

ЦИФРОВА МОДЕЛЬ РЕЛЬЄФУ ЯК ПРОСТОРОВА ОСНОВА ДЛЯ КАРТУВАННЯ ҐРУНТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ДИСТАНЦІЙНИХ МЕТОДІВ

Д. Ш. Садова, аспірант

ORCID ID: 0000-0002-6930-8252

Науковий керівник – С. Г. Чорний, д-р с.-г. наук, професор

Миколаївський національний аграрний університет

У статті досліджено проблему відсутності методології картування та оновлення ґрунтових карт. На основі цифрової моделі рельєфу та програмного забезпечення SAGA GIS визначено основні геоморфометричні параметри, такі як ухил та експозиція поверхні, горизонтальна, вертикальна та загальна кривизна. Досліджено можливості дистанційних методів для оновлення та створення ґрунтових карт на основі моделі SRTM.

Ключові слова: картування ґрунтів, дистанційне зондування, ГІС-технології, цифрова модель рельєфу, модель SRTM.

Постановка проблеми. Стан ґрунтового картографічного фонду України викликає багато нарікань через його низьку інформативність. Це пов'язано як із застарілістю існуючих картографічних матеріалів, так і з їх недостатньою точністю. Зараз поширеним способом отримання цифрової ґрунтової карти є сканування паперових матеріалів. Проте такий метод є досить трудомістким та довготривалим. До того ж велика частина наявних нині картографічних матеріалів уже досить застаріла, тому інформація про рельєф на них може не відповідати дійсності [1, 2].

На сьогодні основним джерелом для моделювання рельєфу є ГІС-технології, а саме – дистанційні методи зондування Землі (ДЗЗ). Сучасні можливості геоінформаційних систем як приватних, так і некомерційних, є важливим кроком для проведення не лише більш точних досліджень територій, а й поглибленого вивчення окремих, часто суперечливих питань. Як відомо з [3], впродовж десятиліть стримується розроблення та упровадження сучасного геоінформаційного середовища, які пов'язані з низькою інформативністю сучасних великомасштабних карт та з недостатнім використанням індикації ґрунтів, ґрунтового покриву, ґрунтово-ландшафтних зв'язків. У свою чергу ДЗЗ надають змогу кращого прогнозування стану сільськогосподарської рослинності. Незважаючи на це, проблема створення ґрунтових карт лише з використанням дистанційних методів все ще є остаточно невирішеною [4].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Останнім часом все більше постає питання

оновлення методології та методичної бази ґрунтового картографування. У своїй праці Д. Г. Тихоненко зазначає, що традиційні методи картографічного відображення ґрунтів не відповідають сучасним вимогам і задачам ґрунтового картування [4].

Використання матеріалів дистанційного зондування зробило процес картографування ґрунтів більш об'єктивним та технологічним, порівняно з традиційними методами картографування ґрунтів, де точність меж цілком залежить від досвіду ґрунтознавця. Наприклад, у роботі [5] досліджено можливість ідентифікації ґрунтових різновидів (тип, підтип, рід) та картування при застосуванні даних, отриманих із супутникових зображень.

На сьогодні інформаційну складову стану ґрунтів складають матеріали великомасштабних обстежень ґрунтів, які проводили у 1957-1961 рр., з подальшим коригуванням. За більш як 50 років ґрунтовий покрив зазнав масштабних змін, характер яких неможливо об'єктивно оцінити за допомогою вказаних матеріалів. Крім того, відомо з [4], що вони мають ряд недоліків, які пов'язані з методологією того часу.

Основними способами отримання цифрової моделі рельєфу (ЦМР) є створення растрової моделі за даними, які зняті з топографічних карт. Але картам притаманні певні недоліки, що пов'язано зі способом відображення рельєфу у вигляді системи ізоліній [6].

З [6] відомо використання радіовисотних даних рельєфу, що може бути альтернативою даним, які отримані традиційним шляхом. У роботі [7] зроблено висновок про достовірність ЦМР, що побудована за даними SRTM (Shuttle

Radar Topographic Mission) для морфологічного аналізу. Зокрема, у роботах [8, 9] визначено, що модель SRTM надає кращу точність, ніж інші моделі (ASTER та GMTED 2010), оцінено точність висот моделі SRTM для територій окремих материків.

Для створення великомасштабних карт ґрунтового покриття необхідно використовувати геоінформаційні ресурси супутникових даних, що необхідні для проведення наукових досліджень як глобального, так і регіонального масштабу.

Мега дослідження. Проаналізувати стан використання сучасних ГІС-технологій, зокрема цифрової моделі рельєфу для отримання більш точної інформації зі створених раніше ґрунтових карт.

Виклад основного матеріалу досліджень. Рельєф земної поверхні являє собою сукупність ієрархічно підпорядкованих форм різного масштабу. Тому топографічна поверхня, відображенням якої є ЦМР – це фактично результат накладання (інтерференції) різномасштабних морфологічних поверхонь рельєфу.

Модель SRTM представляє собою спільну роботу Національного агентства зображень та картографування (NIMA) і NASA США. Дані були зібрані за одинадцятиденну місію у лютому 2000 року та доступні приблизно для 80% земної кулі (до 60° на північ і 56° на південь) [8].

Як відомо, модель SRTM створена на основі даних радарної інтерферометричної зйомки земної поверхні радіолокаційним комплексом на базі SIR-C/X-SAR, встановленим на борту космічного апарату Shuttle Endeavour у двох діапазонах довжин хвиль С (5,6 см) і Х (3,1 см), і вимірює висоту відбиваючої, а не топографічної поверхні: у заліснених районах – висоту дерев, на засніженій території – висоту снігового покриву, а на забудованих територіях – висоту якоїсь усередненої поверхні, яка формується у процесі обробки радіолокаційних сигналів і є досить невизначеною, оскільки залежить від великого числа важко прогнозованих факторів, таких як густота забудови, поверховість будівель тощо. Тому, строго кажучи, дані SRTM можна розглядати як цифрову модель рельєфу Землі (ЦМР) і виконувати її коректну оцінку точності тільки на відкритих незабудованих територіях, не покритих чагарниковою та деревною рослинністю, і за умови, що товщина снігового покриву на цих ділянках у період зйомки досить мала, щоб нею можна було знехтувати [10].

У роботі використовували цифрову модель місцевості SRTM, відкритої для вільного доступу

в Інтернеті на сайті <http://srtm.csi.cgiar.org/> у вигляді 16-бітних растрових файлів. З веб-каталогу CGIAR-CSI дані поширюються в географічній системі координат WGS 84, фрагментами розграфки 5°×5° (рис 1).

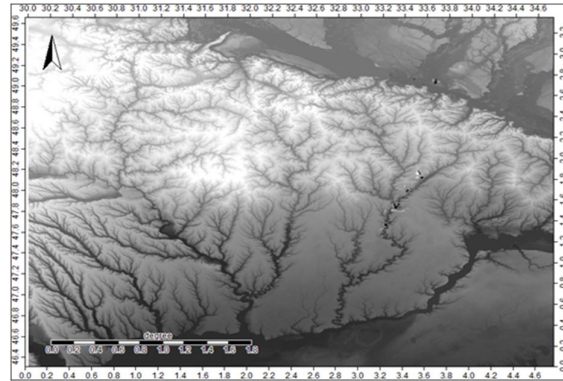


Рис. 1. Цифрова модель рельєфу SRTM

Для досягнення поставленої мети, зокрема побудови ЦМР, обрано схилі чорноземні ґрунти Правобережного Степу України, а саме землі сільськогосподарського призначення Арбузинського району Миколаївської області (E 31.31967; N 47.82783).

Як видно з фрагменту карти (рис. 2), наданого ДП «Миколаївський науково-дослідний та проектний інститут землеустрою», ґрунти дослідного поля представлені чорноземами звичайними слабкого та середнього ступеня еродованості. Значну площу займають середньеродовані ґрунти.

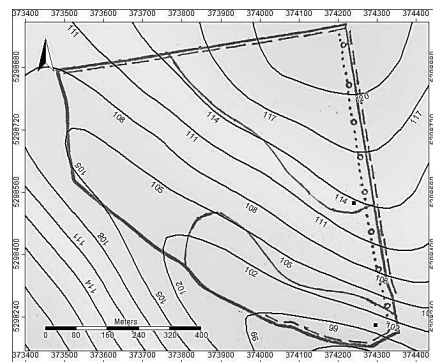


Рис. 2. Ґрунтова карта дослідної ділянки:

- 65л – чорнозем звичайний слабкоеродований легкосуглинковий;
- 66л – чорнозем звичайний середньеродований легкоглинистий;
- 86е – чорнозем середньеродований середньглинистий.

Для наочного розподілення обраних територій на вододіл та схил за допомогою каталогу SRTM було отримано дані для побудови цифрової моделі рельєфу (ЦМР). Для обробки даних було

використано програмне забезпечення SAGA GIS, яке знаходиться у вільному доступі.

На основі отриманої ЦМР було побудовано ізолінії (рис. 3) та визначено такі геоморфометричні параметри, як: ухил та експозиція поверхні; горизонтальна, вертикальна та загальна кривизна.

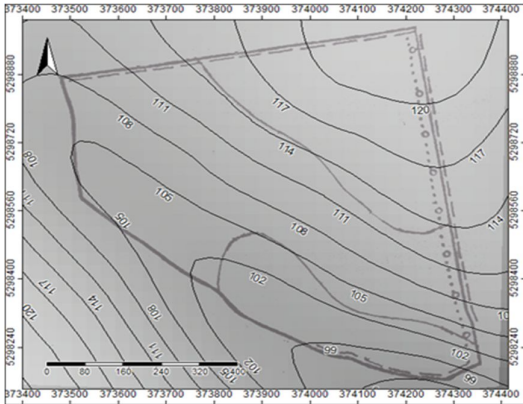


Рис. 3. Карта ізоліній ЦМР

Згідно з ізолініями, поле знаходиться в діапазоні від 120 до 99 м над рівнем моря. За вододіл було прийнято ділянку, яка була вища ніж 99 м над рівнем моря (а саме 114), решта – схил.

Ухил поверхні – фундаментальний морфометричний параметр, який закономірно пов'язаний з такими процесами як поверхневий стік, ерозія, потужність ґрунтового профілю і т. д. Для градації ухилу поверхні використано класифікацію ухилу для рівнинних територій [11], наведена у таблиці 1. Цифрову модель ухилу поверхні наведено на рис. 4.

Таблиця 1

Класифікація ухилу поверхні для рівнинних територій

Менше 1°	Плоскі (пологі) схили
1-3°	слабкопохилі рівнини (дуже пологі схили)
3-5°	пологі схили (похилі рівнини)
5-7°	слабкоспадисті схили
7-10°	спадисті схили

Ухил поверхні чорноземів звичайних коливається від 1-3° на вододілі та до 3-5° на схилі. Тобто, слабо похилі рівнини та пологі схили відповідно.

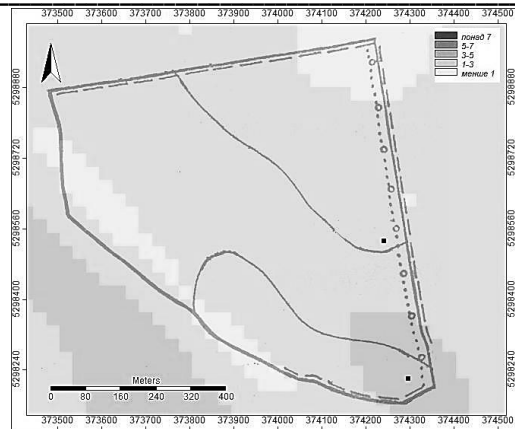


Рис. 4. Цифрова модель ухилу поверхні

Експозиція поверхні фіксує напрямок максимального ухилу земної поверхні по відношенню до сторін світу і до кута падіння сонячних променів на цю поверхню. Залежно від експозиції схилу всі комірки ЦМР були класифіковані за інсоляційним рядом Уіттера, який визначає зміну параметрів тепло (волого) у такому порядку NE→N→NW→E→SE→S→SW, та поділено на вісім румбів за екологічним принципом (рис.5). Цифрову картографічну модель експозиції схилів наведено на рис.6.

1-8 – типи місцезположень (зростання порядкового номеру вказує на збільшення сухості місцезположення). Стрілкою вказано напрям руху Сонця у світлу пору доби.

За експозицією поверхні, ґрунтовий розріз, який було прийнято за вододіл, належить до південно-західної експозиції, а схил – до південної. Згідно з типологією інсоляційних місць розташування, південно-західна експозиція є теплішою за південну.

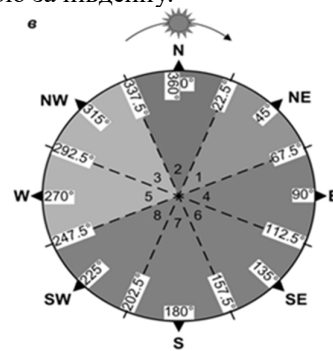


Рис. 5. Варіант типології інсоляційних місцезположень за екологічним (топографічний ряд Уіттекера) принципом

Параметр кривизни схилів рельєфу є геоморфометричним показником, що описує форму поверхні. Найбільш часто у

геоморфометричному аналізі використовують горизонтальну, вертикальну і загальну кривизну.

Горизонтальна кривизна описує градієнт експозиції вздовж заданого контуру. Характеризує зміну певного градієнта (для горизонтальної кривизни – експозиції) на 100 м руху вздовж визначеного напрямку. Чим більше значення кривизни (без урахування знаку), тим більш увігнутою/опуклою є поверхня і навпаки.

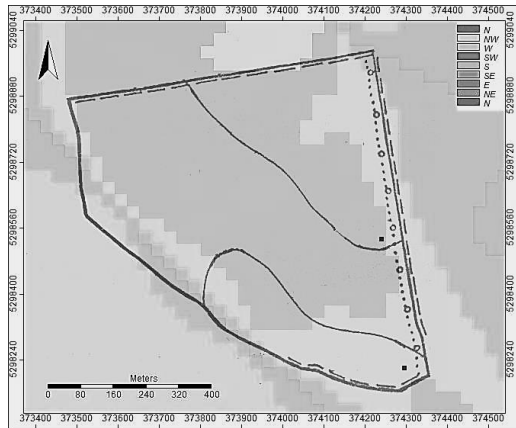


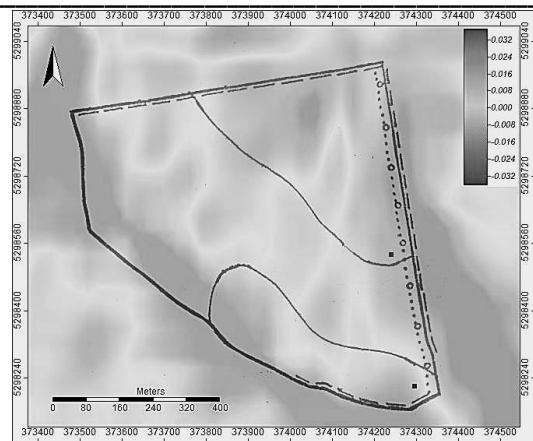
Рис. 6. Цифрова модель експозиції поверхні

Вертикальна кривизна описує градієнт ухилу, утвореної перетином земної поверхні та вертикальної площини, перпендикулярної до проєкції ухилу на горизонтальну площину. Характеризує зміну ухилу поверхні на 100 м руху вздовж його основного напрямку. Чим більше значення вертикальної кривизни – тим більш опукла/ увігнута поверхня в заданому напрямку.

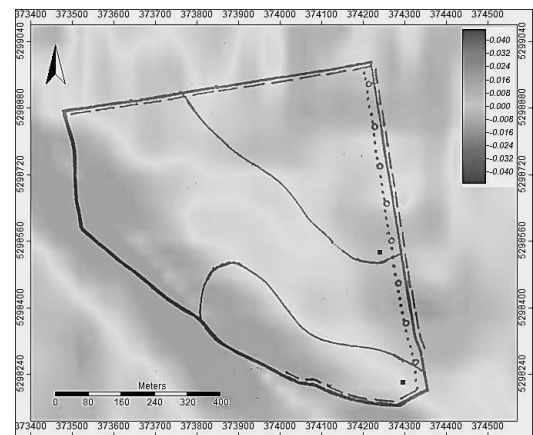
Загальна кривизна об'єднує в собі значення горизонтальної та вертикальної кривизни земної поверхні, ідентифікує опуклі ділянки додатними значеннями, а увігнуті – від'ємними. Ухил поверхні характеризує відносну інтенсивність зносу матеріалу, а експозиція – його напрямок. Тобто, вертикальна кривизна визначає закономірності ерозії та акумуляції, а горизонтальна – просторову неоднорідність стоку [9]. Вище зазначені показники горизонтальної, вертикальної та загальної кривизни наведено на рис. 7.

Горизонтальна кривизна описує перший механізм акумуляції, який залежить від здатності потоку згортатися по мірі просування землею поверхнею. Діапазон значень складає від 0,02 до -0,01 1/100м відповідно на вододілі та схилі.

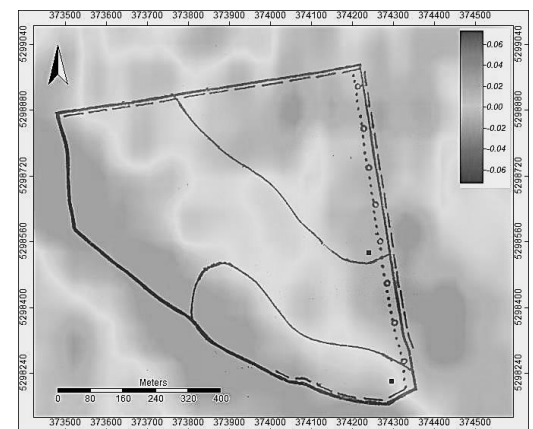
Вертикальна кривизна характеризує зміну ухилу поверхні. Діапазон від 0,02 до -0,0006 1/100м відповідно на вододілі та схилі.



а)



б)



в)

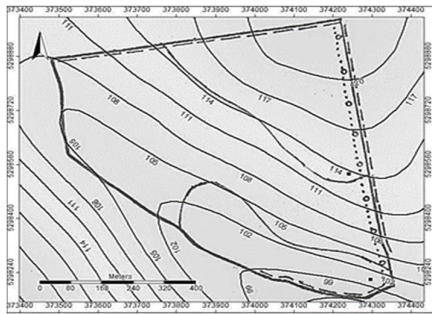
Рис. 7 Цифрова модель кривизни поверхні:

- а) горизонтальна кривизна;
- б) вертикальна кривизна;
- в) загальна кривизна

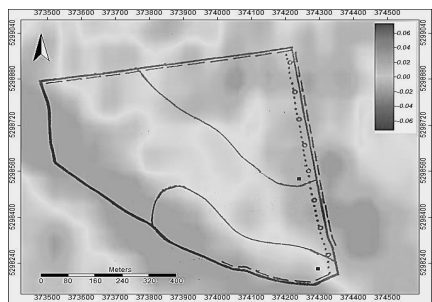
Загальна кривизна, як сукупна міра кривизни земної поверхні, знаходиться у діапазоні значень від 0,04 до -0,01 1/100 м відповідно на вододілі та схилі.

Нижче (рис. 8) наведено фрагмент карти, наданий ДП «Миколаївський науково-дослідний

та проектний інститут землеустрою», та карти, побудованої за допомогою ЦМР. Для порівняння було обрано цифрову модель загальної кривизни.



а)



б)

Рис.8. Порівняння ґрунтової карти дослідної ділянки (а) та цифрової моделі загальної кривизни (б)

Висновки і перспективи подальших досліджень. У статті досліджено питання створення та оновлення існуючих ґрунтових карт. Проведені дослідження вказують на те, що активне використання сучасних геоінформаційних технологій у ґрунтознавстві дозволяють опрацювати великі обсяги інформації.

При порівнянні двох карт, карти землеустрою та карти загальної кривизни, побудованої за допомогою ЦМР, помітно істотну різницю у розподіленні території за еродованістю. За картою загальної кривизни, значну площу території поля займають слабозмиті ґрунти, лише незначна площа належить до середньозмитих на відміну від карти, наданої Інститутом землеустрою, де значна площа належить до середньоеродованих ґрунтів. Отже, невід'ємною складовою повноцінного картування ґрунтів є цифрові карти геоморфометричних показників (ухил, експозиція та кривизна).

Оновлення ґрунтового картографічного фонду має відбуватися обов'язково на засадах сучасних технологій, що дозволить як прискорити процес картування ґрунтового покриву, так і покращити його якість.

Список використаних джерел:

1. Ачасов А.А. Використання цифрових моделей рельєфу при дослідженні ґрунтового покриву. *Вісник ХНАУ*. 2008. №1. С. 157-159.
2. Постельняк А.А. Оцінювання точності висот цифрових моделей рельєфу SRTM та ASTER GDEM. *Вісник геодезії та картографії*. 2013. №4. С. 17-21.
3. Черлінка В.Р. Адаптація великомасштабних карт ґрунтів до їх практичного використання у ГІС. *Агрехімія і ґрунтознавство*. 2015. 84. С. 20-28.
4. Булыгин С.Ю., Шатохин А.В., Ачасов А.Б., Трускавецкий С.Р. О необходимости новой методологии картографии почв. *Ґрунтознавство*. 2003. Т. 4, № 1-2. С.5-10.
5. Абрамов Д.А. Визначення параметрів «ґрунтової лінії» темно-каштанових ґрунтів Правобережного Степу України за допомогою супутникової інформації. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2013. Т. 1, № 4. С. 132-135.
6. Павлова А.Н. Геоинформационное моделирование речного бассейна по данным спутниковой съемки SRTM (на примере бассейна р.Терешки). *Известия Саратовского университета*. 2009. Т. 9 № 1. С.39-44.
7. Погорелов А.В., Думит Ж.А. Морфометрия рельефа бассейна реки Кубани: некоторые результаты цифрового моделирования. *Географические исследования Краснодарского края*. 2007. 2. С.7-23.
8. Athmania D., Achour H. External Validation of the ASTER GDEM2, GMTED2010 and CGIAR-CSI- SRTM v4.1 Free Access Digital Elevation Models (DEMs) in Tunisia and Algeria. *Remote Sensing*. 2014. № 6. P.4600-4620.
9. Farr T.G. The shuttle radar topography mission. *Reviews of Geophysics*. 2007. № 45. P.1-33.
10. Оньков И.В. Оценка точности высот SRTM для целей ортотрансформирования космических снимков высокого разрешения. *Геоматика* 2011. №3. С.40-46.
11. Клещ А.А., Максименко Н.В., Баскакова Л.В. Моделювання геоморфометричних характеристик міських ландшафтів. *Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна*. 2014. № 1140 (11). С.24-35.

Д. Ш. Садовая. Цифровая модель рельефа как пространственная основа для картирования почв с помощью дистанционных методов

В статье рассмотрена проблема отсутствия методологии картирования и обновления почвенных карт. На основе цифровой модели рельефа и программного обеспечения SAGA GIS определены основные геоморфометрические параметры, такие как уклон и экспозиция поверхности, горизонтальная, вертикальная и общая кривизна. Исследованы возможности дистанционных методов для обновления и создания почвенных карт на основе модели SRTM.

Ключевые слова: картирование почв, дистанционное зондирование, цифровая модель рельефа, SRTM.

D. Sadova. Digital relief model as a spatial basis for mapping soils using remote methods

The article considers the problem of the absence of a mapping and updating methodology for soil maps. Based on the digital relief model and the SAGA GIS software, major geomorphometric parameters such as the slope and surface exposure, horizontal, vertical, and general curvature are determined. The possibilities of remote methods for updating and creating soil maps based on the SRTM model are explored.

Keywords: soil mapping, remote sensing, digital terrain model, SRTM.