

УДК 502.521:504.121(477.72)

DOI <https://doi.org/10.32851/2226-0099.2019.109-1.28>

МОДЕЛЮВАННЯ ВОДНО-ЕРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ НА ТЕРИТОРІЇ БАСЕЙНУ НИЗОВ'Я ДНІПРА¹

Бреус Д.С. – к.с.-г.н, доцент кафедри екології та сталого розвитку
імені професора Ю.В. Пилипенка,

ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»

Панамаренко А.В. – магістр кафедри екології та сталого розвитку
імені професора Ю.В. Пилипенка,

ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»

Костін Г.В. – магістр кафедри екології та сталого розвитку
імені професора Ю.В. Пилипенка,

ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»

Зниження якості ґрунтів сільськогосподарських земель у річкових басейнах і, як наслідок, зменшення кількісних і якісних показників сільськогосподарської продукції значною мірою залежить від водно-ерозійних процесів. Збереження та охорона ґрунтів, а також збалансоване землекористування полягає у рівновазі між антропогенним навантаженням на ґрунти та здатністю їх до самовідновлення. Через вплив ерозійних процесів щорічний змив ґрунту з розораних схилових земель України досягає 460 млн т. У статті проведено аналіз впливу водно-ерозійних процесів на деградаційні процеси ґрунту. Для моніторингу і прогнозування можливого розвитку ерозійних процесів найбільш дієвою і функціональною моделлю є застосування ГІС-технологій, оскільки як природні, так і антропогенні ерозійно-аккумулятивні процеси мають просторово-розподільний характер. У результаті просторового моделювання встановлена інтенсивність ерозійних процесів на сільськогосподарських землях Херсонської області. Вказано, що для розрахунку схилової ерозії в умовах низов'я Дніпра доцільно використовувати комбіноване універсальне рівняння втрат ґрунту CUSLE (Combined Universal Soil Loss Equation). Встановлено, що інтенсивність водно-ерозійних процесів на сільськогосподарські землі залежить від ступеня антропогенного навантаження та відсутності обґрунтованих протиерозійних заходів. Доведено, що на території басейну низов'я Дніпра за ступенем еродованості сільськогосподарські землі діляться на шість класів. Площа земель з рівнем водної ерозії від «умовно відсутньої» до «слабкої» становить 1797,6 тис. га, від «середньої» до «дуже високої» – 173,4 тис. га. Запропоновано ґрунтоохоронні системи боротьби з водно-ерозійними процесами, що включають зменшення сільськогосподарського навантаження на річковий басейн, застосування диференційованих сівозмін з урахуванням ґрунтозахисної ефективності сільськогосподарських культур та ґрунтозахисний обробіток сільськогосподарських угідь.

Ключові слова: водна ерозія, басейн низов'я Дніпра, ГІС-технології, просторова модель, ArcGIS.

Breus D.S., Panamarenko A.V., Kostin H.V. Modeling of water-erosion processes on the territory of lower Dnipro basin

The decrease in soil quality of agricultural land in river basins and, as a consequence, the reduction of quantitative and qualitative indicators of agricultural production depends to a large extent on water-erosion processes. Soil protection and conservation, as well as balanced land using, depends on the balance between anthropogenic load on the soils and their ability for self-regeneration. Due to the influence of erosion processes, the annual soil washout from sloped plowed lands of Ukraine reaches 460 million tons. The article analyzes the impact of water-erosion processes on soil degradation processes. To monitor and predict the possible development

¹ Публікація містить результати досліджень, проведених за грантом Президента України за конкурним проектом Ф 84. Публікація містить результати досліджень, проведених за грантом Президента України за конкурним проектом Ф 84.

of erosion processes, the most effective and functional model is the use of GIS technologies, since both natural and anthropogenic erosion-accumulation processes have a spatially distributive character. As a result of spatial modeling, the intensity of erosion processes in the agricultural lands of the Kherson region was established. It is stated that for calculating slope erosion in the Dnipro Basin it is advisable to use the Combined Universal Soil Loss Equation (CUSLE). It was found that the intensity of water-erosion processes on agricultural land depends on the degree of anthropogenic loading and the lack of reasonable anti-erosion measures. It was proved that agricultural lands are divided into six classes in the lower Dnipro basin. The area of lands with the level of water erosion from "conditionally absent" to "weak" is 1797.6 thousand hectares, from "medium" to "very high" – 173.4 thousand hectares. It was proposed soil protection measures for water-erosion processes control. They include reduction of agricultural load on the river basin, application of differentiated crop rotations taking into account soil-protective efficiency of crops and soil-protective cultivation of agricultural lands.

Key words: water erosion, lower Dnipro basin, GIS technologies, spatial model, ArcGIS.

Постановка проблеми. Ерозійні процеси виникають та розвиваються під впливом як природних, так і соціально-економічних факторів. Збільшення площ еродованих земель є наслідком зростання антропогенного навантаження на агроландшафти. В умовах інтенсивного сільського господарства та підвищеної розораності сільськогосподарських земель водна ерозія ґрунтів є одним з найбільш поширених і небезпечних ґрунтово-деградаційних процесів, що завдає великого економічного й екологічного збитку [18].

В Україні через вплив ерозійних процесів щорічний змив ґрунту з розораних сільських земель досягає 460 млн т. За останні 30 років площі еродованих земель зросли у 2,5 раза, в тому числі еродованої ріллі у три рази. Втрати сільськогосподарської продукції на еродованих землях щорічно становлять 8–9 млн т у зерновому обчисленні. Найбільш змиті ґрунти спостерігаються в Чернівецькій (27,8 т/га), Харківській (24 т/га), Тернопільській (24,5 т/га) та Закарпатській (23,3 т/га) областях [12].

У зв'язку з цим проблема водної ерозії ґрунтів досліджується багатьма науковцями, що сприяє розробці інноваційних методів обробітку ґрунту та ґрунтозахисних заходів для зниження впливу ерозійних процесів на якість сільськогосподарських земель і, як наслідок, підвищення їх урожайності.

Постановка завдання. Основна мета статті – здійснення моделювання водно-ерозійних процесів на території басейну низов'я Дніпра на прикладі Херсонської області.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Басейни річок як ерозійну систему досліджував зокрема Г.І. Швебс [21], який акцентував, що проблема ерозійних процесів одночасно має міждисциплінарну й інтегративну суть, що полягає у соціально-економічних змінах через реконструкцію агроландшафтів, зміну співвідношення між природними та антропогенними ландшафтами, необхідність консервації деградованих та малопродуктивних земель [17].

С.А. Балюк [4] указував, що комплексність підходів до збереження та охорони ґрунтів, а також збалансованого землекористування відповідно до Закону України «Про охорону земель» полягає у необхідності регламентування господарської діяльності і, як наслідок, рівноваги між антропогенним навантаженням на ґрунти та здатністю їх до самовідновлення. У зв'язку з цим провідними вітчизняними вченими в галузі ерозієзнавства було розроблено низку нормативних документів: «Концепцію екологічного нормування допустимого антропогенного навантаження на ґрунтовий покрив» [7]; «Концепцію інтегрованого управління екологічним ризиком деградації ґрунтів» [8].

Основною метою їх розроблення є формування наукових основ для стратегії раціонального землекористування, що передбачає збалансований розвиток і збереження природно-ресурсного потенціалу та соціально-економічної політики держави [3].

Разом із тим Ф.М. Лісецький наголошує на необхідності впровадження режиму системного управління родючим потенціалом ґрунтів, їх збереження і цілеспрямованої трансформації за вектором градаційного розвитку заради примноження продуктивних та екологічних функцій земельних угідь, сталого соціального розвитку [18].

Аналізуючи наукові праці О.О. Світличного [17], присвячені дослідженням водно-ерозійних процесів, можна дійти висновку, що для постійного моніторингу і прогнозування можливого розвитку ерозійних процесів найбільш дієвою і функціональною моделлю є застосування ГІС-технологій, оскільки як природні, так і антропогенні ерозійно-аккумулятивні процеси мають просторово-розподільний характер [16].

М.А. Шпанер уперше описує досвід Сполучених Штатів Америки у реалізації математичних моделей змиву ґрунтів за допомогою ГІС-технологій, який відбувся у 1983 році. За допомогою пакета ГІС та обробки зображень VICAR/IBIS було проведено ГІС-реалізацію профільної версії Універсального рівняння та зроблений прогноз ерозійних втрат ґрунту для тестової ділянки, що розташована у штаті Каліфорнія [23].

До числа моделей протиерозійного проектування, що використовувались вітчизняними і зарубіжними науковцями, входять: Універсальне рівняння ерозійних втрат ґрунту (USLE) [24], логіко-математична модель ерозійних втрат ґрунту Г.І. Швєбса [21], формула змиву І.К. Срібного [19], математично-статистична модель [10], формула (логічно-математичної моделі) змиву ґрунту Г.П. Сурмача [19] та в модифікаціях універсального рівняння, що запропоновані Г.Р. Фостером та У.Х. Уїшмейером [22] та Г.А. Ларіоновим [11].

У своїх працях А.Б. Ачасов описує один із засобів моделювання водної ерозії – програмний комплекс WEPP (Water Erosion Prediction Project) [1], основу якого становлять чотири блоки [2]:

- блок «Клімат» призначений для прогнозування обсягів та інтенсивності випадання злив, інфільтрації і стоку;
- блок «Ґрунт» характеризує ґрунтовий покрив території, а саме протиерозійну здатність ґрунтів, які входять до його складу;
- блок «Агрофон» містить інформацію про тип рослинності, вид обробітку ґрунту, стан поверхні ґрунту на момент моделювання;
- блок «Рельєф» описує схил практично будь-якої конфігурації і характеризується двома показниками: довжиною та нахилом поверхні.

В.І. Пічура встановив, що негативний вплив водної ерозії суттєво проявляється в басейні річки Дніпро. За допомогою дистанційного зондування Землі визначає потребу у впровадженні адаптивно-ландшафтного протиерозійного проектування з елементами ґрунтозахисного землеробства на всій території р. Дніпро [14]. Доведено, що для його впровадження необхідно зменшення сільськогосподарського навантаження на річковий басейн, застосування диференційованих сівозмін з урахуванням ґрунтозахисної ефективності сільськогосподарських культур та ґрунтозахисний обробіток сільськогосподарських угідь [13].

Методи дослідження. Для розрахунку схилової ерозії в умовах низов'я Дніпра доцільно використовувати комбіноване універсальне рівняння втрат ґрунту CUSLE (Combined Universal Soil Loss Equation):

$$A = f(R, K, L, S, C, P),$$

де A – середньорічні втрати ґрунту під впливом дощів на одиницю площі в рік (т/га);

R – індекс, який враховує фактор енергії та інтенсивності дощів (ерозійний індекс дощів);

K – індекс типу і стану ґрунту, тобто фактор піддатливості ґрунтів ерозійним процесам;

L – довжина схилу (м) та S – крутість схилу (%) – фактори рельєфу;

C – індекс, який віддзеркалює вплив землекористування – сівозмінних умов, тобто залежність від рослинного покриву прояву водно-ерозійних процесів;

P – індекс впливу протиерозійних заходів, тобто їх ефективності [9].

Просторове моделювання водно-ерозійних процесів зроблено із застосуванням ліцензійного програмного забезпечення ArcGIS 10.1.

Виклад основного матеріалу. Площа сільськогосподарських земель області становить 1971,0 (69,25%) тис. га, в т.ч. ріллі – 1777,6 тис. га, із них площі зрошуваних земель – 426,8 (21,65%) тис. га.

Розораність території області становить 62,5%, що у співвідношенні «рілля/природні угіддя» належить до нестійких типів ландшафтів. Ліси та інші лісовкриті площі охоплюють 152,0 тис. га (5,3% від загальної площі області). На території області зосереджено 20% зрошуваних земель України, їх площа становить близько 426,8 (21,65%) тис. га. За останніми даними Державного агентства водних ресурсів України (2017 р.), зрошувані землі, які використовуються в поливному режимі, становлять близько 300 тис. га (70,3%), не використовуються 126,8 тис. га (29,7%) (рис. 1) [6].

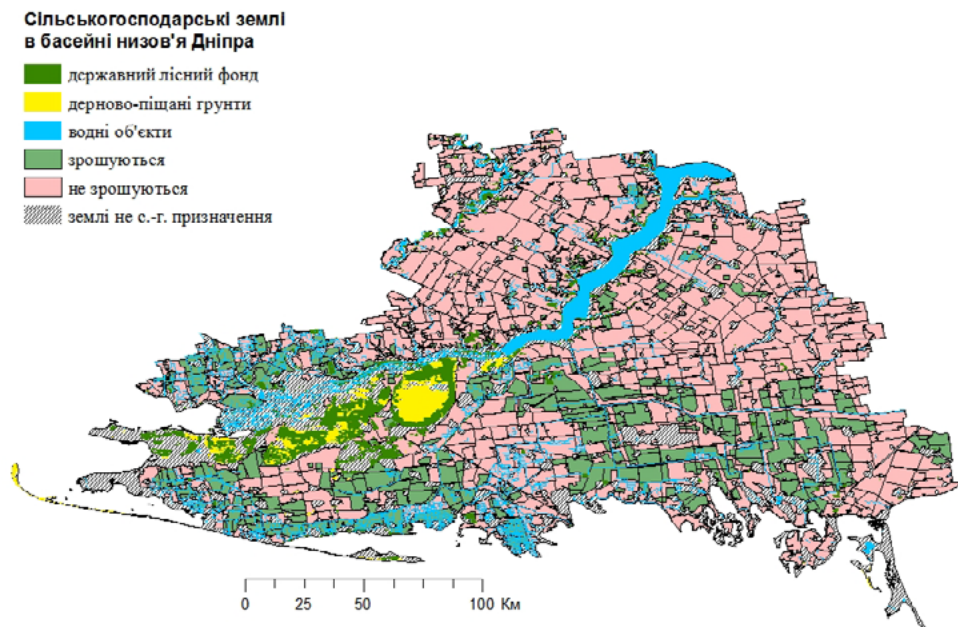


Рис. 1. Карта розподілу сільськогосподарських земель на території Херсонської області

Дослідження показують, що на території басейну низов'я Дніпра сільськогосподарські землі можна поділити на шість класів за ступенем еродованості. Аналізуючи дані, представлені в таблиці 1, можна умовно об'єднати класи еродованості і зробити висновок, що площа земель сільськогосподарського призначення з рівнем водної ерозії у межах норми становить 1797,6 тис. га, що у співвідношенні до всієї площі сільськогосподарських угідь Херсонської області становить 91,2%. Решта ґрунтів території басейну низов'я Дніпра має ступінь еродованості, що можна класифікувати від середньої до дуже високої, площа таких земель становить 173,4 тис. га.

Таблиця 1
Розподіл площі сільськогосподарських земель Херсонської області за ступенем еродованості

Класифікація еродованості сільськогосподарських земель	Площа земель, тис.га	У % до загальної площі сільськогосподарських земель області
Умовно відсутня	769,9	39,1
Мінімальна	444,1	22,5
Слабка	583,6	29,6
Середня	145,1	7,4
Висока	23,8	1,2
Дуже висока	4,5	0,2
Всього	1971,0	100

Умовні позначення

- державний лісний фонд
- дерново-піщані ґрунти
- водні об'єкти
- землі не с.-г. призначення

Інтенсивність ерозії т/га

- < 0,5
- 0,5 - 2
- 2,01 - 5
- 5,01 - 10
- 10,01 - 20
- > 20

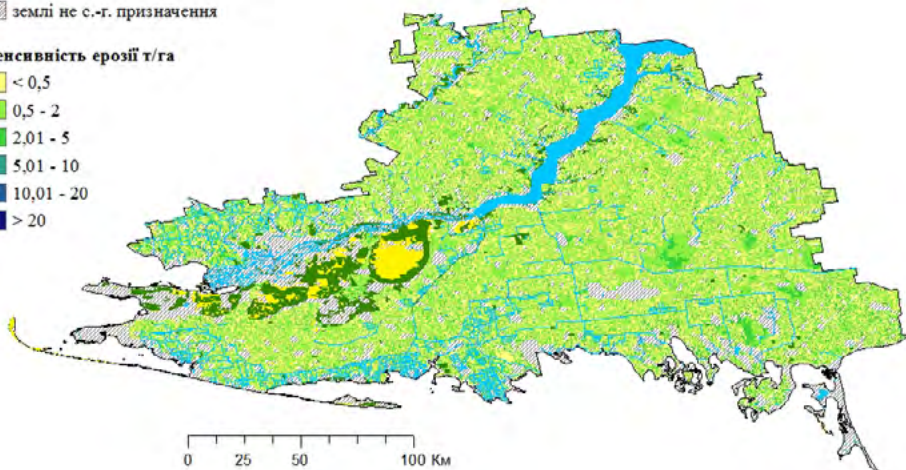


Рис. 2. Інтенсивність водної ерозії на сільськогосподарських землях низов'я Дніпра

Для моделювання водно-ерозійних процесів території басейну низов'я Дніпра були використані дані змиву ґрунту на території сільськогосподарських земель Херсонської області, а також функції робочого модуля Geostatistical Analyst of ArcGIS (рис. 2).

Аналізуючи просторову модель інтенсивності водно-ерозійних процесів на території басейну низов'я Дніпра, виявлено, що найбільш виражено вони проявляються на сільськогосподарських землях, які розташовані на схилах, у балках, а також на угіддях, що перебувають під інтенсивним зрошенням.

Висновки і пропозиції. У результаті аналізу сучасного стану земельних угідь у басейні низов'я Дніпра встановлено відсоток найбільш ерозійно-небезпечних сільськогосподарських земель, що становив 8,8% від загальної площі земельних угідь. Площа земель з мінімальними і слабкими проявами водно-ерозійних процесів становить 1027,7 тис. га. Для суттєвого покращення і зниження впливу водної ерозії на ґрунти необхідно вводити системи заходів, що сприятимуть раціональній організації територій і використанню земель. Найбільш дієвими є раціональна організація територій і використання земель, впровадження ґрунтозахисних сівозмін, залуження схилів, смугове вирощування культур, протиерозійні способи обробітку ґрунту і сівби сільськогосподарських культур, розроблення відповідних систем добрив, спорудження ставків у балках, будівництво водозатримуючих та водовідвідних валів, захист берегів водоймищ та іригаційних каналів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Ачасов А.Б., Ачасова А.О., Карабач К.С. Моделювання процесів водної ерозії за допомогою моделі WEPP. Методичні вказівки. Київ : Вид. центр НАУ, 2008. 18 с.
2. Ачасов А.Б., Куришко Р.В. Картографічне забезпечення процесу математичного моделювання водної ерозії. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. № 3–4. 2012. С. 13–17.
3. Балюк С.А., Воротинцева Л.І. Трансформація властивостей чорноземних ґрунтів і стійкість їх до антропогенного навантаження. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*. 2013. Випуск 44. С. 8–16.
4. Балюк С.А., Трускавецький Р.С. Системне управління трансформаційною спрямованістю та родючістю ґрунтів. *Вісник аграрної науки*. 2015. № 10. С. 10–16.
5. Булигін С.Ю. Булигіна М.Є. Небезпека прояву ерозії ґрунтів в Українському Поліссі. *Механізація і електрифікація сільського господарства*. 2014. Вип. 99(1). С. 68–84.
6. Звіт про виконання проектно-технологічних та науково-дослідних робіт у 2012–2017 р. *Херсонська філія ДУ «Інститут охорони ґрунтів»*. Херсон, 2016. 109 с.
7. Концепція екологічного нормування допустимого антропогенного навантаження на ґрунтовий покрив / за ред. С.А. Балюка, М.І. Ромащенко. Київ : Аграрна наука, 2004. 34 с.
8. Концепція інтегрованого управління екологічним ризиком деградації ґрунтів / за ред. С.А. Балюка, М.І. Ромащенко. Харків. 2012. 49 с.
9. Король П.П., Волошин В.У., Фесюк О.В. Математико-картографічне моделювання водної ерозії ґрунтів на основі комбінованого універсального рівняння втраг ґрунту. *Вісник геодезії та картографії*. 2013. № 6 (87). С. 35–42.
10. Лавровский И.Г. К вопросу построения модели стока и смыва почвы при ливневой эрозии / И.Г. Лавровский, А.Ф. Игуменцев, С.В. Анисимов, Л.Г. Щеголева. *Закономерности проявления эрозионных и русловых процессов в различных природных условиях*. Москва : Изд-во МГУ, 1987. С. 89–90.
11. Ларионов Г.А. Эрозия и дефляция почв. Москва : Изд-во МГУ, 1993. 200 с.

12. Пархуць Б.І. Еволюція агроландшафтів і проблеми їх охорони. *Землево-рядний вісник*. № 4. 2000. С. 69–71.
 13. Пічура В.І. Геомодельовання водно-ерозійних процесів у басейні річки Дніпро. *Агроекологічний журнал*. 2016. № 4. С. 66–75.
 14. Пічура В.І. Просторове прогнозування ерозійної небезпеки ґрунтів у басейні річки Дніпро із використанням модифікованого універсального рівняння ґрунтових втрат і ГІС-технологій. *Вісник ЖНАЕУ*. 2016. № 2 (56). Т. 1. С. 3–10.
 15. Світличний О.О., Чорний С.Г. Основи ерозієзнавства : підручник. Суми : ВТД «Університетська книга», 2007. 266 с.
 16. Светличный А.А. Пространственное геоинформационное моделирование и прогноз водной эрозии почв. *Проблеми безперервної географічної освіти і картографії* : Збірник наукових праць. Харків. 2013. Випуск 17. С. 44–47.
 17. Светличный А.А., Черный С.Г., Лисецкий Ф.Н. Проблема эрозии почв в научном наследии Г.И. Швевса и основные направления его развития. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна*. 2009. № 849. С. 8–15.
 18. Современные проблемы эрозиоведения / Ф.Н. Лисецкий и др.; под ред. А.А. Светличного. Белгород : Константа, 2012. 456 с.
 19. Срибный И.К. Среднегодовой сток воды и смыв почвы со склонов. *Водохозяйственное строительство на малых реках*. Киев : Будівельник, 1977. С. 145–147.
 20. Сурмач Г.П. Опыт расчета смыва почв для построения комплекса противоэрозионных мероприятий. *Почвоведение*. 1979. № 4. С. 92–103.
 21. Швевс Г.И. Формирование водной эрозии, стока наносов и их оценка. Львов : Гидрометеоздат, 1974. 184 с.
 22. Foster G.R. Evaluating irregular slopes for soil loss prediction / Foster G.R., Wischmeier W.H. *Trans. Am. Soc. Agric. Engrs.* 1974. No 17. P. 305–309.
 23. Spanner M.A. Soil loss prediction in a Geographic Information System Format. *Papers Selected for Presentation at the Seventeenth International Symposium on Remote Sensing of Environment* : Buenos Aires, Argentina, 2–9 June 1982, Buenos Aires. 1983. P. 89–102.
 24. Wischmeier W.H. Evaluation of factors in the soil-loss equation. *Agricultural Engineering*. 1958. Vol. 39. P. 458–462.
-