

УДК 631.459

**М. В. КУЦЕНКО**, канд. геогр. наук, доц.

*Національний науковий центр "Інститут ґрунтознавства та агрохімії  
імені О. Н. Соколовського УААН"*

### **КАЛІБРУВАННЯ ТА ПЕРЕВІРКА МОДЕЛІ ОЦІНКИ ЕРОЗІЙНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ЗЕМЕЛЬ**

Запропоновано метод калібрування моделі оцінки ерозійної небезпеки земель та доведено просторову адекватність цієї моделі реальним проявам водної ерозії. Метод доцільно використовувати для кількісної оцінки, картографування та моніторингу ерозійної небезпеки земель, визначення потреб у протиерозійних заходах, оптимального розташування таких заходів на конкретних сільськогосподарських полях та контролю охорони земель від водної ерозії.

**Ключові слова:** ерозійна небезпека, модель, калібрування, перевірка

### **Куценко Н. В. КАЛИБРОВКА И ПРОВЕРКА МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ЭРОЗИОННОЙ ОПАСНОСТИ ЗЕМЕЛЬ**

Предложен метод калибровки модели оценки эрозионной опасности земель и доказана пространственная адекватность этой модели реальным проявлениям водной эрозии. Метод целесообразно использовать для количественной оценки, картографирования и мониторинга эрозионной опасности земель, определения потребностей в противоэрозионных мероприятиях, оптимального расположения таких мероприятий на конкретных сельскохозяйственных полях и контроля охраны земель от водной эрозии.

**Ключевые слова:** эрозионная опасность, модель, калибровка, проверка

### **Kutsenko N. CALIBRATION AND ASSESSMENT MODEL VALIDATION OF THE SOIL EROSION DANGER**

It is offered the method of model calibration for the assessing erosion danger and proved the spatial adequacy of this model with real manifestation of the water erosion. The method should be used for quantitative assessment, mapping and monitoring the risk of land erosion, determine the need for erosion control measures, the optimal location of such activities in specific fields of agricultural land protection and control of water erosion.

**Key words:** erosion danger, model, calibration and verification

### **ВСТУП**

Охороні земель від ерозії в Україні приділяється значна увага як в законодавчих актах та постановах уряду так і в науковій літературі. Але на практиці проблема не вирішується за різних причин. Однією з таких причин є відсутність достатньо простої і водночас адекватної технології інформаційного забезпечення охорони земель. Перший крок, який необхідно зробити дієвої системи охорони земель – це суцільне обстеження земельних ділянок з кількісною оцінкою та картографуванням їхньої ерозійної небезпе-

ки. Картограми ерозійної небезпеки слугуватимуть своєрідним паспортом існуючого ризику прискореної ерозії – початком відліку відповідальності землевласників за охорону земель. Для проведення такого обстеження необхідно обґрунтувати достатньо просту, надійну, зрозумілу і технологічно досконалу модель кількісної оцінки ерозійної небезпеки, яку можна успішно застосовувати в реальних умовах недостатньої інформаційної визначеності.

### **МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ**

Калібрування та перевірка моделей ерозії завжди була проблематичною через складну природу ерозійно-аккумулятивних процесів. Для перевірки балансових моделей змиву використовують метод вимірювання об'ємів ерозійних рівчаків. Таку перевірку

здійснювали О. О. Світличний [1], Е. Альбертс, Ф. Гідей [2]. З цією метою, а також для калібрування моделей ерозії використовують стокові майданчики [3]. С. В. Костриков адаптував модель ерозії WEPP у геоінформаційне середовище водозбірних басейнів [4]. Використання цієї моделі дуже

ускладнюється великою кількістю параметрів і необхідністю її калібрування у США за допомогою інструментально-програмного комплексу GLIGEN [5]. Г. В. Бастраков запропонував спосіб картографування ерозійної стійкості земель, що передбачає вимірювання за допомогою топографічних карт ухилів та довжин ліній активного стоку, розрахунки та картографування кількісних значень показника ерозійної стійкості земель [6]. Недоліками цього способу є те, що ерозійну стійкість неможливо визначити при наближенні до вододілу, а опір ґрунту роз-

миву визначають заздалегідь – за допомогою приладу, яким враховують штучні струмені води, що відрізняються від природних. Спосіб експрес-оцінки ерозійної небезпеки земель передбачає інтегроване калібрування моделі, але не враховує інтенсивність конкретних злив, які ведуть до утворення рівчаків [7].

**Постановка завдання.** Метою статті є розробка методу калібрування моделі ерозійної небезпеки земель та її перевірка на конкретному об'єкті.

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

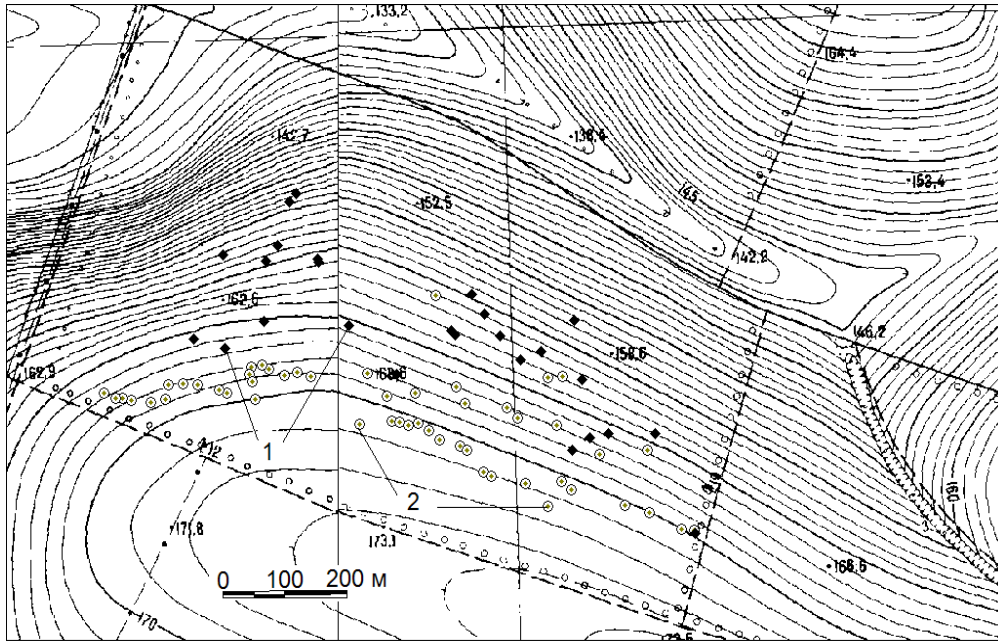
Для калібрування та перевірки адекватності комп'ютерного модуля оцінки ерозійної небезпеки було проведено обстеження проявів ерозійних процесів на території ТОВ «Відродження» Харківського району після потужної зливи 4 липня 2011 року. У ході польових досліджень спостерігались прояви інтенсивної водної ерозії на землях кукуру-

дзяного поля, що розташовано на схилі з кутами нахилу до  $5 - 7^{\circ}$  (рис. 1).

За допомогою GPS визначено координати вершин ерозійних рівчаків та координати найменших проявів прискореної ерозії, що було представлено найменшими фрагментарними водоріями. Зазначені масиви точок було прив'язано у Mapinfo (рис. 2).



**Рис. 1** – Прояви прискореної ерозії, що спостерігались 5 липня 2011 на полі кукурудзи ТОВ «Відродження» (Висота рослин до 40 см)



1 – точки вірогідних вершин ерозійних рівчаків; 2 – точки найменших проявів ерозії

**Рис. 2** – Положення вершин ерозійних рівчаків на схилі

Калібрування моделі оцінки ерозійної небезпеки земель здійснювалось на основі наступних міркувань. Індекс ерозійної небезпеки – це відношення прогнозованої швидкості водного потоку до його розмивної швидкості. Розмивною називають таку мінімальну швидкість водного потоку, яка веде до безперервного відриву частинок ґрунту, тобто до прискореної ерозії. Вершини ерозійних рівчаків, що виникли в результаті конкретної зливи можна вважати першим наближенням просторового положення точок, де індекс ерозійної небезпеки дорівнює 1,0.

Якщо визначити координати вершин рівчаків та інтенсивність зливи, що призвела до їх виникнення, то можна провести калібрування моделі таким чином. Формулу індексу ерозійної небезпеки земель можна записати у вигляді:

$$I_e = \frac{v}{v_p} = K_{sp} v_p^{-1} n^{-0,6} (kFI)^{0,4} B^{-0,4} J^{0,3}, \quad (1)$$

де  $I_e$  – індекс ерозійної небезпеки земель;  $v$  – середня швидкість водного потоку, м/с;  $v_p$  – розмивна швидкості водного потоку для ріллі, м/с;  $n$  – коефіцієнт шорсткості;  $k$  – коефіцієнт стоку;  $F$  – площа водозбору, м<sup>2</sup>;  $I$  – інтенсивність зливи, м/с;  $B$  – ширина водозбору (була прийнята постійною і дорівнювала 1 м);  $J$  – ухил схилу;  $K_{sp}$  – коефіці-

єнт, що враховує відхилення реальних параметрів від параметрів першого наближення.

Інтенсивність зливи, що спостерігалась 4 липня 2011 року, виявилась біля 1 мм/хв. =  $2 \cdot 10^{-5}$  м/с. Для чорнозему типового, що досліджувався за довідниковими даними у першому наближенні враховувались такі параметри:  $v_p = 0,18$  м/с;  $k = 0,4$ ;  $n = 0,07$  [8].

За допомогою електронної топографічної карти для досліджуваної території складено векторну структурну цифрову модель рельєфу (ВСЦМР) [9]. Коефіцієнт  $K_s$  визначено шляхом послідовних наближень наступним чином. За допомогою комп'ютерного модуля EXERM зроблено оцінку ерозійної небезпеки дослідної ділянки з урахуванням зазначених вище параметрів. Результати оцінки порівнювались з положенням вершин ерозійних рівчаків. Якщо точки цих вершин за висотою опинялись вище точок із значеннями  $I_e = 1,0$ , то значення  $K_s$  у шарі ліній стоку збільшують на 0,2  $K_s$ , якщо нижче – то зменшувалось на 0,2  $K_s$ . Розрахунки  $I_e$  та порівняння здій здійснювались повторно. Якщо на 1-му кроці точки вершин рівчаків були вище значень індексу 1,0, а на 2-му виявились нижчими, то значення  $K_s$  вже було зменшене на 0,1  $K_s$ . Такий підбір  $K_s$  продовжували до тих пір поки межа значень  $I_e$  1,0 починала проходити посередині точок вершин рівчаків, найближчих до вододілу.

Калібрування моделі проведено для точок з найменшими проявами змиву ґрунту, що спостерігались візуально (див. рис. 2), та для вершин ерозійних рівчаків, які в подальшому простежувались на протязі всього схилу. В результаті вдалось точно наблизити індекс ерозійної небезпеки до найближчих до вододілу точок найменших проявів ерозії (рис. 3). Після цього значення  $K_s$  вважалось визначеним. Для перевірки комп'ютерного модуля оцінки ерозійної небезпеки земель було використано таку гіпотезу. Нерозмивно називають таку максимальну швидкість водного потоку, яка ще не викликає безперервний відрив частинок ґрунту, тобто прискорену ерозію.

Ми припустили, що точки з найменшими проявами змиву ґрунту відповідають нерозмивній швидкості водних потоків. Для цих точок значення  $K_{sh}$  дорівнювало 2,0. Нижче цих точок ерозія візуально не спостерігалась у вигляді безперервних рівчаків, аж до вершин таких рівчаків, що спостерігались на 80 – 100 метрів нижче (див. рис. 3.3). В результаті калібрування для цих вершин було визначено, що значення  $K_{sp} = 1,3$ .

За класичними літературними джерелами формула, що зв'язує розмивну та нерозмивну швидкості має вигляд [10]:

$$v_p = 1,4v_n, \quad (2)$$

де  $v_p$  – розмивна, а  $v_n$  – нерозмивна швидкості водного потоку.

Оскільки обидва масиви точок, в яких спостерігались прояви ерозійних подій, як наслідків впливу нерозмивних та розмивних швидкостей водних потоків було зафіксовано для однієї зливи, то згідно з формулами (2) та (1) повинно виконуватись рівняння:

Представимо формулу (1) у вигляді:

$$I_e = \frac{v}{v_p} = K_{sp} A,$$

де  $A$  – коефіцієнт, що об'єднує параметри правої частини формули (1).

Для індексу ерозійної небезпеки, що визначався з урахуванням нерозмивної швидкості формула має вигляд:

$$I_{en} = \frac{v}{v_n} = K_{sh} A$$

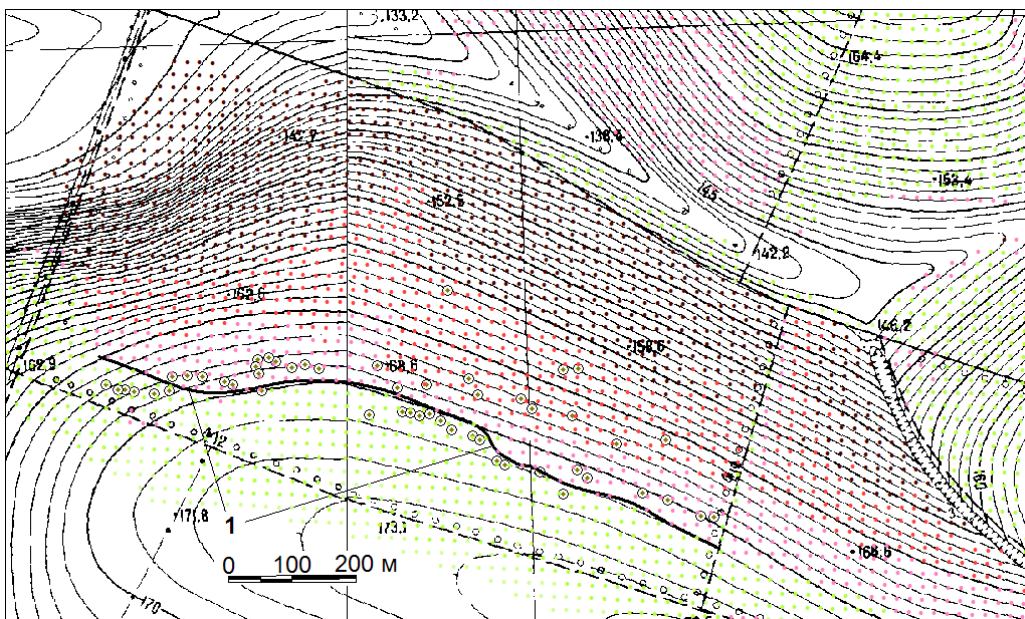
Звідси:

$$K_{sp} = \frac{v}{v_p A} = \frac{v}{1,4v_n A} = \frac{K_{sh}}{1,4}; K_{sh} = 1,4K_{sp}$$

Фактичні співвідношення коефіцієнтів склали:

$$\frac{K_{sh}}{K_{sp}} = \frac{2,0}{1,3} = 1,5$$

Таким чином співвідношення між розмивною та нерозмивною швидкостями водного потоку підтвердилось. Це, певною мірою, доводить адекватність моделі оцінки ерозійної небезпеки земель.



1 – ізолінія індексу ерозійної небезпеки 1,0

Рис. 3 – Результат калібрування модуля оцінки ерозійної небезпеки земель за найменшими проявами змиву ґрунту

## ВИСНОВКИ

1. Запропонований метод калібрування моделі оцінки ерозійної небезпеки земель є порівняно простим і прийнятним для широкого використання у моніторингу ризику ерозійної небезпеки.

2. Перевірка моделі оцінки ерозійної небезпеки земель з використанням географічної прив'язки результатів ерозійних подій від конкретної зливи повністю підтвердила її адекватність.

3. Запропонований метод доцільно використовувати для кількісної оцінки, картографування та моніторингу ерозійної небезпеки земель, визначення потреб у протиерозійних заходах, оптимального розташування таких заходів на конкретних сільськогосподарських полях та контролю охорони земель від водної ерозії.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Светличный А. А. Рельефные условия склонового водно-эрозионного процесса и вопросы их моделирования / А. А. Светличный. // Геогр. и природные ресурсы. - 1991. - № 4. - С. 123 – 131.
2. Альбертс Е., Гидей Ф. Сопоставление фактического смыва сильными ливнями со значениями, рассчитанными по модели WEPP / Е. Альбертс, Ф. Гидей. // Почвоведение. - 1997. - № 5. - С. 642 - 646.
3. Светличный А. А. Эрозиоведение: теоретические и прикладные аспекты / А. А. Светличный, С. Г. Черный, Г. И. Швец. - Сумы: Университетская книга, 2004. - 410 с.
4. Черваньов І. Г. Флювіальні геоморфосистеми: дослідження й розробки Харківської геоморфологічної школи / І. Г. Черваньов, С. В. Костріков, Б. Н. Воробйов – Х. : ХНУ, 2006. – 322 с.
5. Farre G. Calibration of Rainfall Simulator, Research Center for Sustainability in Ecological Engineering and Water Resources Technology, University of Western Sydney / G. Farre. - Sydney, 2001. - 37 p.
6. Бастратов Г. В. Эрозионная устойчивость рельефа и противоэрозионная защита земель / Г. В. Бастратов. - Брянск: Изд-во БГПИ, 1993. - 260 с.
7. Куценко М. В. Комп'ютерна технологія експрес-оцінки ерозійної небезпеки земель та оптимізації протиерозійних заходів / М. В. Куценко // Землеустрій і кадастр. - 2010. - № 1. - С. 30 – 38.
8. Куценко М. В. Науково-методологічні засади формування ґрунтозахисних та водоохоронних агроландшафтів (Науково-методичний посібник) / М. В. Куценко. - Х. : Вид. «ІЗ типографія», 2006. - 90 с.
9. Куценко М. В. Геоінформаційна технологія оптимізації охорони ґрунтів від ерозії / М. В. Куценко // Стратегії реалізації земельної реформи: матеріали міжнар. конф. - Х. : Strasser, 2011. - С. 65 – 69.
10. Кузнецов М. С. Эрозия и охрана почв / М. С. Кузнецов, Г. П. Глазунов. - М.: Изд-во МГУ, изд-во «Колос», 2004. - 352 с.

Надійшла до редакції 06.02. 2012

УДК 911+504.567

**О. М. ГОГОЛЬ**

*Головне державне управління охорони, використання і відтворення водних живих ресурсів та регулювання рибальства у Харківській області*

## ДИНАМІКА ВИКОРИСТАННЯ РИБНИХ РЕСУРСІВ ПОВЕРХНЕВИХ ВОДОЙМ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Фактичний вилов риби на водних об'єктах Харківської області приблизно відповідає затвердженім лімітам вилову на протязі останніх 10 років, а найбільшу частку вилову складають лящ та товстолобик. Державне управління рибною галуззю має бути більш ефективним, бо це може бути однією з причин, що гальмують розвиток української аквакультури в цілому в державі, в тому числі, і низький рівень законодавчого забезпечення та державної фінансової підтримки виробничої діяльності рибницьких підприємств.

**Ключові слова:** рибні ресурси, поверхневі водойми, використання, вилов риби, Харківська область, законодавче забезпечення

