

УДК 528.9:[502.175:551.435.1]

МАТЕМАТИКО-КАРТОГРАФІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МОНІТОРИНГОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЕРОЗІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ЗЕМЕЛЬ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ МЕТОДУ ОЦІНЮВАННЯ ПЛАСТИКИ РЕЛЬЄФУ

В. Волошин, П. Король, О. Рудик

Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки

Ключові слова: математико-картографічне моделювання, картографічне зображення, пластика рельєфу, морфоізографа, ерозійно небезпечні землі.

Постановка проблеми

Метод оцінювання пластики рельєфу – це картографічний метод дослідження поверхні Землі, за якого разом з рельєфом, що відображений горизонталями, аналізують каркасні форми його розвитку. Оскільки розвиток рельєфу прямо пов'язаний з геоморфологічними особливостями території, то пластика рельєфу є ключовою ланкою в комплексній оцінці території, що містить і елементи розвитку ерозійних процесів.

Метод оцінювання пластики рельєфу дає змогу відобразити на картах впорядковану, генетично обґрунтовану системну будову земної поверхні, реальну структуру ґрунтового покриву і літологію ґрунтів, а також геохімічні потоки, ареали їх формування, транспортування і акумуляції.

Суть методу оцінювання пластики рельєфу полягає в тому, що за рисунком горизонталей топографічних карт встановлюють найяскравіше виражені межі між системами опуклих і увігнутих форм рельєфу, що є необхідною і цілком обґрунтованою операцією геоморфологічного аналізу.

Межі між системами опуклих і увігнутих форм рельєфу на картах пластики рельєфу визначаються морфоізографами, що проводять з метою виділення басейнів стоку. Форма будь-якої поверхні характеризується значенням кривини нормального перерізу, що має спільну дотичну з горизонталлю, тому морфоізографи, як лінії рівної кривини поверхні, визначаються кривиною кривої, що лежить на них [4].

Проведення морфоізограф дає змогу з'єднати перегини (точки нульової кривини) сусідніх горизонталей і відокремити тим самим різні форми рельєфу – автономні (опуклі) і підпорядковані (увігнуті). Отже, побудована на основі морфоізограф карта пластики рельєфу з базовими контурами використовується як карта-основа для проведення польових досліджень та укладання спеціальних карт.

Зв'язок із важливими науковими і практичними завданнями

Починаючи з 1995 р., науковці Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки виконують комплексні регіональні моніторингові дослідження ерозійних процесів у ґрунтах Волинської височини. Це дослідження проводиться відповідно до держбюджетної теми 0111U002146

“Дослідження сучасного стану та розробка засобами ГІС-технологій і РЕМ-мікроскопії засад раціонального землекористування ерозійно-деградованих земель Волинської височини”.

Аналіз останніх досліджень та публікацій, які стосуються вирішення цієї проблеми

Вперше метод морфоізограф запропонував П.К. Соболевський [6], який пунктирними лініями на топографічних картах зобразив геометричне місце точок перегинів горизонталей. Математичне обґрунтування морфоізограф і виведення формул для двох сімей ізоліній, одна з яких є морфоізографою, здійснено в роботах Й. Крхо [7]. П.А. Шарий [1] розглянув зміст морфоізограф і довів, що відповідні лінії проходять саме через точки перегину горизонталей, а також вказав межі застосування теорії Й. Крхо.

Виклад основного матеріалу проблеми

Відповідно до розробленої концепції пластики рельєфу [2] математично морфоізографа визначається другими похідними і є такою самою фундаментальною абстрактною топографічною лінією, що й горизонталь. За змістом морфоізографи поділяються на три категорії: додатні, що з'єднують точки, в яких друга похідна додатна; від'ємні, що з'єднують точки, в яких друга похідна від'ємна, і нульові, що з'єднують точки, в яких друга похідна дорівнює нулю. Співвідношення між кривиною ізогіпс на карті й нормальною кривиною поверхні визначається за теоремою Менґе:

$$\frac{1}{\rho} \cos \theta = \frac{1}{R},$$

де θ – кут між горизонтальною площиною і площиною нормального перерізу, що має спільну дотичну з ізогіпсами.

Кривину кривої, що визначена в системі прямокутних декартових координат, обчислюємо за формулою:

$$\frac{1}{\rho} = \left(\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \right) / \left[1 + \left(\frac{\partial y}{\partial x} \right)^2 \right]^{3/2},$$

де $1/\rho$ – похідна радіус-вектора горизонталі за довжиною дуги горизонталі, що дає змогу провести множини морфоізограф різних рівнів.

У разі використання горизонтальних і вертикальних морфоізограф таке представлення має класифікаційний характер стосовно елементів рельєфу. Морфологічний зміст додатних і від'ємних морфоізограф полягає в тому, що вони з'єднують точки, в яких їх кривина є додатною (наприклад, лінії вододілів) або від'ємною (наприклад, лінії тальвегів).

Обмежуючись нульовою морфоізографою, отримують дискретне зображення, виділяючи цим підвищення і зниження. Нульова морфоізограф проходить по точках перегину горизонталей, кривина в яких дорівнює нулю. Для створення карт пластики рельєфу використовують переважно нульові морфоізографи.

Морфоізограф не є природною межею, хоча й може збігатися з нею. Чимало дослідників ототожнюють положення морфоізограф з природно-фізичними властивостями території [4]. У ґрунтознавстві морфоізографи дозволяють чіткіше визначити межі типів і підтипів ґрунтів і детально відобразити структуру ґрунтового покриву. Під час проектування іригаційно-меліоративних систем морфоізографи чітко відображають розподіл органічних і мінеральних частинок. Тобто карти пластики рельєфу значно інформативніші порівняно з картами, що виготовлені традиційними способами.

З фізичного погляду морфоізограф є межею між опуклими й увігнутими елементами рельєфу, що відповідно розділяє їх геопотенціал на конвергентну і дивергентну частини [4]. Від виду поверхні залежить і характер потоку. Опуклі форми контурів вказують на дивергентний потік, тобто відбувається розсіювання енергії і матеріалу в довкілля, а увігнуті – на конвергентний потік, при якому відбувається процес акумуляції матеріалу та енергії у довкіллі. Звідси випливає, що морфоізограф розмежовує характер потоків, які зумовлюють накопичення або змив матеріалу, що відіграє важливу роль у формуванні динамічно активних природних середовищ, наприклад, ґрунтів [4].

Відомо, що приповерхневі шари ґрунтів утворені вивітряними гірськими породами, властивості яких визначаються властивостями давніх гірських порід і, відповідно, динамікою їх розвитку, тому глибина яружно-балкової системи та її форма визначаються геомеханічними властивостями напружено-деформованого стану приповерхневих шарів ґрунту. З цього випливає, що, за інших незмінних умов, орографічні характеристики ерозійних форм визначатимуться мірою резистентності ґрунтів до їх руйнування, у цьому випадку до змиву, тому точка, в якій крива змінює свій знак, і є приблизною межею поділу геомеханічних властивостей ґрунтів.

Швидкість потоку води прямо залежить від крутизни схилу. Зі зменшенням крутизни схилу набрана кінетична енергія зменшується і внаслідок зменшення швидкості потоку використовується на процеси змиву.

Як відомо, основою для розвитку елементів водної ерозії є баланс поверхневих і підземних вод, що формують стік з цієї території [3]. Зрозуміло, що застосування певних протиерозійних заходів призводить до позитивних або негативних змін у такому балансі. Отже, в основу розвитку динаміки рельєфу покладено гідрогеологічні особливості будови території, що формують його топографічну стійкість. Під топографічною стійкістю розуміють швидкість зміни рельєфу за одиницю часу. Для оцінки топографічної стійкості використовують формулу:

$$R = \frac{\sum m_1 - \sum m_i}{P},$$

де m_1, m_i – сумарна довжина морфоізограф на початковий і заданий момент часу, м; P – площа, м².

Загальна тенденція до зниження або підвищення території визначається за формулою:

$$T = P_{\max} / P_{\min},$$

де P_{\max}, P_{\min} – відповідно площі додатної і від'ємної поверхонь, що відсікаються морфоізографами.

Морфоізограф є одним із найкращих індикаторів негативних змін хімічного, біологічного, механічного складу ґрунтів, динаміки ерозійних процесів, що забезпечує їх виявлення і запобігання їм на ранніх стадіях розвитку. Положення морфоізограф та їх динаміка, з одного боку, є просторовими характеристиками, що зумовлені геоморфологічними характеристиками території, і з іншого – вказують на ймовірне поширення певних явищ, що якісно або кількісно пов'язані з формуванням поверхні.

Отже, положення морфоізограф у плані є апріорним параметром розвитку рельєфу, що поєднує не лише особливості деякої поверхні та палеорельєфу, а й визначає енергетичний баланс водного режиму території.

Для розробки методики виділення ерозійно-небезпечних територій з урахуванням динаміки рельєфу використано матеріали топографо-геодезичного знімання (планшети топографічних планів масштабу 1:2000), інженерно-гідрогеологічних вишукувань, а також ґрунтових обстежень території геостационару с. Забороль загальною площею 500 га.

Морфоізографи на території геостационару с. Забороль Луцького району Волинської області проведено за допомогою вбудованого у програмний продукт Surfer модуля моделювання поверхонь Terrain Modeling, а верифікацію отриманих моделей здійснено графічним способом.

Для виділення особливо ерозійно-небезпечних територій пропонується методика оверлею карт лінійної пластики рельєфу за двома головними ортогональними напрямками (рис. 1, 2), в результаті чого отримують суміщену карту лінійної пластики рельєфу (рис. 3). Інтерпретація цього картографічного зображення дозволяє виділити зони підвищеної ерозійної активності, спричиненої процесами водної ерозії (позначено на рис. 3 синім кольором).

На попередньому етапі створення карти пластики рельєфу на основі векторної карти нормалей стоку (виділено водозбірні басейни, а в їхніх межах – окремі схили, обмежені лініями вододілів і тальвегів – додатних і від'ємних морфоізограф). На основі даних морфоізограф визначено точки перегину сусідніх горизонталей, що в поєднанні утворили нульову морфоізографу (рис. 4).

Картограму динаміки рельєфу, створену на основі карти пластики рельєфу, ми інтерпретуємо з погляду виділення потенційно ерозійно-небезпечних земель (від'ємні ареали, що обмежені нульовою морфоізографою і позначені на рисунку помаранчевим кольором).

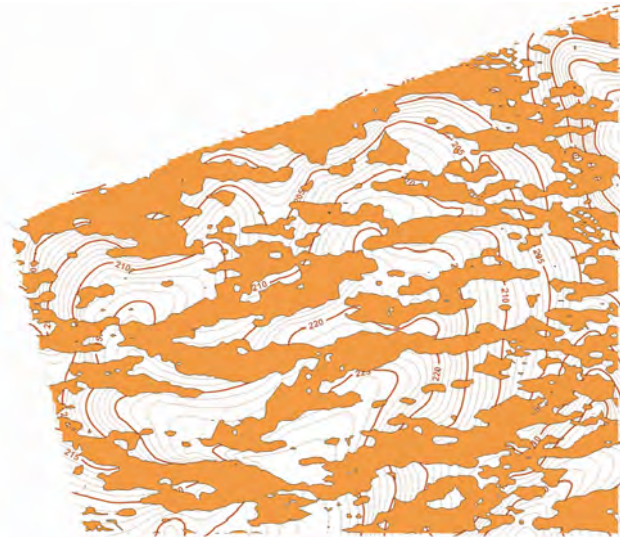


Рис. 1. Фрагмент карти лінійної пластики рельєфу (вертикальний профіль) ділянки геостаціонару с. Забороль



Рис. 4. Фрагмент суміщеної топографічної карти і карти пластики рельєфу ділянки геостаціонару с. Забороль



Рис. 2. Фрагмент карти лінійної пластики рельєфу (горизонтальний профіль) ділянки геостаціонару с. Забороль

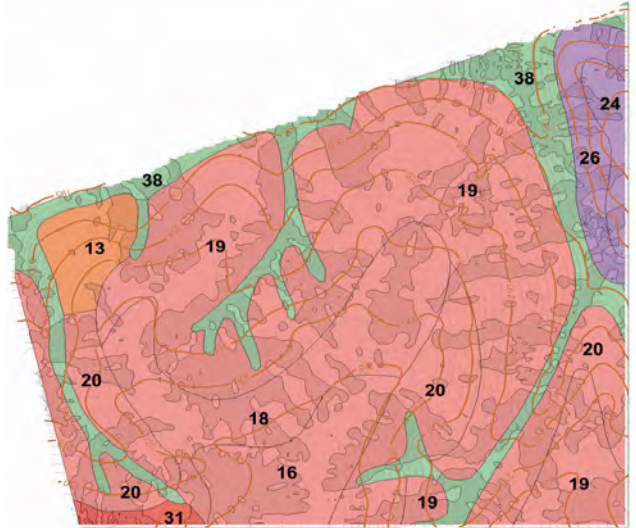


Рис. 5. Фрагмент суміщеної карти ґрунтів і карти пластики рельєфу зразкової ділянки геостаціонару с. Забороль



Рис. 3. Фрагмент суміщених карт лінійної пластики рельєфу ділянки геостаціонару с. Забороль

На основі експериментальних досліджень встановлено, що ареали поширення різних форм рельєфу, обмежених морфоізографами, корелюють із зонами поширення відповідних ґрунтових типів (рис. 5), а також збігаються із зонами поширення яружно-балкових систем, що підтверджує доцільність і необхідність використання морфоізограф як індикатора поширення палеорельєфу під час дослідження площинного змиву ґрунту. Картограму динаміки рельєфу, створену на основі карти пластики рельєфу, ми інтерпретуємо з позиції виділення потенційно ерозійно небезпечних земель.

Висновки

У результаті експериментально-теоретичних досліджень ми довели, що морфоізографи є сукупністю особливих точок поверхні, положення яких можна охарактеризувати як межу двох стійких у геологічному, гідрологічному або іншому плані середовищ, їх планове положення зумовлене розмі-

щенням четвертинних відкладів, а також ґрунтових типів і елементів рельєфу, що успадковують властивості четвертинних відкладів. Морфоізограф може розглядатися як динамічна лінія, положення якої, після виключення базисної поверхні, визначає динаміку рельєфу, тому положення і динаміка морфоізограф є однією з основних характеристик рельєфу території, що визначає зони з підвищеною нестійкістю, тобто потенційно ерозійно небезпечні зони.

З урахуванням цього, морфоізограф є комплексною характеристикою території, що визначає її призначення і характер використання.

На основі програмної реалізації алгоритму побудови карт пластики рельєфу в ГІС підтверджено доцільність та ефективність їх застосування для забезпечення моніторингових досліджень ерозійно небезпечних земель південних районів Волинської області.

Література

1. Геометрия структур земной поверхности // Сб. науч. тр. – Пушино: Изд-во АН СССР, 1991. – 78 с.
2. Дмитриев Е.А. Концепция пластики рельефа / Е.А. Дмитриев // Почвоведение, 1988. – № 6. – С. 370–371.
3. Кузнецов М.С. Эрозия и охрана почв: учебник / М.С. Кузнецов, Г.П. Глазунов. – М.: Изд-во МГУ, 1996. – 335 с.
4. Метод пластики рельефа в тематическом картографировании: сб. науч. тр. – Пушино: Изд-во АН СССР, 1987. – 159 с.
5. Методическое руководство по составлению карт пластики рельефа. – Фрунзе: Картпредприятие МСХ Киргизской ССР, 1985. – 22 с.
6. Соболевский П.К. Современная горная геометрия / П.К. Соболевский // Соц. реконструкция и наука, 1932.
7. Krcho J. Morphometric Analysis of Relief on the Basis of Geometric Aspect of Field Theory // Acta

Geographica Universitatis Comenianae. Geographico-physica. 1973. – № 1. – P. 7–233.

Математико-картографічне забезпечення моніторингових досліджень ерозійно небезпечних земель із застосуванням методу оцінювання пластики рельєфу

В. Волошин, П. Король, О. Рудик

Запропоновано метод побудови карт пластики рельєфу із використанням сучасних програмних продуктів моделювання поверхонь. Здійснено апробацію цього методу для картографічного забезпечення моніторингових досліджень ерозійно небезпечних земель південних районів Волинської області.

Математико-картографическое обеспечение мониторинговых исследований эрозионно опасных земель с использованием метода оценки пластики рельефа

В. Волошин, П. Король, А. Рудык

Предложен метод построения карт пластики рельефа с использованием современных программных продуктов моделирования поверхностей. Осуществлено апробацию этого метода с целью картографического обеспечения мониторинговых исследований эрозионно опасных земель южных районов Волынской области.

Mathematical and cartographic support for monitoring studies of erosion-prone land using a method of relief plastics

V. Voloshin, P. Korol, O. Rudyk

In this article a method of constructing relief plastic maps with use of modern software of surfaces modeling are offered. A testing of this method for mapping software monitoring studies of erosion-prone lands of southern Volyn region are carried out.



4th EARSel Workshop on Natural and Cultural Heritage

6–7 June

Matera
Italy

Web site:

www.earsel.org/SIG/NCH/4th-workshop/index