фактор уразливості ґрунтів ерозійними процесами, визначається як співвідношення середньорічного змивання ґрунту з 1 м<sup>2</sup> стічного майданчика і величини  $R$  залежно від крутості схилу та вмісту ( $y$  %) величини фракцій ґрунту, органічних речовин його структури і водопроникності.

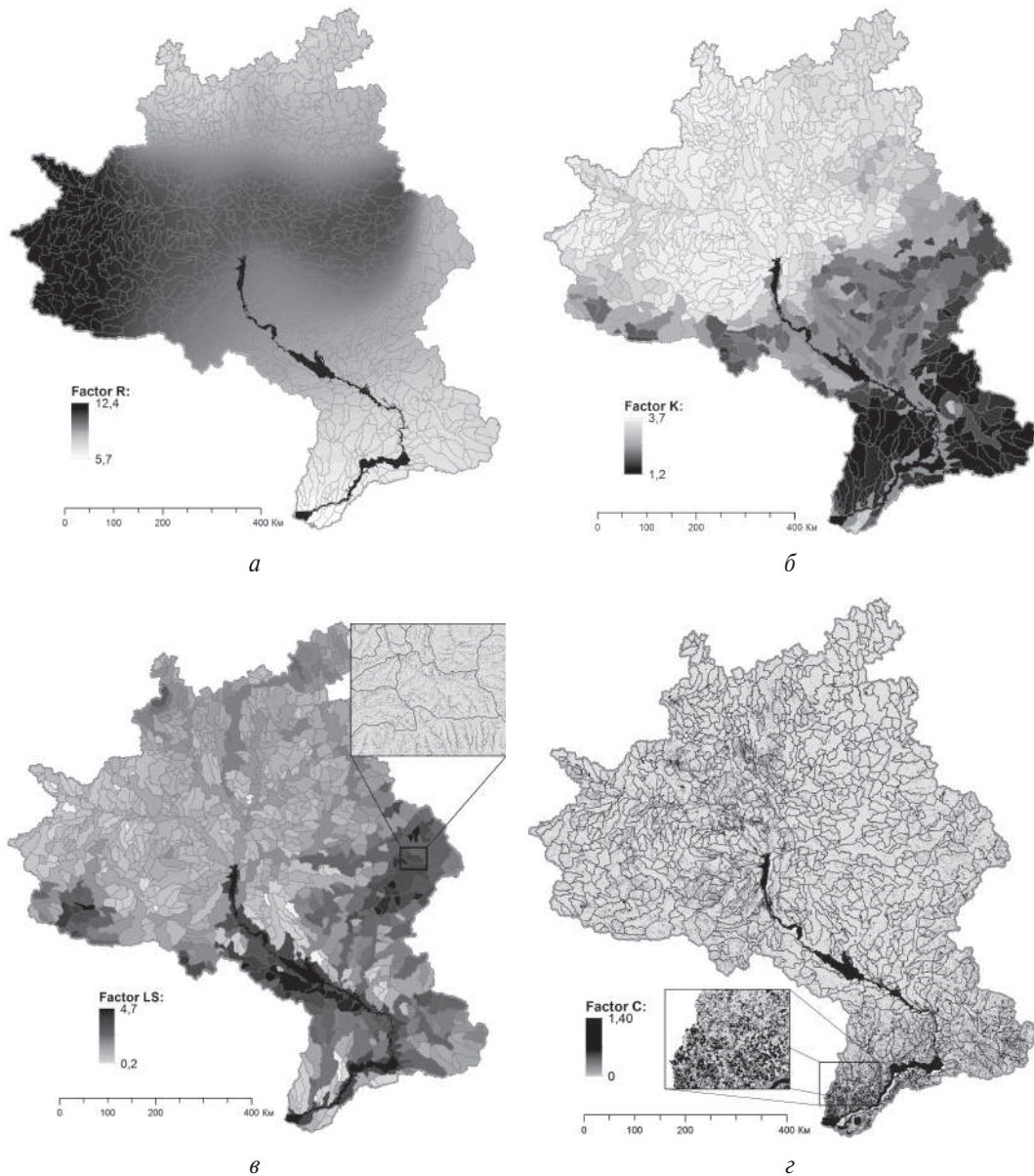
Потенційні щорічні втрати родючого верхнього шару ґрунту, залежно від ерозійного потенціалу опадів, на території басейну р. Дніпро зменшуються з півночі на південь – від 3,7 до 1,2 т/га (рис. 3-б). Максимальним рівнем уразливості ерозійними процесами характеризуються землі сільськогосподарського призначення, що розташовані у межах суббасейнів верхньої зони течії р. Дніпро (зоні лісів або змішаних лісів).

**Фактор рельєфу  $LS$ .** Рельєфна функція  $LS$  відображає сукупний вплив довжини

і крутизни схилів на ерозійну небезпеку рельєфу. Для отриманого растра значень  $LS$  методом зональної статистики були обчислені середні значення рельєфною функції  $LS$  (ГОСТ 17.4.4.03-86) для кожного суббасейну транскордонного басейну р. Дніпро (рис. 3-в). Значення  $LS$  варіюють в діапазоні 0,2–4,7. Найвищий ерозійний потенціал рельєфу мають суббасейни східної та південно-західної частин басейну р. Дніпро, а також прибережна частина каскаду водосховищ (суббасейн IX порядку), найнижчий – суббасейни верхньої (лісової зони) течії.

**Фактор  $C$  – ерозійний індекс культури або сівозміни загалом.** Цей індекс насамперед спрямовується на визначення впливу культури землекористування (сівозміни або рослинний покрив) на ерозійні процеси сільськогосподарських земель. Визначення цього фактора є доволі складним завданням через значне різноманіття культур та природної рослинності, але вчені [15] довели високу ефективність використання даних ДДЗ на основі показника NDVI для розв'язання цієї проблеми. За результатами дешифрування коректно каліброваного супутникового знімка MODIS отримано растрову модель просторового розподілу ерозійного індексу культури для всієї території басейну р. Дніпро (рис. 3-г). Значення фактора  $C$  варіюють в діапазоні 0–1,4. У нижній (степовій) зоні течії р. Дніпро спо-





**Рис. 3.** Розподіл значень факторів впливу на потенційну небезпеку ерозії ґрунтів під дією опадів у басейні р. Дніпро: *a* — ерозійний індекс опадів (*R*); *б* — уразливість (еродованість) ґрунтів ерозією, т/га (*K*); *в* — фактор рельєфу (*LS*); *з* — ерозійний індекс культури або сівозміни загалом (*C*)

стерігаються доволі високі значення цього фактора, що насамперед зумовлено екстенсивним способом ведення землеробства (розораність території деяких суббасейнів

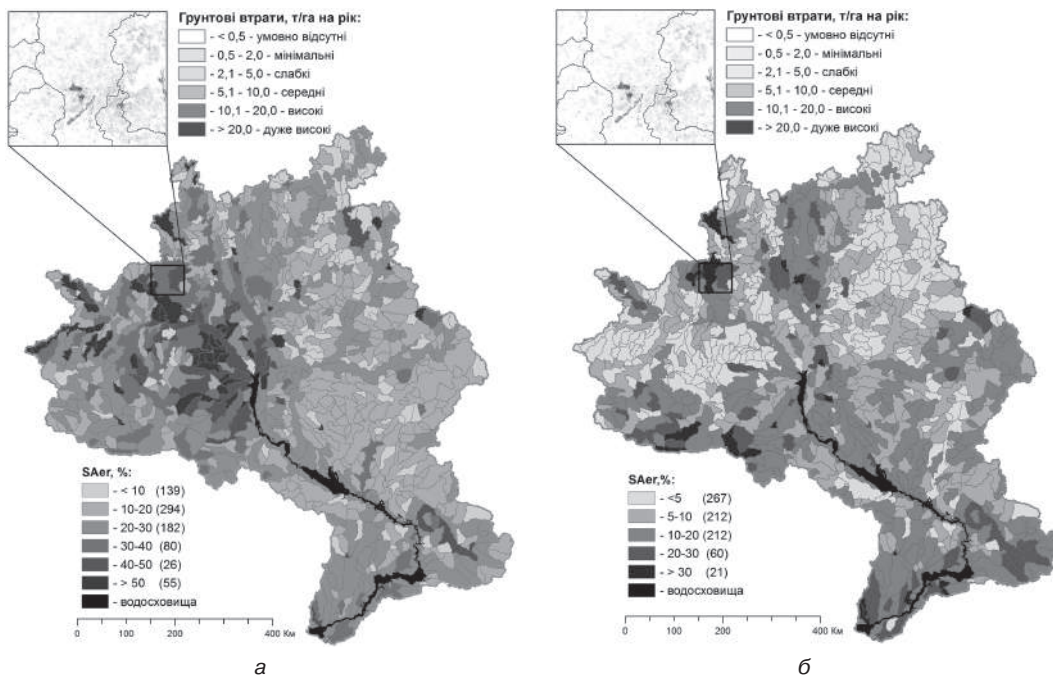
досягає 80%) [18] і відсутністю науково обґрунтованих ґрунтозахисних сівозмін.

Відповідно до класифікації А.А. Світличного [19, 20], умовно ерозійно без-

печними землями вважаються території з обсягами змиву ґрунту не більше 2 т/га на рік. За потенційного змиву понад вказаний рівень землі є ерозійно небезпечними і потребують вжиття протиерозійних заходів відповідно до категорії ерозійної небезпеки.

За допомогою ГІС-моделювання із використанням модифікованої моделі RUSLE було визначено оцінку ерозійної небезпеки, розраховано потенціал щорічних ґрунтових втрат з орних земель (рис. 4-а) та здійснено просторову градацію потенціалу ерозійного порушення різнопорядкових суббасейнів на території басейну р. Дніпро. Просторова модель (рис. 4-б) також відображає передумови інтенсивності ерозійно-аккумулятивних та деградаційних процесів в водних об'єктах різних ієрархічних рівнів унаслідок природно-антропогенної діяльності. Розподіл території басейну р. Дніпро за градацією ерозійної небезпеки наведено в таблиці 2.

Умовно ерозійно безпечними є землі рівнинних та буферних меж вододільних частин схилів, що становлять 79,6% від загальної площі орних земель. За результатами просторового моделювання на території транскордонного басейну р. Дніпро виділено близько 560 тис. га ерозійно небезпечних земель (20,4% від загальної площі орних земель). Близько 267 суббасейнів, що здебільшого розташовуються у верхній (лісовій) зоні течії р. Дніпро, мають питому площу менше ніж 5% ерозійно порушених земель і характеризуються стійким типом агроландшафтів. Найбільша кількість суббасейнів із високим ерозійно-аккумулятивним потенціалом розміщується в лісостеповій та степовій зонах — у середній та низькій течії р. Дніпро відповідно, питома площа ерозійно небезпечних земель в деяких суббасейнах досягає 47%. На цих територіях, насамперед, слід впровадити адаптивно-ландшафтне протиерозійне проектування з елементами ґрунтозахисного землеробства.



**Рис. 4.** Частка орних земель (SAer, %) у межах водозбірних суббасейнів із потенційною небезпечкою ерозії ґрунтів за впливу опадів (%): *a* — відношення SAer до площі орних земель; *б* — відношення SAer до площі суббасейну

Таблиця 2

## Розподіл площ орних земель за потенційною небезпекою ерозії ґрунтів під дією опадів на території басейну р. Дніпро

| Ерозійна небезпека | Змив ґрунту, т/га на рік | Площа, тис. га | Питома вага, % |
|--------------------|--------------------------|----------------|----------------|
| Умовно відсутня    | < 0,5                    | 1344,4         | 47,5           |
| Мінімальна         | 0,5–2,0                  | 907,2          | 32,1           |
| Слабка             | 2,1–5,0                  | 432,3          | 15,3           |
| Середня            | 5,1–10,0                 | 67,3           | 2,4            |
| Висока             | 10,1–20,0                | 54,5           | 1,9            |
| Дуже висока        | > 20,0                   | 24,3           | 0,9            |
| Всього             |                          | 2830           | 100            |

## ВИСНОВКИ

Розроблено внутрішню структуру геоморфологічної системи басейну р. Дніпро, що контролює просторовий розподіл потоків води і наносів.

Здійснено геоделювання і отримано результати просторового розподілу потенційних ґрунтових ерозійних втрат на території басейну ріки із застосуванням модифікованої емпірично-статистичної моделі RUSLE. Найбільша кількість суббасейнів із високим ерозійно-аккумулятивним потенціалом розміщується в лісостеповій та степовій зонах — у середній та низькій

течії р. Дніпро відповідно. Наведені результати водно-ерозійних процесів дають можливість визначити першочергові дискретно-розподілені потреби впровадження адаптивно-ландшафтного протиерозійного проектування з елементами ґрунтозахисного землеробства на всій території транскордонного басейну р. Дніпро, що передбачають зменшення сільськогосподарського навантаження на річковий басейн, застосування диференційованих сівозмін з урахуванням ґрунтозахисної ефективності сільськогосподарських культур, ґрунтозахисний обробіток сільськогосподарських угідь та систему добрень.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Лисецкий Ф.Н. Современные проблемы эрозии / Ф.Н. Лисецкий, А.А. Светличный, С.Г. Черный; под ред. А.А. Светличного. — Белгород: Константа, 2012. — 456 с.
2. Геопланирование сельских территорий: опыт реализации концепции бассейнового природопользования на региональном уровне / Ф.Н. Лисецкий, А.В. Землякова, А.Г. Нарожная и др. // Вестник ОНУ. — 2014. — Т. 19. — Вып. 3 (22). — С. 125–137. — (Серия: Географические и геологические науки).
3. Реки и водные объекты Белогорья: [моногр.] / Ф.Н. Лисецкий, А.В. Дегтярь, Ж.А. Буряк [и др.]; под ред. Ф.Н. Лисецкого. — Белгород: КАНСТАНТА, 2015. — 362 с.
4. Basin organization of nature management for solving hydroecological problems / F.N. Lisetskii, Ya.V. Pavlyuk, Zh.A. Kirilenko, V.I. Pichura // Russian Meteorology and Hydrology. — 2014. — Vol. 39, No. 8. — P. 550–557.
5. Pichura V.I. Basin approach to spatial-temporal modeling and neyroprediction of potassium content in dry steppe soils / V.I. Pichura // Biogeosystem Techniqu. — 2015. — No. 2 (4). — P. 172–184.
6. Basin Organizations of Nature Use, Belgorod region / F.N. Lisetskii, J.A. Buryak, A.V. Zemlyakova, V.I. Pichura // Biogeosystem Technique. — 2014. — Vol. (2). — No. 2. — P. 163–173.
7. Применение геоинформационных систем для агроэкологической оценки земель при проектировании адаптивно-ландшафтных систем земледелия / Л.Г. Смирнова, А.Г. Нарожная, Ю.Л. Кривоконь, А.А. Петрякова // Достижения науки и техники АПК. — 2012. — № 9. — С. 11–14.
8. Корытный Л.М. Бассейновая концепция в природопользовании / Л.М. Корытный. — Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2001. — 163 с.



9. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) / K.G. Renard, G.R. Foster, G.A. Weesies et al. // *Agriculture Handbook*. — 1997. — No. 703. — P. 126–131.
10. Метод определения потенциальной опасности эрозии под воздействием дождей: ГОСТ 17.4.4.03-86. — [Дата введения 10.11.86]. — М., 1986. — 12 с. — (Межгосударственный стандарт).
11. Альбом типових рішень розміщення лінійних рубежів при розробці проектів внутрішньохозяйственного землеустройства с контурно-мелиоративной организацией территории // А.В. Грушецкий, В.Н. Кривов, Н.М. Паночко и др.; науч. рук. Л.Я. Новаковский. — К.: УкрНИИ-земпроект, 1990. — 97 с.
12. Kouli M. Soil erosion prediction using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) in a GIS framework, Chania, Northwestern Crete, Greece / M. Kouli, P. Soupios, F. Vallianatos // *Environ geol*. — 2009. — Vol. 57 (3). — P. 483–497.
13. Benkobi L. Evaluation of a refined surface cover subfactor for use in RUSLE / L. Benkobi, M.J. Trlica, J.L. Smith // *J Range Manage*. — 1994. — Vol. 47. — P. 74–78.
14. Biesemans J. Extending the RUSLE with the Monte Carlo error propagation technique to predict long-term average off-site sediment accumulation / J. Biesemans, M.V. Meirvenne, D. Gabriels // *J Soil Water Conserv*. — 2000. — Vol. 55. — P. 35–42.
15. Van Leeuwen WJD. Vegetation dynamics and soil erosion modeling using remotely sensed data (MODIS) and GIS / WJD. Van Leeuwen, G. Sammons // *Tenth Biennial USDA Forest Service Remote Sensing Applications Conference*. — Salt Lake City, 2004. — P. 65–74.
16. Пічура В.І. Структура гідрогеоморфологічної системи для створення геооснови екологічного каркаса басейну річки Дніпро // *Вісник Дніпропетровського державного агрономічного університету*. — 2016. — № 2 (40). — С. 19–25.
17. Симонов Ю.Г. Речной бассейн и бассейновая организация географической оболочки / Ю.Г. Симонов, Т.Ю. Симонова // *Эрозия почв и русловые процессы*. — 2004. — Вып. 14. — С. 7–32.
18. Пічура В.І. Сільськогосподарське порушення екологічної стійкості басейну річки Дніпро [Електронний ресурс] / В.І. Пічура // *Наукові доповіді НУБіП України*. — 2016. — № 5 (6). — Режим доступу: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/7231/7010>
19. Світличний О.О. Кількісна оцінка характеристик силового ерозійного процесу і питання оптимізації використання ерозійно-небезпечних земель: автореф. дис. ... д-ра геогр. наук / О.О. Світличний. — О.: Одеськ. держ. ун-т, 1995. — 47 с.
20. Буряк Ж.А. Бассейновая организация природопользования в Белгородском экорегионе: дис. ... канд. геогр. наук / Ж.А. Буряк. — М., 2015. — 193 с.

## REFERENCES

1. Svetlichnyy A.A., Lisetskiy F.N., Svetlichnyy A.A., Chernyy S.G. (2012). *Sovremennyye problemy eroziovedeniya* [Modern problems eroziovedeniya]. Belgorod: Konstanta Publ., 456 p. (in Russian).
2. Lisetskiy F.N., Zemlyakova A.V., Narozhnyaya A.G., Terekhin E.A., Pichura V.I., Buryak Zh.A., Samofalova O.M., Grigoreva O.I. (2014). *Geoplanirovanie selskikh territoriy: opyt realizatsii kontseptsii basseynovogo prirodopolzovaniya na regionalnom urovne* [Geoplanning of rural areas: experience of the implementation of the concept of river basin environmental management at the regional level]. *Vestnik ONU Seriya: Geograficheskie i geologicheskie nauki* [Herald of Odessa National University. Series: Geographical and geological Sciences]. Vol. 19, Iss. 3 (22), pp. 125–137 (in Russian).
3. Lisetskiy F.N., Degtyar A.V., Buryak Zh.A. (2015). *Reki i vodnye obekty Belogorya: [monografiya]* [Rivers and water bodies Belogorya: [monograph]. Belgorod: KANSTANTA Publ., 362 p. (in Russian).
4. Lisetskiy F.N., Pavlyuk Ya.V., Kirilenko Zh.A., Pichura V.I. (2014). Basin organization of nature management for solving hydroecological problems, *Russian Meteorology and Hydrology*, Vol. 39, No. 8, pp. 550–557 (in English).
5. Pichura V.I. (2015). Basin approach to spatial-temporal modeling and neyroprediction of potassium content in dry steppe soils, *Biogeosystem Technique*, No. 2 (4), pp. 172–184 (in English).
6. Lisetskiy F.N., Buryak J.A., Zemlyakova A.V., Pichura V.I. (2014). Basin Organizations of Nature Use, *Belgorod region, Biogeosystem Technique*, Vol. (2), No. 2, pp. 163–173 (in English).
7. Smirnova L.G., Narozhnyaya A.G., Krivokon Yu.L., Petryakova A.A. (2012). *Primenenie geoinformatsionnykh sistem dlya groekologicheskoy otsenki zemel pri proektirovani daptivno-landshaftnykh sistem zemledeliya* [Application of geoinformation systems for agroecological assessment of lands in designing landscape-adaptive systems of agriculture]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of AIC]. No. 9, pp. 11–14 (in Russian).
8. Korytnyy L.M. (2001). *Basseynovaya kontseptsiya v prirodopolzovanii* [The basin concept in wildlife]. Irkutsk: Izd-vo Instituta geografii SO RAN Publ., 163 p. (in Russian).
9. Renard K.G., Foster G.R., Weesies G.A., McCool D.K., Yoder D.C. (1997). Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), *Agriculture Handbook*, No. 703, USDA-ARS, pp. 126–131 (in English).
10. GOST 17.4.4.03-86. *Metod opredeleniya potentsialnoy opasnosti erozii pod vozdeystviem dozhdoy* [Method for determination of the potential hazard to erosion by rain]. Moskva, 12 p. (in Russian).
11. Grushetskiy A.V., Krivov V.N., Panochko N.M., Telesh P.V., Chepkov B.M., Moskalenko V.M. (1990).

- Album tipichnykh resheniy razmeshcheniya lineynykh rubezhey pri razrobotke projektov vnutrikhozyaystvennogo zemleustroystva s konturno-meliorativnoy organizatsiyei territorii* [Album of typical solutions of placement of linear lines in the development of projects with the farm boundary contour-reclamation area organization]. UkrNIIzemprom Publ., 97 p. (in Russian).
12. Kouli M., Soupios P., Vallianatos F. (2009). Soil erosion prediction using the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) in a GIS framework, Chania, Northwestern Crete, Greece, Environ geol, Vol. 57 (3), pp. 483–497 (in English).
  13. Benkobi L., Trlica M.J., Smith J.L. (1994). Evaluation of a refined surface cover subfactor for use in RUSLE, J Range Manage, Vol. 47, pp. 74–78 (in English).
  14. Biesemans J., Meirvenne M.V., Gabriels D. (2000). Extending the RUSLE with the Monte Carlo error propagation technique to predict long-term average off-site sediment accumulation, J Soil Water Conserv, Vol. 55, pp. 35–42 (in English).
  15. Van Leeuwen WJD, Sammons G. (2004). Vegetation dynamics and soil erosion modeling using remotely sensed data (MODIS) and GIS. Tenth Biennial USDA Forest Service Remote Sensing Applications Conference, 5–9 April 2004, Salt Lake City, UT. US Department of Agriculture Forest Service Remote Sensing Applications Center, Salt Lake City, pp. 65–74 (in English).
  16. Pichura V.I. (2016). *Struktura hidrogeomorfologichnoyi systemy dlya stvorenniya heosnoy ekolohichnoy karkasa baseynu richky Dnipro* [Structure of the hydrogeomorphological system for creating the geo-foundation for the ecological framework of the Dnieper river basin]. *Dnipropetrovs'koho derzhavnogo ahroekonomichnogo universytetu* [Bulletin of Dnepropetrovsk State Agricultural and Economic University]. No. 2 (40), pp. 19–25 (in Ukrainian).
  17. Simonov Yu.G., Simonova T.Yu. (2004). *Rechnoy basseyn i basseynovaya organizatsiya geograficheskoy obolochki* [River basin and the basin organization geographic shell]. *Eroziya pochvy i ruslovye protsessy* [Soil erosion and channel processes]. Moskva, Iss. 14, pp. 7–32 (in Russian).
  18. Pichura V.I. (2016). *Sil's'kohospodars'ke porushennya ekolohichnoyi stiykosti baseynu richky Dnipro* [Damage to environmental sustainability of the Dnieper river basin caused by agriculture]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrayiny* [Scientific reports NUBiP Ukraine]. No. 5 (6). [Electronic resource] available at: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/7231/7010> (in Ukrainian).
  19. Svitlychnyi O.O. (1995). «Quantitative evaluation of the characteristics of the power issue i eroziynnoho process optimization using eroziyno dangerous lands» Abstract of Doctor of Geographical Sciences dissertation, Odessa State University, Odessa, 47 p. (in Ukrainian).
  20. Buryak Zh.A. (2015). «Basin Organizations of nature in Belgorod ecoregion» Dissertation Candidate Geographical Sciences, Moskva, 193 p. (in Russian).

УДК 631.435:631.841

## ОСОБЛИВОСТІ ВІДБОРУ ПРОБ ҐРУНТУ ЗА ЛОКАЛЬНОГО ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ

М.М. Мірошніченко, Є.Ю. Гладкіх, А.В. Ревтьє

ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»

*Встановлено, що за використання безводного аміаку у зоні його локалізації в ґрунті відбувається значна агрогенна диференціація показників фізико-хімічних, агрохімічних та біологічних властивостей. Для удосконалення моніторингу земель сільськогосподарського призначення, на яких застосовують безводний аміак, запропоновано практичну схему відбору зразків ґрунту. Доведено, що для встановлення показників родючості ґрунту найбільш репрезентативним є відбір за схемою зигзагоподібного перетинання, із формуванням змішаного зразка з 20 індивідуальних проб ґрунту.*

**Ключові слова:** ґрунти, моніторинг, безводний аміак, схема пробовідбирання зразків ґрунту, індивідуальна проба, змішаний зразок.

Останніми роками відбувається поступова переорієнтація агровиробників на економічно доступніші рідкі форми азот-

них добрив, що мають низку технологічних переваг. До таких належить безводний аміак, що вже давно широко використовується у США та Канаді, але його застосування у землеробстві часто спричиняє

© М.М. Мірошніченко, Є.Ю. Гладкіх, А.В. Ревтьє, 2016