

## **ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ ЦИФРОВОГО МОДЕЛЮВАННЯ РЕЛЬЄФУ ДЛЯ КАРТОГРАФУВАННЯ ЕРОЗІЙНИХ ЗЕМЕЛЬ**

*Мелітопольська школа прикладної геометрії  
Мелітопольський державний педагогічний університет  
імені Богдана Хмельницького (Україна)*

*У статті розглядаються питання картографування ерозійних земель. Застосування методів цифрового моделювання рельєфу дозволяє вивчати геометричні особливості рельєфу, пов'язані з визначенням геоморфометричних параметрів. Для картографування ерозійних земель запропоновано використовувати сукупність інформації, отриманої з морфометричних карт рельєфу.*

*Ключові слова: ГІС; ерозія ґрунтів; цифрове моделювання рельєфу; геоморфометрія; морфометричний аналіз рельєфу.*

**Постановка проблеми.** Рельєф розглядається як один з основних і провідних факторів, в значній мірі впливає на перебіг різних природних процесів. Літолого-геоморфологічні умови рельєфу впливають на розвиток ландшафтно-геофізичних процесів, які контролюють розподіл потоків речовини і енергії, розвиток ерозійних процесів. Результати оцінки умов рельєфу затребувані при геоморфологічному районуванні [1] розробці протиерозійних заходів, проектуванні і розміщенні сівозмін [2-3], проведенні кадастрової оцінки земель сільськогосподарського призначення [5].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблемою пошуків оптимальних методик математичного моделювання рельєфу, представлення його структури з іншими географічними елементами та процесами займались у різні роки багато вчених. Типи рельєфу та їх класифікацію проаналізував А.В. Бойко [4]. Детальному аналізу точності цифрових моделей рельєфу присвятила свої праці Х.В. Бурштинська [1]. Розв'язанню практичних задач цифрового моделювання рельєфу. теоретичний опис та використання цифрових моделей рельєфу для ГІС-систем виконав Б.І. Суховірський [5].

Використання методів геоінформаційного моделювання на основі аналізу цифрової моделі рельєфу (ЦМР) дозволяє вивчати і характеризувати рельєф за геометричним, морфометричними, гідрологічним параметрами [5]. Результати моделювання при цьому будуть отримані з певною точністю, в залежності від вихідних даних і технології створення ЦМР. Серед

морфометричних характеристик рельєфу найбільш часто використовують кути нахилу і експозицію схилів, планову і профільну кривизну поверхні.

**Формулювання цілей та завдання статті.** Метою роботи було застосування методів цифрового моделювання рельєфу для картографування ерозійних земель. Об'єктом досліджень служила територія господарства с. Данило-Іванівка Мелітопольського району Запорізької області. Як основного джерела даних використана топографічна карта масштабу 1: 10000 з висотою перетину рельєфу 5 м. При створенні цифрової моделі землекористування використані ґрунтова карта (М 1:25000), карта внутрішньогосподарського землеустрою (1:25000), літературні джерела. Визначення основних морфометричних параметрів і побудова відповідних карт рельєфу здійснено за допомогою ГІС ArcGIS10.

**Основна частина.** Відповідні визначення кутів нахилу, експозиції схилів, планової, профільної і загальної кривизни поверхні ґрунтувалося на обчисленні мережі висот, GRID моделі з мінімальним розміром осередку растрової моделі 5 метрів. Це дозволило створити морфометричні карти: гіпсометричні, кутів нахилу, експозиції схилів, профільної і загальної кривизни земної поверхні.

Рис. 1. Фрагмент гіпсометричної карти з горизонталями (М 1:24 000)

Аналіз інформації, отриманої з гіпсометричної карти показав, що у висотному відношенні перепади висот становлять в середньому до 100 м, знижені ділянки рельєфу відносяться до річкових долин і лощин, розорані землі поширені на схилах різної крутизни (рис. 1).

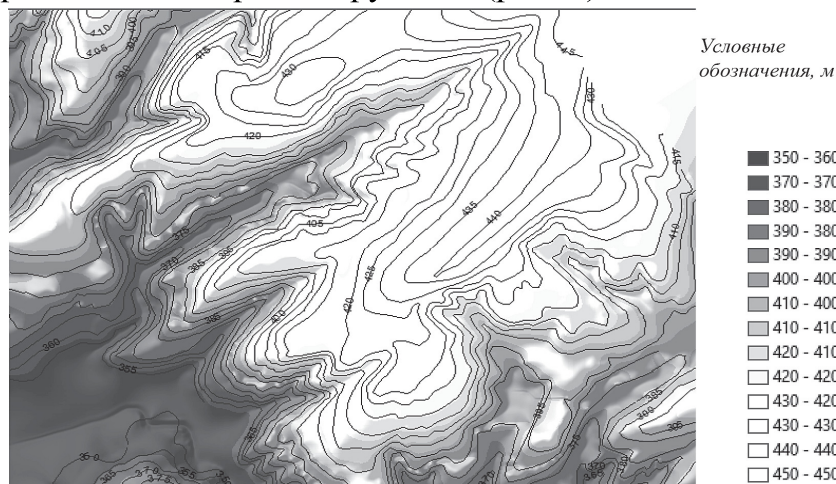


Рис. 1. Фрагмент гіпсометричної карти з горизонталями (М 1:24 000)

У проведених дослідженнях виконана класифікація поверхонь на основі профільної кривизни (рис. 2). Профільна кривизна, або вертикальна складова другої похідної висоти, характеризує міру зміни градієнта. На увігнутих ділянках швидкість поверхневого і внутрішньогрунтового стоку сповільнюється, а на опуклих – прискорюється. Як видно на рис. 2 за

допомогою вертикальної кривизни на мапі відображаються положення зон акумуляції на увігнутих ділянках і зон зносу речовини – на опуклих схилах.

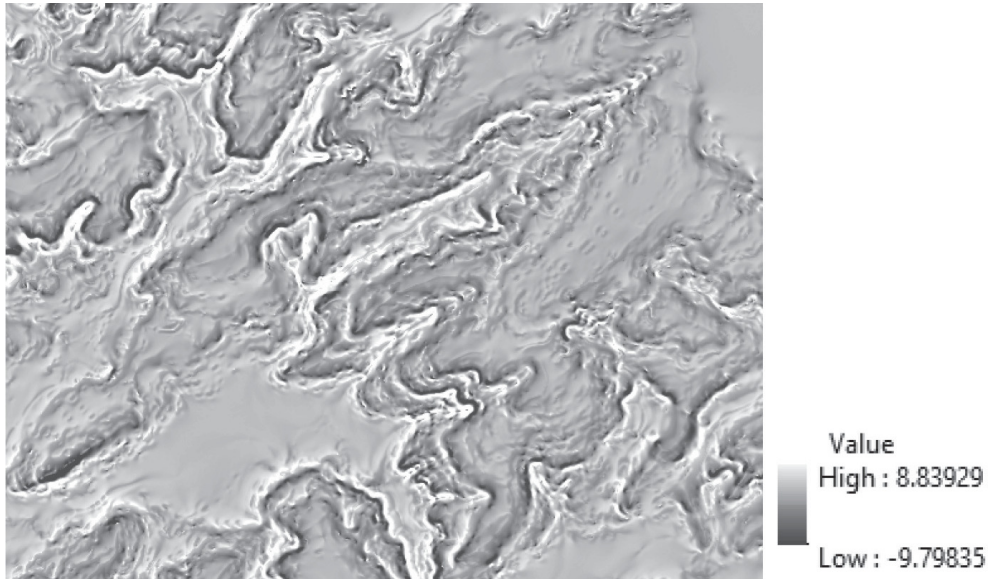


Рис. 2. Фрагмент мапи профільної кривизни земної поверхні (М 1:19 000)

Для картографування ерозійних земель використаний індекс потужності лінійної ерозії SPI (Stream Power Index). Площа питомої водозбору і крутизна схилів впливають на ступінь прояву та розвитку ерозії: чим більше їх значення, тим вище ймовірність розвитку ерозійних процесів:

$$SPI = A \tan \beta, \quad (1)$$

де  $A$  – водозбиральний майданчик;  $\beta$  – кут нахилу рельєфу.

При використанні формули (1) індекс SPI приймає великі значення, тому що визначається у вигляді добутку водозбірної площі на кут нахилу рельєфу. У зв'язку з цим запропоновано визначати індекс SPI, який обчислюється за формулою [2]:

$$SPI = \ln(A/\beta), \quad (2)$$

Статистичний аналіз результатів обчислень показав, що для господарства значення індексів SPI знаходяться в межах від -13,81 до 12,93; середнє значення становить -0,48, а стандартне відхилення 2,57. Це пояснюється поширенням по території схилених земель, різноманітних за крутизною і формою поверхні.

Для побудови карти потужності лінійної ерозії запропоновано класифікувати значення індексів SPI способом природних інтервалів. При такому способі показники автоматично діляться на природні інтервали при заздалегідь заданій кількості класів. Таким чином, на території господарства виділено класи земель: ерозія відсутня (значення індексів від -13,80 до -6,47), низький потенціал розвитку (від -6,46 до -1,54), середній потенціал розвитку (від -1,54 до -0,24), високий потенціал розвитку ерозії (від 0,25 до 2,76), дуже високий потенціал розвитку ерозії (від 2,76 до 12,93).

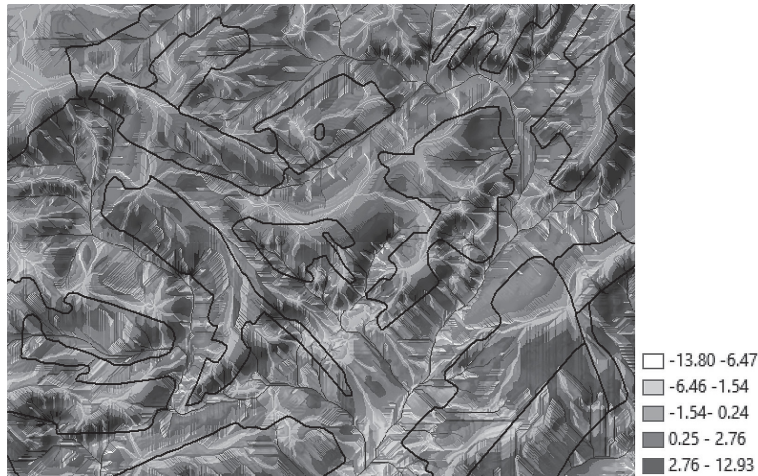


Рис. 3. Фрагмент мапи потужності лінійної ерозії (М 1:19 000)

На рис. 3 представлений фрагмент карти потенційного площинного змиву, ліній стоку і ділянками ріллі. Як видно з рис. 3 в межах ділянок ріллі виділяються схили з різними значеннями індексу SPI.

На основі аналізу інформації, отриманої з морфометричних карт рельєфу і ґрунтової карти на підставі методики [5, 7] виділено класи ерозійних земель: малоерозійні з крутизною схилів від 1,5° до 3°, малозмитими ґрунтами і низьким потенціалом розвитку ерозії; середньоерозійні землі з крутизною схилів від 3° до 5°, середньозмитими ґрунтами, середнім потенціалом розвитку ерозії; сильноерозійні землі з крутизною схилів від 5° до 8° із сильнозмитими ґрунтами і високим потенціалом розвитку ерозії; дуже сильноерозійні землі з крутизною схилів понад 8°, сильнозмитими і намитими ґрунтами з дуже високим потенціалом розвитку ерозії.

**Висновки.** Запропоновані підходи дозволяють автоматизувати процес обчислення морфометричних параметрів рельєфу, пов'язаних з крутизною схилів, експозицією, формою поверхні при моделюванні з відомостей щодо цифрової моделі рельєфу. Використання методів цифрового моделювання рельєфу дозволило встановити кількісні показники рельєфу і скласти морфометричні карти на досліджуваній території. Дані карти служили основою для класифікації форм земної поверхні та обчислення індексу потужності лінійної ерозії. Використання сукупності цифрових морфометричних рельєфу і ґрунтової карти дозволило виділити ерозійні землі.

**Перспективи подальших досліджень.** Отримані результати досліджень можуть бути використані в подальшому для більш детального аналізу умов рельєфу в межах полів і робочих ділянок ріллі з метою вдосконалення підходів для визначення потенційного змиву ґрунту, а також верифікації відомостей про просторові межі різних класів ерозійних земель, які потребують польових обчислень.

### *Література*

1. Бурштинська Х., Дорожинський О., Зазуляк П., Заєць О. Цифрове моделювання рельєфу з використанням пакету Surfer та геоінформаційної системи ArcGis. Геодезія, картографія і аерофотознімання. №63, 2003. с.196-200.
2. Верещага В. М. Спосіб згортання (розгортання) чарунок [Текст] /В. М. Верещага, Є. О. Адоньєв, О. М. Павленко // Сучасні проблеми моделювання: зб. наук. праць / МДПУ ім. Б. Хмельницького; гол. ред. кол. А. В. Найдіш. – Мелітополь: Видавництво МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2016. – Вип. 7. – С. 32-38.
3. Дорожинський О.Л, Тукай Р. Фотограмметрія. В-во НУ «Львівська політехніка». Львів. 2008. С. 181-182.
4. Бойко А.В. Методы и средства автоматизации съемок. М. Недра. 1980.
5. Василиха І. Особливості цифрового моделювання складних типів рельєфу. Геодезія, картографія і аерофотознімання. №68. 2007. с. 269-271.
6. Суховірський Б.І. Географічні інформаційні системи. Чернігів. 2000.
7. Павленко О. М., Павленко А. М. Условия установления конечных точек на карте рельефа //Иновационные технологии в кооперативном образовательном процессе. – 2016. – С. 310-316.

#### **ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ЦИФРОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РЕЛЬЕФА ДЛЯ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ЭРОЗИОННЫХ ЗЕМЕЛЬ**

Павленко А.М., Найдыш А.В., Лебедев В.А., Дубинина А.

*В статье рассматриваются вопросы картографирования эрозионных земель. Применение методов цифрового моделирования рельефа позволяет изучать геометрические особенности рельефа, связанные с определением геоморфометрических параметров. Для картографирования эрозионных земель предложено использовать совокупность информации, полученной из морфометрических карт рельефа.*

*Ключевые слова: ГИС; эрозия почв; цифровое моделирование рельефа; геоморфометрия; морфометрический анализ рельефа.*

#### **APPLICATION OF THE METHODS OF DIGITAL MODELING OF THE RELIEF FOR THE MAPPING OF EROSION LANDS**

Pavlenko A, Naidysh A., Lebedev V., Dubinina A.

The article deals with the issues of mapping erosion lands. The use of digital relief modeling techniques allows us to study the geometric features of the relief associated with the determination of geomorphometric parameters. For the mapping of erosional lands, it was proposed to use a set of information obtained from morphometric relief maps and soil map.

Key words: GIS; soil erosion; digital terrain modeling; geomorphometry; morphometric relief analysis.