

КАРТОГРАФУВАННЯ ЕРОЗІЙНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ТЕРИТОРІЇ: ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА ДЕЯКІ РЕЗУЛЬТАТИ

С.Г. Чорний, О.М. Хотиненко

Миколаївський державний аграрний університет
e-mail: chorny@trion.mk.ua

Пропонується для оцінки ерозійної небезпеки певної території враховувати допустиму норму ерозії у кожній точці схилу. Реалізація такого підходу виконується на основі просторово інтерпретованих математичних моделей ерозії та ґрунтоутворення із застосуванням геоінформаційних технологій. Декларується, що в процесі картографування можна побудувати низку проміжних карт, які мають важливе самостійне значення.

Ключові слова: *ерозія, схил, математичні моделі, карти, геоінформаційні технології.*

Вступ та огляд літератури. Небезпечною агроекологічною проблемою в Україні є інтенсивний розвиток ерозійних процесів, що призводить до деградації ґрунтів. В Україні загальна площа сільськогосподарських угідь, які схильні до згубного впливу водної ерозії, складає 13,3 млн га (32 % загальної площі), у т.ч. 10,6 млн га орних земель. У складі еродованих земель налічується 4,5 млн га з сильно- і середньоеродованими ґрунтами [1].

Стабілізація ерозійної ситуації можлива лише за широкого впровадження ґрунтозахисних заходів. В основі територіального планування протиерозійних заходів повинні лежати кількісні, обов'язково просторово розподілені щодо ерозійної небезпеки, показники. Очевидно, що сучасний рівень просторової оцінки і картографування ерозійної небезпеки земель можуть забезпечити лише геоінформаційні (ГІС) технології.

Математичному моделюванню ерозійного процесу присвячено роботи таких видатних вітчизняних вчених як Г.І. Швебс [6], О.О. Світличний [4], європейських та американських фахівців [7, 8, 9, 10 тощо]. З цих робіт витікає, що ерозія є функцією кількох факторів (гідрометеорологічного, рельєфного, рослинності та агротехніки, ґрунтового тощо) і усі фактори характеризуються високою просторовою мінливістю. Саме геоінформаційні технології є тим інструментом, який дозволяє дати повну картину будови, з точки зору ерозійної небезпеки, поверхні певної території, просторових особливостей гідрометеорологічного фактору ерозії, протиерозійної стійкості ґрунтового покриву та рослинності, а також господарського використання земель. А це створює реальні передумови для адекватного відображення територіальної варіації ерозійної небезпеки та ефективного протиерозійного проектування.

Завдання, об'єкт та методи досліджень. В той же час, очевидно, що оцінка ерозійної небезпеки складається не лише з просторової інтерпретації втрат ґрунту з ерозією за допомогою ГІС-технологій. Ерозійна небезпека повинна враховувати ще один дуже важливий параметр – допустиму норму ерозії в кожній точці схилу. Саме різниця між темпами ерозії (W , т/га) і допустимою її нормою (G , т/га) і є найбільш повною оцінкою небезпеки ерозійного руйнування ґрунтів в точці схилу:

$$\Delta = W - G \quad (1)$$

Тут слід зауважити, що сучасний погляд на допустиму норму ерозії визначає це поняття, як «який завгодно середній щорічний фактичний обсяг ерозії ґрунтів, за якого не відбувається погіршення або втрати однієї або декількох функцій ґрунту» [11]. Щодо функцій ґрунту, то до них сучасне ґрунтознавство відносить інформаційну, виробничу, інженерну та регулятивну, а також функцію забезпечення живих організмів місцем існування (детальніше – [11]). Очевидно, що лише повнопрофільні ґрунти здатні повністю виконувати

всі ці функції, а це значить, що для того, щоб ґрунти на ерозійно-небезпечних територіях залишалися не еродованими, швидкість ерозії повинна приблизно дорівнювати темпам ґрунтоутворення. З цього твердження однозначно витікає таке визначення – поняття «величина допустимої норми ерозії» є еквівалентним терміну «величина швидкості ґрунтоутворення».

За об'єкт дослідження було обрано землі господарства СТОВ «Авіатор» та НДГ «Лан» Вознесенського району Миколаївської області, які розташовані в північній частині Причорноморської низовини. Площа землекористування складає 8670 га, з них 7568 га сільськогосподарських угідь. Рельєф території рівнинний з плоскими вододілами та широкими пологими схилами, які переходять у лощини. Ґрунти - чорноземи звичайні різної еродованості. Структура площ сільськогосподарських культур та технології їх вирощування типові для південного степу України.

Для геопросторового моделювання процесів ґрунтоутворення та ерозії використовували різноманітні матеріали: топографічна карта масштабу 1:10000, карта ґрунтів, проект землеустрою господарств, а також супутникові знімки високої роздільної здатності Landsat 7 ETM. Побудову та аналіз електронних карт здійснювали з використанням геоінформаційних продуктів ArcGIS 9.3 та векторизатора Easy Trace.

Для розрахунків за математичними моделями, які будуть визначені нижче, за допомогою інструменту «Вектор в растр» всі векторні карти були конвертовані в растрові електронні карти. Окрім цього були створені константні растри інструментом «Карта ліній струму» у форматі GRID створена інструментом «Напрямок стоку» в Spatial Analyst модуля Arc Toolbox.

Деякі результати досліджень та їх обговорення. Якщо просторовий розподіл величини ерозії, розрахованої за різними методиками за допомогою ГІС-технологій, більш-менш висвітлений в сучасній літературі [2, 3, 5], то розрахунок різниці між темпами ерозії і темпами ґрунтоутворення (величини A з (1)) та його картування є непересічною задачею. Унікальність такої операції пов'язана з кількісним визначенням допустимої норми ерозії. Зараз існує лише один метод такого розрахунку, який відповідає вище згаданим вимогам щодо збереження функцій ґрунту та який враховує також ступінь еродованості ґрунту, характер землекористування та структуру сівозмін, врожайність сільськогосподарських культур, експозицію, довжину та форму схилу [4]. В найбільш повному вигляді ця математична модель є такою:

$$G_C = 0,00027 \cdot \left\{ \sum_{j=1}^m [1 - \exp(-\beta \cdot M_j)] \cdot (0,00051 \cdot Q_{Cj} - H_{AJ}) \cdot l_j \right\} / L. \quad (2)$$

В (2) G_C – швидкість ґрунтоутворення, мм за рік; m – кількість j -х сегментів на схилі довжиною l , м (очевидно, що $\sum l_j = L$); M_j – середня багаторічна кількість рослинних решток та органічних добрив, з урахуванням їх біохімічного складу, які поступають в ґрунт за контрольований період, т/га; β – коефіцієнт, який враховує невідповідність процесу який моделюється процесу формування ґрунту в природних умовах (детальніше – [4]); Q_{Cj} – річні енергетичні витрати на ґрунтоутворення сегмента схилу j за Волобуєвим, але з урахуванням довжини, крутості та експозиції схилу (детальніше – [4]), МДж/м²; H_{AJ} – середня потужність гумусового горизонту ґрунту сегмента схилу j , мм.

Для кількісної оцінки величини ерозії в рівнянні (1) розраховували суму втрат ґрунту в період сніготанення (W_C) та в теплий період року W_D :

$$W = W_C + W_D \quad (3)$$

На першому етапі було проведено розрахунок потенційного змиву ґрунту впродовж сніготанення за формулою [4]:

$$W_C = j_{PC} \cdot C_E \cdot E_{IC} \cdot \Phi(I, L)_C \cdot K_{ГМС}, \quad (4)$$

де j_{PC} – показник протиерозійної стійкості ґрунту в період сніготанення, який визначається з урахуванням ступеня еродованості ґрунту; C_E – коефіцієнт, який характеризує вплив

експозиції схилу на процес ерозії; E_{IC} – ерозійний індекс, який враховує стан рослинності в період сніготанення; $\Phi(L;I)_C$ – функція рельєфу в період сніготанення; $K_{ГМС}$ – гідрометеорологічний параметр ерозії в період сніготанення. Детальна інформація щодо визначення параметрів моделі (4) знаходиться в монографії [4].

Розрахунок величини ерозії в теплий період року за формулою [4]:

$$W_D = 2,6 \cdot 10^{-6} \cdot j_R \cdot E_i \cdot \Phi(L, I) \cdot K_{ГМ}, \quad (5)$$

де j_R – показник протиерозійної стійкості ґрунтів у теплий період року; E_i – ерозійний індекс, який враховує ґрунтозахисний стан рослинності в теплий період року; $\Phi(L, I)$ – функція рельєфу в теплий період року; $K_{ГМ}$ – гідрометеорологічний параметр ерозії [4]. Функція рельєфу розраховувалася аналогічно (4). Більш детальна інформація щодо визначення параметрів моделі (6) знаходиться в монографії [4].

Отже, згідно з формулами (2), (4) вхідною інформацією для розрахунку величини Δ для кожного пікселя електронного варіанту карт, що оцінюють ерозійну небезпеку в господарствах СТОВ «Авіатор» та НДГ «Лан», є: (а) ухил поверхні, довжина та експозиція схилу; (б) структура сівозміни, середня урожайність сільськогосподарських культур за ротацію сівозміни, кількість винесених органічних добрив; (в) потужність гумусового горизонту; (г) енергетичні витрати на ґрунтоутворення, які залежать від середньорічної кількості опадів і величин радіаційного балансу; (д) гідрометеорологічний параметр ерозії в період сніготанення та весняно-літній період; (е) протиерозійна стійкість ґрунту в період сніготанення та весняно-літній період.

А тому для побудови кінцевої карти, яка визначає просторовий розподіл величини Δ необхідно створити проміжні карти, які, окрім того, що вони є джерелом просторово-розподіленої інформації для (1), ще мають і самостійне значення:

- цифрову карту рельєфу (для визначення ухилу поверхні, довжини схилу і розрахунку функцій рельєфу в (4) та (6), а також рельєфних поправок для значення);
- карту ґрунтів з визначенням ступеню еродованості ґрунту;
- карту величини ерозійних втрат ґрунту;
- карту величини допустимої норми ерозії (швидкості ґрунтоутворення).

На сьогоднішній день створено карту цифрової моделі рельєфу, яку побудовано методом Крігінга з відображенням висот за допомогою світлотіньової відмивки (рис. 1) та її похідні – карту похилів (рис. 2) та карту експозицій схилів (рис. 3).

Іншим проміжним результатом картування ерозійної небезпеки, яке має важливе самостійне значення є карта потенційного змиву ґрунту (рис. 4), розрахована за моделями (4) та (5) для реальних умов землекористування, які враховують структуру земельних угідь та існуючі сівозміни.

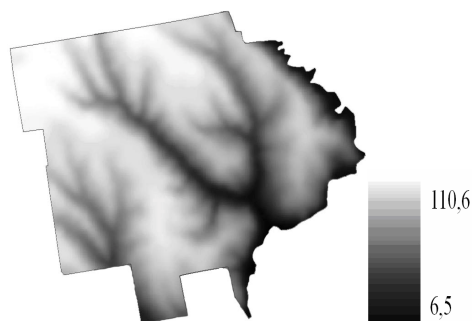


Рис. 1. ЦМР землекористування ООО «Лан» і ООО НТЦ «Авіатор»

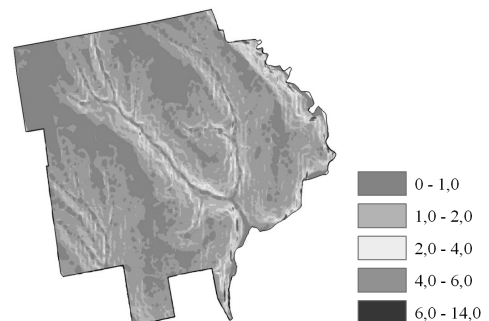


Рис. 2. Карта ухилів землекористування ТОВ «Лан» і ТОВ НТЦ «Авіатор» (градація в легенді дана в градусах)

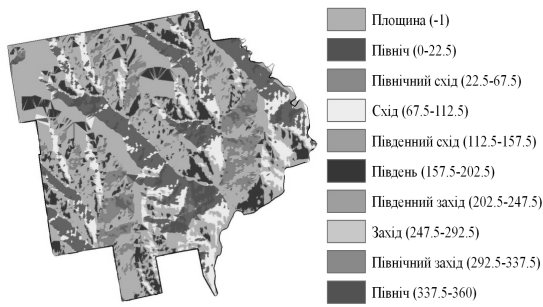


Рис. 3. Карта експозицій схилів в межах землекористування ТОВ «Лан» і ТОВ НТЦ «Авіатор»



Рис. 4. Цифрова карта сумарного змиву ґрунту в т/га на території землекористування ТОВ «Лан» і ТОВ НТЦ «Авіатор»

Висновки. Найбільш повна оцінка ерозійної небезпеки певної території повинна враховувати допустиму норму ерозії в кожній точці схилу. Методика може бути реалізована на основі просторово інтерпретованих математичних моделей ерозії та ґрунтоутворення із застосуванням геоінформаційних технологій. Реалізація такої методики можлива лише за наявності необхідного інформаційного забезпечення. В процесі картографування можна побудувати низку проміжних карт, які мають важливе самостійне значення, наприклад, карту потенційного змиву ґрунту.

Література

1. Булигін С.Ю. Формування екологічно сталих агроландшафтів. – К.: Урожай, 2005. – 300 с.
2. Ковальчук І.П., Євсюков Т.О., Мкртчян О.С., Лобанська Н.І. Геопросторове моделювання потенціалу розвитку де градаційних процесів на орних землях. Джерело: http://www.zsu.org.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=1482:2011-03-30-09-14-34&catid=75:2011-03-16-12-34-53&Itemid=112
3. Погребной И.О. Информационное обеспечение геоинформационного моделирования водно-эрозионного процессов бассейна малых рек // Вестник ОНУ. – Т.24. – Вып. 16. – Сер. «География, геология». – С. 164-171.
4. Светличный А.А., Черный С.Г., Швец Г.И. Эрозиоведение: теоретические и прикладные аспекты. – Сумы: Университетская книга, 2004. – 410 с.
5. Светличный О.О., Плотницький С.В. Геоінформаційні технології в природокористуванні: проблеми просторових даних // Інформатика. – 2002. – № 4. – С. 41-47.
6. Швец Г.И. Теоретические основы эрозиоведения. – Киев-Одесса: Вища школа, 1981. – 223 с.
7. Morgan R.P.C., Quinton J.N., Smith R.E., Govers, G., Poesen J.W.A., Auerswald K., Chisci G., Torri D., Styczen M.E., Folly A.J.V. The European soil erosion model (EUROSEM): documentation and user guide. Silsoe College, Cranfield University. – 1998. – 88 p.
8. Nearing M.A., Foster G.R., Lane L.J., Finkner S.C. A process-based soil erosion model for USDA-Water Erosion Prediction Project Technology // Transactions of the ASAE. – Vol. 32(5). – 1989. – P. 1587-1593.
9. Renard K.G., Foster G.R., Weesies G.A., McCook D.K., Yoder D.C. Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE), Agriculture Handbook #703, U.S. Department of Agriculture, Washington, 1993. – 404 p.
10. Renard K.G., Foster G.R., Weesies G.A., Porter J.P. RUSLE: Revised universal soil loss equation // J. Soil and Cons. – 1991. – V. 46. – P. 30-33.
11. Verheijen F.G.A., Jones R.J.A., Rickson R.J., Smith C.J. Tolerable versus actual soil erosion rates in Europe // Earth-Science Reviews. – 2009. – Volume 94. – Issues 1-4. – P. 23-38.

MAPPING OF EROSION RISKY AREAS: INFORMATION SUPPORT AND RESULTS GAINED S.G. Chorny, O.M. Hotinenko

Mykolayiv State Agrarian University

For assess the erosion danger of a territory considered the soil loss tolerance in each point of the slope is proposed. Implementation of this approach is performed based on spatially interpreted mathematical models and soil erosion using GIS technology. In the process of mapping can be a number of intermediate cards that have great independent significance are declared.

Key words: *erosion, slope, mathematical models, maps, geoinformation system.*