

УДК 631.452

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

*Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського»,
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна*

ҐРУНТОЗАХИСНА ЕКСПЕРТИЗА

Визначено мету та завдання ґрунтозахисної експертизи земель, обґрунтовано кількісні критерії та коефіцієнти, що дозволяють оптимізувати системи протиерозійних заходів, представлено загальний алгоритм автоматизованого здійснення ґрунтозахисної експертизи та її результати на конкретному прикладі.

Ключові слова: ґрунтозахисна експертиза земель, критерії, протиерозійні заходи, оптимізація, комп'ютерна технологія

Определены цель и задачи почвозащитной экспертизы, обоснованы количественные критерии оптимизации противоэрозионных мероприятий, представлен общий алгоритм проведения такой экспертизы в автоматизированном режиме и ее результаты.

Ключевые слова: почвозащитная экспертиза, критерии, противоэрозионные мероприятия, оптимизация, компьютерная технология

The goals and the tasks of soil-conservation examination of agrolandscapes are specified, the quantitative criteria and the coefficients are proved, which permit to optimize of systems for the measures against erosion. The general algorithm of automated realization of such examination was proposed.

Key words: soil-conservation examination, criteria, measures against erosion, optimization, computer technology.

Постановка проблеми. Розробка автоматизованої системи ґрунтозахисної експертизи земель є вкрай актуальною та життєво необхідною для технологічного забезпечення виконання статей: 5 Земельного кодексу України від 25 жовтня 2001 року № 2768-III; 2, 6, 20, 36, 41, 51, 54 Закону України “Про землеустрій”, а також Закону України „Про охорону земель” від 19 червня 2003 року № 962-IV, які спрямовані на захист ґрунтів від ерозії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В основу ґрунтозахисної експертизи земель покладено кількісну методику оцінки ерозійної небезпеки. На сьогоднішній день існує безліч моделей водної ерозії, кількість яких неможливо підрахувати. Найбільш широко в світі використовується універсальне рівняння втрат ґрунтів та більш досконалий його варіант, відомий під назвою RUSLE [1, 2]; в Росії – модель Г. П. Сурмача [3]; в Україні – модель І. К. Срібного [4]. Г. І., Швебс, О. О. Світличний, С. Г. Чорний, М. С. Кузнецов, О. Г. Рожков, Г. П. Глазунов зробили узагальнення моделей ерозії [1, 3, 5, 6]. Емпіричні моделі мають вузько локальні, обмежені можливості використання, бо не враховують механізми розвитку ерозійних процесів. Головні їх недоліки: а) відсутність чітких меж застосування; б) узагальнений характер параметрів; в) невисока точність прогнозу (відсутність оцінки точності); г) неможливість врахування системних взаємодій ерозійно-акумулятивних процесів. В основу теоретичних моделей ерозії покладено диференційні рівняння, які можна застосовувати для плавних та безперервних функціональних залежностей [6]. Прискорена ерозія у просторі розвивається дискретно, у вигляді рівчаків з ламаними профілями. Ця дискретність істотно ускладнюється сільськогосподарськими технологіями обробітку

земель. Тому використання теоретичних моделей залишається проблематичним. В таких умовах в основу кількісного обґрунтування ґрунтозахисної експертизи агроландшафтів ми поклали енергетичний підхід до управління ерозійними процесами, де за основу взято регулювання співвідношень фактичних максимальних швидкостей водних потоків на схилах з розмивними швидкостями у допустимих межах [7].

Постановка завдання. Метою статті є розробка загальних положень, обґрунтування критеріїв та алгоритму автоматизованої системи ґрунтозахисної експертизи.

Виклад основного матеріалу. Згідно з Законом України “Про екологічну експертизу” таку експертизу визначено як “вид науково-практичної діяльності спеціально уповноважених державних органів, що ... спрямована на підготовку висновків про відповідність запланованої чи здійснюваної діяльності нормам і вимогам законодавства про охорону навколишнього природного середовища”. Поняття “ґрунтозахисна експертиза” не закріплено законодавством, але її можна розглядати як частину екологічної експертизи, що стосується охорони земель. Тому за аналогією таку експертизу можна визначити як вид науково-практичної діяльності, що спрямована на підготовку висновків про відповідність запланованої чи здійснюваної діяльності з використання земель нормам і вимогам законодавства про їх охорону. Таку експертизу призначено для ефективної реалізації законодавчих актів, пов’язаних з охороною земель. Метою ґрунтозахисної експертизи є запобігання прискореній ерозії та пов’язаній з нею деградації земель.

Основними завданнями ґрунтозахисної експертизи є:

1) визначення ступеня ерозійної небезпеки сільськогосподарських земель в межах запланованої чи здійснюваної діяльності з їх використання;

2) оцінка вагомості існуючих ґрунтозахисних заходів;

3) визначення мінімальних достатніх ґрунтозахисних заходів для запланованого чи здійснюваного напряму ерозійно-безпечного використання земель.

Важливими вимогами до комп'ютерної технології ґрунтозахисної експертизи є простота використання і можливість достатньо точної і репрезентативної оцінки ерозійної небезпеки земель за умови відсутності великомасштабних ґрунтових обстежень.

Для проведення ґрунтозахисної експертизи ми пропонуємо використовувати такі критерії та показники (коефіцієнти): 1) критерій достатньої загальної захищеності земель від ерозії; 2) критерій оптимального просторового положення протиерозійних рубежів; 3) коефіцієнт ґрунтозахисної вагомості кожного протиерозійного рубежу; 4) коефіцієнт середньозваженої ґрунтозахисної вагомості всіх протиерозійних рубежів; 5) критерій достатності (надлишковості) протиерозійних рубежів; 6) критерій ґрунтозахисної оптимізації структури сільськогосподарських угідь.

Ступінь загальної захищеності земель від ерозії визначається часткою площі ерозійно-безпечних та умовно ерозійнобезпечних земель у загальній площі обстежених земель, яка залежить від допустимої похибки врахування чинників ерозії. Так у зображенні рельєфу на топографічних картах допускається похибка до 1/3 січення горизонталей. Допустимою під час обстеження ґрунтів вважається похибка 10%. Цю похибку ми взяли за основу визначення допустимого ступеню загальної захищеності земель від ерозії. Критерієм достатньої загальної захищеності земель від ерозії є умова:

$$F_6 \geq 90\%, \quad (1)$$

де F_6 – ерозійнобезпечні землі. Загальна захищеність земель вважається задовільною якщо частка площ ерозійнобезпечних земель більша або дорівнює 90%.

Для оцінки ерозійної небезпеки земель доцільно використовувати індекс ерозійної небезпеки, надійність якого ми обґрунтували в чисельних публікаціях [7, 8]. У першому наближенні, в разі відсутності великомасштабних ґрунтових досліджень цей індекс розраховують за формулою [8]:

$$I_e = K_p K_e \frac{(kFI)^{0,4} J^{0,3}}{B^{0,4} n^{0,6} V_p}, \quad (2)$$

де K_p – коефіцієнт впливу рослинного покриву (агрофону) на інтенсивність ерозії; K_e – коефіцієнт впливу експозиції схилу; k – коефіцієнт стоку; F – площа водозбору даного потоку, m^2 ; I – інтенсивність надходження води, m^3/s ; J – ухил поверхні; n – коефіцієнт шорсткості поверхні; B – ширина потоку, m ; V_p – розмивна швидкість водного потоку для ріллі, m/s .

Для проведення експертизи коефіцієнти: K_p , K_e , k , n та розмивна швидкість (V_p) визначають за довідковими джерелами, як табличні дані для конкретних природних та сільськогосподарських умов [8]. Інші параметри розраховують автоматично на локальному просторовому рівні деталізації.

За умови наявності матеріалів детальних ґрунтових обстежень індекс ерозійної небезпеки земель розраховують більш точно за формулою:

$$I_e = K_p K_e \frac{0,94 (kFI)^{0,3} d^{0,17} J^{0,35}}{B^{0,3} n^{0,7} V_{\Delta p}}, \quad (3)$$

де d – діаметр водотривких агрегатів, m ; $V_{\Delta p}$ – донна розмивна швидкість водного потоку, яка обчислюється за формулою М.С. Кузнецова [9], m/s . Інші такі самі, як і в формулі (2).

Критерій оптимального просторового положення протиерозійних рубежів має вигляд цільової функції:

$$Z = \sum_{i=1}^n \frac{F_{zi}}{L_i} \Rightarrow Z_{\max}, \quad (4)$$

де F_{zi} – площа земель, захищених від ерозії рубежем i , m^2 ; L_i – довжина рубежу, m ; i – його номер; n – кількість рубежів; Z_{\max} – максимально можливе значення суми, m . Функція Z_{\max} має розмірність метр. Це площа захищених від ерозії схилівих земель одним метром рубежу. Площу земель, захищених від ерозії рубежем i розраховують таким чином:

$$F_{zi} = F_e - F_{epi},$$

де F_e – площа ерозійнобезпечних земель без ґрунтозахисної дії рубежу i ; F_{epi} – площа ерозійнобезпечних земель з урахуванням ґрунтозахисної дії рубежу i .

Ґрунтозахисну вагомість i -го рубежу визначають коефіцієнтом:

$$\gamma_i = \frac{F_{zi}}{L_i} \quad (5)$$

Коефіцієнт середньозваженої ґрунтозахисної вагомості всіх рубежів визначають за допомогою формули:

$$W_z = \sum_{i=1}^n \frac{F_{zi}}{L_i} \quad (6)$$

Наведена формула аналогічна формулі (4), але вона не є цільовою функцією, бо визначає ґрунтозахисну вагомість не оптимальних, а існуючих рубежів. Умовні позначки в формулах (5) та (6) залишились без змін.

Критерій достатності (надлишковості) протиерозійних рубежів визначають як частку загальної довжини існуючих рубежів від довжини системи оптимальних рубежів, просторове розташування яких відповідає критерію (4):

$$K_\delta = \frac{L_{onn} - L}{L_{onn}} 100\% \Rightarrow 0, \quad (7)$$

де L_{onn} - загальна довжина оптимально розташованих рубежів, що забезпечують виконання критерію (4); L - загальна довжина існуючих рубежів. Критерій K_δ може мати як додатне так і від'ємне значення. Оптимальним є його нульове значення. Додатне його значення показує відсоток рубежів відносно L_{onn} , які треба додатково сконструювати, щоб забезпечити надійних захист земель від ерозії. Від'ємне значення K_δ показує надмірний захист земель - відсоток рубежів відносно L_{onn} , які не виконують ґрунтозахисної ролі (стосовно водної ерозії), і, яких не варто конструювати.

Критерій ґрунтозахисної оптимізації структури агроландшафтів та сівозмін має вигляд цільової функції [11]:

$$Z_{\max} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij} (p_{ij} - c_{ij}) \quad (8)$$

$$I_{ej} = I_{ei} K_{cj} \leq 1, \quad (9)$$

де x_{ij} - загальна площа земельних ділянок (га) з індексом ерозійної небезпеки для ріллі I_{ei} та засобом сільськогосподарського використання j ; p_{ij} - ринкова вартість валової продукції (грн/га), j - го способу використання земель з індексом I_{ei} , яку здобуто на одиниці площі x_{ij} ; c_{ij} - загальні витрати на виробництво цієї продукції (грн/га); K_{cj} - інтегральний коефіцієнт ґрунтозахисної ефективності j - го засобу використання земель, який враховує сукупність організаційних,

агротехнічних, агролісомеліоративних та гідротехнічних протиерозійних заходів, які забезпечують виконання умови (9), і вартість яких на одиницю площі включається до c_{ij} ; n - кількість земельних ділянок з різними значеннями індексу ерозійної небезпеки; m - кількість сівозмін. Цей складний за сенсом критерій неможна виразити повністю в параметричному вигляді, як у класичних розподільчих задачах оптимізації. Тому обмеження (9) представлено в неявному вигляді.

Ми розробили комп'ютерну технологію ґрунтозахисної експертизи агроландшафтів, яка дозволяє автоматично визначати та картографувати індекс ерозійної небезпеки за формулами (2), (3), розраховувати зазначені вище коефіцієнти (5), (6) та, в автоматизованому режимі досягати просторової оптимізації систем ґрунтозахисних заходів за допомогою критеріїв (1), (4), (7), (8). Природні та антропогенні ерозійні чинники враховують комплексно. Їхні параметри уводять як окремі шари інформації до Mapinfo. За допомогою допоміжного комп'ютерного модуля ці параметри автоматично перетворюються у ТХТ-файли для подальшого їх уведення до основної програми. Результати виводять також у Mapinfo у вигляді електронних карт: комплексної оцінки ерозійної небезпеки земель та оцінки ґрунтозахисної вагомості протиерозійних рубежів. Через Mapinfo можна здійснювати обмін інформацією з ESRI, AutoCAD, Intergraph. У програмі рубежі враховують як і лінії стоку параметрично, за допомогою рівнянь відрізків прямих. Це дало змогу автоматично визначати вплив рубежів на трансформацію поверхневого стоку і захист ґрунту від водної ерозії. Основна програма розраховує індекс ерозійної небезпеки земель в територіальних межах дії кожного конкретного рубежу у 2-х варіантах - а) без урахування дії рубежу, б) з урахуванням його дії. Визначається площа ерозійно-небезпечних земель у кожному варіанті та довжина рубежу. Коефіцієнти ґрунтозахисної ефективності кожного рубежу обчислюються автоматично за допомогою комп'ютерної програми, шляхом ділення площі заощаджених ним від ерозійної небезпеки земель до довжини рубежу і вимірюються у метрах. Оптимальне просторове положення рубежу відповідає максимальному значенню цього коефіцієнту.

З метою автоматизованого проведення ґрунтозахисної експертизи агроландшафтів розроблено та реалізовано в комп'ютерній програмі спосіб диференційованої у просторі оцінки ерозійної небезпеки земель та розрахунку площ земель за категоріями ерозійної небезпеки для всієї території дослідження. Така оцінка окрім природних чинників враховує ґрунтозахисні заходи, дозволяє в автоматичному режимі визначати ґрунтозахисну вагомість існуючих та проектних протиерозійних рубежів і проводити оптимізацію просторового сполучення систем протиерозійних заходів. Оптимальним у ґрунтозахисному відношенні є таке просторове положення протиерозійного рубежу, яке забезпечує максимальний захист земель від ерозії, тобто максимальне значення площі збереже-

них рубежем земель на одиницю його довжини. Таке положення відповідає межі із значенням індексу ерозійної небезпеки 1,0. На 1-му кроці просторової оптимізації рубежів засобами MapInfo креслять рубежі вздовж меж індексу 1,0 та зберігають їх у вигляді MIF та MID-файлів до бази даних (рис. 1). Потім розраховують індекс ерозійної небезпеки земель з урахуванням ґрунтозахисної дії проектних рубежів. Карта такого індексу покаже необхідність подальшого проектування рубежів. У легенді цієї карти автоматично зображується узагальнена оцінка ерозійної небезпеки земель на даному кроці та її різниця порівняно із попереднім кроком (рис. 2). Таким, чином, крок за кроком, проектують оптимальну структуру ґрунтозахисного агроландшафту.

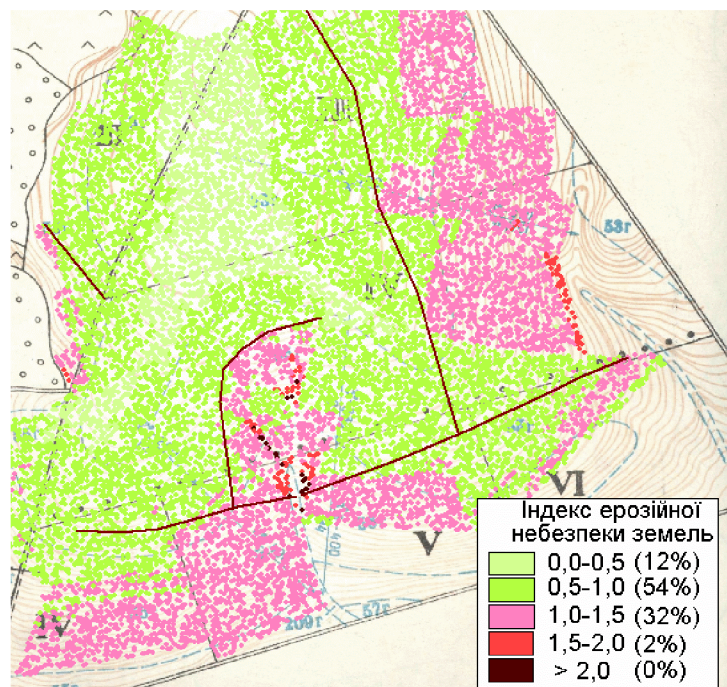


Рисунок 1 – Перший крок ґрунтозахисної оптимізації просторового положення протиерозійних рубежів

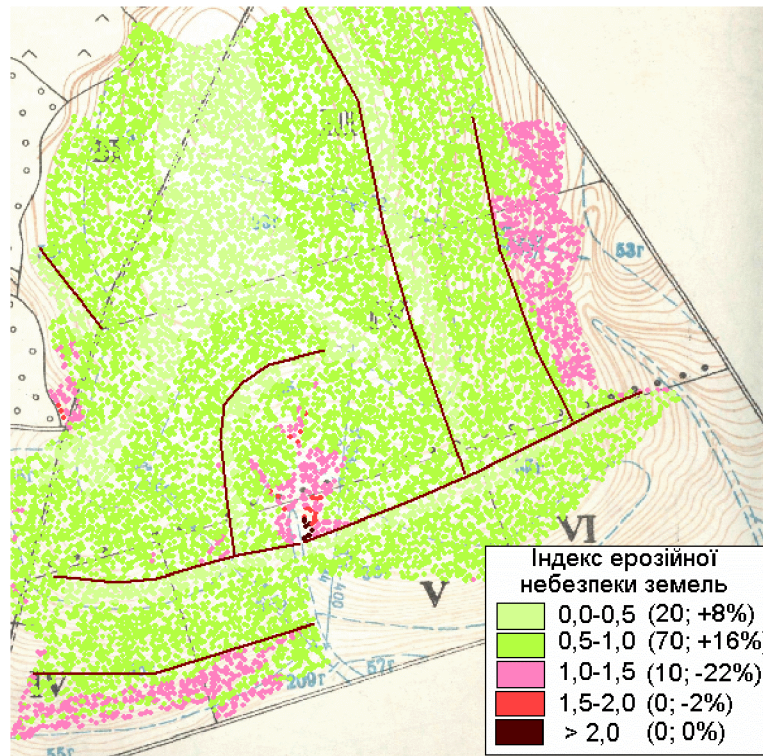


Рисунок 2 – Другий крок ґрунтозахисної оптимізації просторового положення протиерозійних рубежів

Висновки

1. Розроблено комп'ютерну технологію, яка дозволяє автоматично проводити диференційовану у просторі, ґрунтозахисну експертизу земель за п'ятьма кількісними критеріями.

2. Ця технологія є інструментом впровадження законодавчих вимог до охорони земель у практику внутрішньогосподарського землеустрою.

3. Розробка є універсальною і доступною для широкого кола користувачів, зацікавлених в охороні ґрунтів від ерозії на найдетальнішому просторовому рівні з максимальним заощадженням коштів. Економічна ефективність залежить від ступеня еродованості земель і включає такі складові: а) заощадження земель від ерозії і збереження за рахунок цього 20 – 30% врожаїв просапних культур, 12% зернових; б) заощадження трудових витрат на ґрунтозахисну експертизу за рахунок її автоматизації; в) заощадження коштів при застереженні надмірного захисту земель від ерозії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Швебс Г. И. Теоретические основы эрозиоведения / Г. И. Швебс – Киев – Одесса: Вища школа, 1981. – 222 с.
2. Применимость универсального уравнения потер почв от эрозии (USLE) для условий Европейской территории России / Ю. П. Сухановский, Г. Оллеш, К. Ю. Хан [та ін.] // Почвоведение. – 2003. – № 6. – С.733 – 739.
3. Кузнецов М. С. Современное состояние и перспективы развития исследований по защите почв от эрозии в России / М. С. Кузнецов, А. Г. Рожков, Г. П. Глазунов // Почвоведение. – 1994. – № 5. – С. 67 - 70.
4. Справочник по почвозащитному земледелию. / Под ред. И. Н. Безруко и Л. Я. Мильчевской. – К.: Урожай, 1990. – 278 с.
5. Светличный А. А. Принципы совершенствования эмпирических моделей смыва / А. А. Светличный // Почвоведение. – 1999. – №8. – с. 1015-1023.
6. Светличный А. А. Эрозиоведение: теоретические и прикладные аспекты / А. А. Светличный, С. Г. Черный, Г. И. Швебс. – Сумы: Университетская книга, 2004. – 410 с.
7. Куценко М. В. Оцінка ерозійної небезпеки земель за різних напрямків обробітку схилів / М. В. Куценко // Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства» УААН. Вип. 3. – Київ, 2009. – С.8 – 17.
8. Куценко М. В. Науково-методологічні засади формування ґрунтозахисних та водоохоронних агроландшафтів / М. В. Куценко – Х.: Вид-во «13 типографія», 2006. – 90 с.
9. Кузнецов М. С. Противозерозионная стойкость почв / М. С. Кузнецов – М.: Изд-во МГУ, 1981. – 136 с.

Надійшла до редколегії 22.04.2010