



ВІСНИК

2014
№5

ГЕОДЕЗІЇ ТА КАРТОГРАФІЇ

ISSN 2311-9780



Г Е О Д Е З І Я



К А Р Т О Г Р А Ф І Я



Ф О Т О Г Р А М М Е Т Р І Я
І Д И С Т А Н Ц І Й Н Е З О Н Д У В А Н Н Я



Г Е О І Н Ф О Р М А Т И К А
І К А Д А С Т Р



Е К О Н О М І К А
ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА

ВІСНИК
ГЕОДЕЗІЇ ТА КАРТОГРАФІЇ, 2014, №5



УТОЧНЕННЯ ГІДРОГРАФІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РІЧОК З ВИКОРИСТАННЯМ МЕТОДІВ ДЗЗ

Доказана целесообразность использования методов ДЗЗ для уточнения гидрографических характеристик рек. Описан алгоритм исследований. Представлены уточненные характеристики р. Рось. Установлено, что длина рек, найденная с использованием методов ДЗЗ, является большей, чем установленная по топографическим картам.

Reasonability of application of remote sensing techniques to define more precise the hydrographic characteristics of rivers has been proved. The algorithm of studies has been described. Hydrographic characteristics of the Ros river made more precise by using remote sensing techniques are presented. It was established that a length of rivers found out by means of remote sensing methods is greater than that defined by using of topographic maps.

Вступ. Передумовою раціонального використання водних об'єктів є знання того, що вони собою являють. Особливо це стосується таких характеристик, як довжина річок, площа водозбору та водність. Хоча відповідні відомості про багато річок маємо давно, але далеко не завжди їх можна вважати надійними. Так, дані про гідрографічні характеристики річок, якими досі доводиться користуватися, здебільшого отримані ще в 50-х або 60-х роках минулого століття [1, 5, 8]. Без будь-яких уточнень ці відомості наводяться у багатьох довідкових джерелах і наукових працях, зокрема й сучасних [2, 3]. Наприклад, подану у виданні [1] довжину річки Рось (346 км) повторено в інших публікаціях, а також у Вікіпедії.

Аналіз попередніх досліджень. Попри те, що водним об'єктам приділяється значна увага науковців, уточненням гідрографічних характеристик річок практично ніхто не займається. У працях, що виходять останнім часом, здебільшого описуються дотичні питання. Зокрема, можна виділити публікації з районування, ерозії, деформацій русел, процесів заростання і замулення водойм. Окремий блок праць характеризує сам інструментарій засобів ДЗЗ [4, 6]. Маємо лише поодинокі публікації, в яких уточнюється довжина окремих річок. Причому робиться це без виїзду на місцевість.

Постановка проблеми. Наведені факти свідчать про те, що наявні довідкові джерела містять застарілі дані, які протягом десятиліть не уточнювалися. Значною мірою це пояснюється великим обсягом робіт, які необхідно виконати. У свою чергу явні помилки у вихідних даних неминуче призводять до похибок у гідрологічних розрахунках, більшість з яких спирається на відомості про довжину річок і площу водозбору. Окремо можуть бути згадані питання земельних відносин, а також проблеми екологічного змісту, зокрема у межах прибережних захисних смуг.

Виклад основного матеріалу. Зрозуміло, що за час, що минув, гідрографічні характеристики річок змінилися. Насамперед це стосується їхньої довжини, яка змінюється не лише внаслідок природних процесів, а й в результаті спрямлення, створення ставків і водосховищ.

Існує ще один важливий фактор, а саме методика визначення гідрографічних характеристик. Раніше їх встановлювали з використанням топографічних карт. У праці [1], яка слугує першоджерелом даних про ці характеристики, зазначено, що довжина річок і площа їх водозбору визначалися за картою масштабу 1:100 000. Для вимірювань у минулому використовували досить прості прилади: для довжини річок – курвіметр, площі водозбору – планіметр [6].

Додамо, що в роки так званої "холодної війни" у топографічні карти свідомо вносилися спотворення, які для багатьох користувачів залишалися невідомими. У цьому зв'язку варто згадати систему координат СК-63 та проблеми її застосування для укладання топографічних карт [7].

Нині, крім топографічних карт, з'явилися нові засоби, за допомогою яких можна визначити гідрографічні характеристики водних об'єктів. Такі можливості надають апарати дистанційного зондування Землі, а також засоби оброблення отриманих даних. Перевагою цих ресурсів, порівняно з топографічними картами, є новизна інформації та істотно вища її точність. Останнє легко зрозуміти, якщо уявити багнисту, зарослу очеретом місцевість, серед якої в'ється невелика річечка. Точно поміряти її довжину звичайними геодезичними методами дуже складно. Між тим, з космосу планове положення такої річки добре розпізнається. Нині дуже високою – значно вищою, ніж це звичайно потрібно при гідрологічних розрахунках, є її точність вимірювань. У цьому можна переконатися, вимірявши за космічним знімком довжину бігової доріжки стадіону (вона становить 400 м) чи довжину одного градуса меридіана (111,3 км).

Джерелом даних для визначення гідрографічних характеристик водних об'єктів можуть бути космічні знімки, виконані супутниками WorldView, QuickBird та ін., що мають високу роздільну здатність. Доступ до цих зображень можливий завдяки ресурсам Google Earth, Virtual Earth, Яндекс.Карты. Рішення про те, який ресурс більш надійний, приймається за візуальною якістю зображень при проведенні процедури ортокорекції космічних знімків. У деяких випадках доцільно використовувати й топографічні карти.

Розташування витоку і гирла річок. Важливість точного встановлення місць витоку і гирла річок



зумовлена хоча б тим, що саме від цього залежить точність визначення їхньої справжньої довжини. У наявних джерелах ці відомості наводяться з точністю до 1'. Останнє означає існування похибки, що може перевищувати один кілометр на місцевості. У зв'язку з цим доцільно використовувати засоби ДЗЗ, які дозволяють встановити положення витоків і гирла річок на порядок точніше.

Наведемо дані про розташування місця витоків річки Рось згідно з довідником [1]: $49^{\circ}28'$ пн. ш. і $29^{\circ}05'$ сх. д. Точніше визначити розташування витоків можна за космічними знімками. Щоправда, це можливо лише тоді, коли знімки мають високу роздільну здатність і "не захмарені". За наявними знімками можна зробити висновок, що місце витоків має координати $49^{\circ}27'05''$ пн. ш. і $29^{\circ}01'12''$ сх. д.

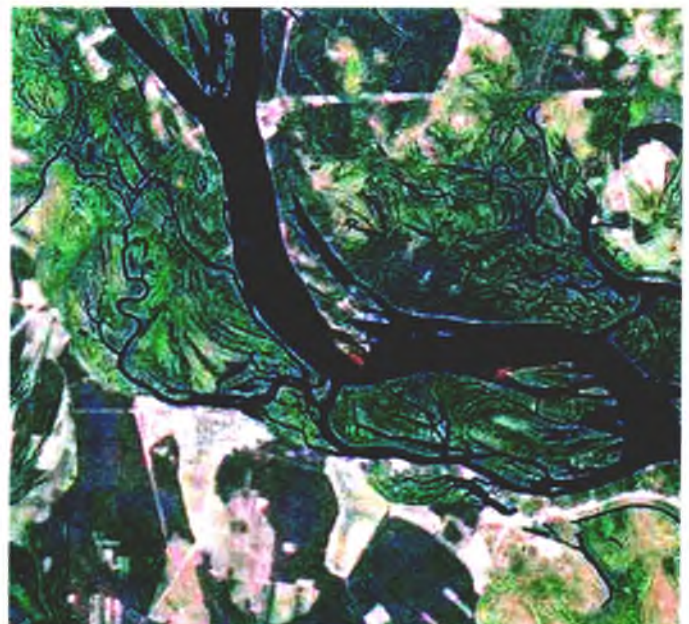
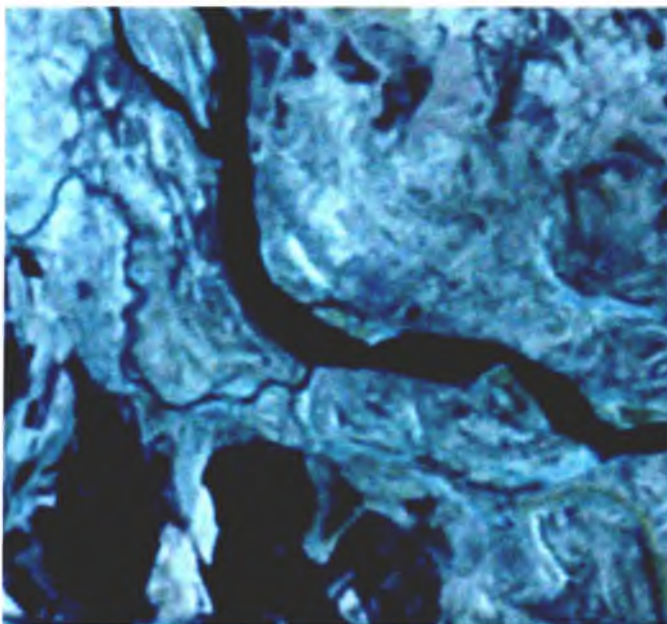
Водночас, через те що місце витоків покрите деревною рослинністю, гарантовано стверджувати це не можна. Найточніше визначити місце витоків Росі та й будь-якої іншої річки можна, знайшовши це місце на місцевості та визначивши його координати засобами GPS. Таке дослідження виконано авторами статті в червні 2014 р. Встановлено, що місце витоків річки Рось розташоване на північний захід від с. Ординці, неподалік від автошляху між м. Погребище та селищем Турбів. Від цього автошляху в південно-східному напрямі відходить обсаджена березами дорога, по лівій бік якої, якщо рухатися донизу, і з'являється невеличкий струмок. Координати цього місця такі: $49^{\circ}27'00,6''$ пн. ш. і $29^{\circ}01'11,9''$ сх. д. За 300-400 м від витоків на річці (фактично ще струмка) утворено ставок, що нині сильно замулений і зарослий. Значною мірою це зумовлено потраплянням у нього наносів, що зносяться з балки на схід від ставка. Ще трохи нижче за течією навколо струмка розбито парк, який є місцем відпочинку туристів.

За довідником [1], гирло Росі має координати $49^{\circ}38'$ пн. ш. і $31^{\circ}38'$ сх. д. Зазначено, що річка впадає у Дніпро за 747 км від його гирла. Детальніші дані щодо розташування гирла Росі наведено у Вікіпедії: $49^{\circ}38'11''$ пн. ш. і $31^{\circ}38'10''$ сх. д. Перевірка наведених даних показує, що вони не відповідають дійсності, фактично є застарілими. Таке положення відповідало умовам, коли не було Кременчуцького водосховища. Після того, як його створили (60-ті роки минулого століття), підвищення рівня води у Дніпрі спричинило виникнення нового рукава, в який нині і впадає Рось. Сучасні координати гирла Росі є такими: $49^{\circ}37'58''$ пн. ш. і $31^{\circ}38'10''$ сх. д. На сучасній навігаційній карті Кременчуцького водосховища гирло Росі показано за 707,5 км від гирла Дніпра (мал. 1).

Довжина річок – один з найголовніших гідрографічних показників. Нині є змога визначити її за знімками з космосу. Наявні програмні продукти дають можливість з високою точністю наносити лінії положення русла, за якою визначається довжина. Цю лінію (окремі її ділянки) можна зберігати, а за необхідності, її положення і довжину уточнювати.

Відповідне дослідження виконано на прикладі уже згаданого р. Рось. Встановлено: її довжина дорівнює 378,3 км, що помітно більше, ніж за наявними даними – 346 км [1, 3, 5]. Дещо більшою, ніж за старими джерелами, виявилася і довжина найбільших притоків Росі (див. табл. 1).

Наведені дані засвідчують, що в усіх випадках довжина річок, визначена за знімками з космосу, виявилася більшою, ніж вважалося раніше. Звернімо увагу: це сталося в результаті зростання зарегульованості, а також спрямлення окремих ділянок у ході русловипрямних робіт. Основною причиною виявлених розбіжностей є те, що в минулому, як уже зазначалося, довжину річок вимірювали за топографічними картами, які для порівняно



Мал. 1. Розташування гирла Росі за різними джерелами: ліворуч – Landsat 1 MSS (знімок від 27.02.1974 р.); праворуч – космічний знімок Spot Image (04.11.2009 р.)



невеликих річок є дрібномасштабними. Показати дрібні звивини русла на картах такого масштабу немає змоги. У цьому можна переконатися, порівнявши однакові ділянки місцевості, зображені на топографічній карті й на космічному знімку (мал. 2).

Таблиця 1. Довжина р. Рось та її основних приток, км

Назва річки	Джерело даних			
	[1]	[8]	[5]	За космічними знімками
Рось	346	350	346	378,3
Роська	73	72	73	77,9
Роста́виця	116	116	116	124,2
Кам'янка	105	105	105	113,9
Росава	90	91	90	100,3



кулі, а саме ASTER GDEM (Earth Remote Sensing Data Analysis Center – ERSDAC), які можна завантажити.

Висотні дані, доступні для завантаження, представлено у форматі, який підтримує програма ArcGIS. Для завантаження файлу необхідно пройти процедуру реєстрації, погодившись із правилами використання отриманої інформації. Після завантаження висотні дані відображаються у вигляді цифрової моделі рельєфу (ЦМР).

Отримані дані SRTM з точністю розрізнення 90 м було додатково опрацьовано, що дало можливість одержати поверхню з просторовим розрізненням 30 м. Окрім того, для підвищення точності ЦМР було враховано стокову структуру поверхні басейнів водозбору і топологію водотоків. Це дало змогу



Мал. 2. Зображення ділянки місцевості в басейні р. Рось: ліворуч – на топографічній карті масштабу 1 : 100 000, праворуч – на космічному знімку

Площа водозбору. Для встановлення площі водозбору річок також доцільно використовувати матеріали дистанційного зондування Землі, а саме дані дослідження, виконаного в лютому 2000 р. за програмою "Шаттл". Тоді під час місії космічного корабля (Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM v4) було здійснено знімання рельєфу більшої частини земної кулі. Два сенсори радара, які працювали у діапазонах X-band (роздільна здатність 30 м) та C-band (роздільна здатність 60 м), дали змогу отримати зображення рельєфу місцевості в масштабі від 1:50 000 до 1:25 000 [4, 9]. На підставі отриманих даних Національне космічне агентство США побудувало цифрову модель рельєфу Землі. Дані SRTM на ній подаються у квадратах розміром в один градус при максимально доступному розрізненні 3 арксекунди, що відповідає 90 м на місцевості. Зазначені дані містяться на сайті ресурсу EarthExplorer [10] Геологічної служби США (USGS "U.S. Geological Survey"). Окрім того, вони доступні для скачування з серверів NASA. Є також інші програми для дослідження рельєфу земної

підвищити детальність карт до масштабу не менше 1:25 000 (для всього водозбору Росі) та 1:10 000 (в її заплавної частині).

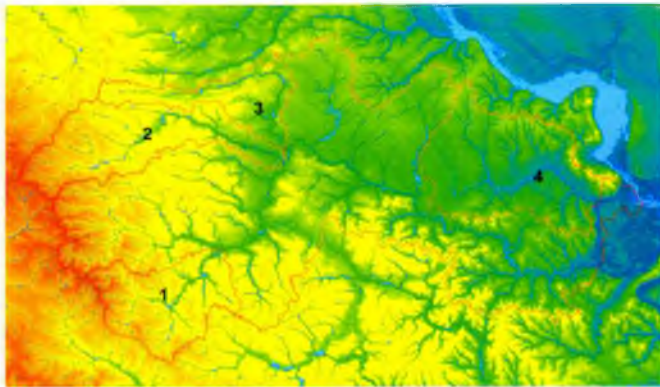
Уточнені дані ЦМР було опрацьовано з використанням програми ArcGIS, що містить модуль Spatial Analyst. Це дозволило за висотою місцевості побудувати модель земної поверхні, а також здійснити гідрологічні розрахунки. Так, з використанням відповідної програми визначався напрям поверхневого стоку, що дало змогу встановити межі річкових басейнів і виділити тальвеги. У деяких випадках, коли провести вододіл було проблематично, використовувалися інші космічні знімки і топографічні матеріали, за якими гідрографічні особливості річок уточнювалися.

Разом з тим виявилось, що навіть дуже якісні космічні знімки не завжди дають змогу встановити межі водозбору. Це, зокрема, стосується нижньої течії Росі, де створено кілька меліоративних каналів, які мають дуже малий похил. Через це довелося ознайомитися з гідрографічними особливостями річки на місцевості. Виявилось, що в нижній



течії Росі з неї беруть початок два штучних водотоки, які спрямовані у бік р. Вільшанки. Так, біля с. Деренковець бере початок канал Фоса, а за кілька кілометрів нижче за течією – канал Імшан. Їх збудували давно. Про це, зокрема, свідчать карти першої половини ХХ ст., на яких обидва канали позначено.

Наявність каналів, якими вода рухається у бік іншої річки, означає, що вододіл між басейнами Росі та Вільшанки фактично проходить берегом першої. Відтак, водозбір Росі штучно занижено, а сусідньої Вільшанки завищено (мал. 3).



Мал. 3. Рельєфне зображення водозбору р. Рось та її найбільших приток:
1 – Роськи; 2 – Роставиці; 3 – Кам'янки; 4 – Росави

Після того, як було уточнено межі водозбору Росі, стало можливим встановити його площу – 12 616 км². Це практично відповідає даним раніше виконаних досліджень (табл. 2). Водночас різниця у площях водозбору приток Росі іноді сягає кількох відсотків.

Таблиця 2. Площі водозбору Росі та її основних приток

Назва річки	Джерело даних та площа, км ²			
	[1]	[8]	[5]	За даними радарного знімання (ЦМР)
Рось	12 575	12 600	12 600	12 616
Роська	1 100	1 100	1 100	1 117
Роставиця	1 465	1 460	1 460	1 432
Кам'янка	800	840	750	731
Росава	1 720	1 720	1 720	1 813

Висновки. Сучасні ресурси дистанційного зондування Землі дозволяють встановити гідрографічні характеристики річок зі значно вищою точністю, ніж це було можливим раніше. Виконані на прикладі р. Рось дослідження показали, що довжини річок та площі їх водозборів різняться від даних, отриманих

піввіку тому, але які й досі наводяться у довідкових джерелах. Довжина річок за даними ДЗЗ звичайно є більшою, ніж це вважалося раніше.

Перспективи досліджень. Подальші дослідження гідрографічних характеристик річок з використанням ДЗЗ можуть бути спрямовані на уточнення особливостей їх водозбору: лісистості, озерності, розораності та ін. Це буде підґрунтям для уточнення гідрологічних розрахунків, з'ясування екологічного стану водних об'єктів та їхніх водозборів. Окрім того, визначення точних меж водозборів річок стане передумовою для нового гідрологічного і водогосподарського районування, яке також може бути уточнене.

Література

1. *Материалы по типизации рек Украинской ССР*. Т. 2. Гидрографические характеристики рек Украинской ССР; под ред. Н.И. Дрозда. – К.: Изд-во АН УССР, 1953. – 348 с.
2. *Паламарчук, М.М.* Водний фонд України: довідковий посібник / М.М. Паламарчук, Н.Б. Закорчевна. – К.: Ніка-Центр, 2001. – 392 с.
3. *Педченко, Д.І.* Все про річку Рось і Надросся / Д.І. Педченко. – Корсунь-Шевченківський, 2006. – 218 с.
4. *Постельняк, А.А.* Оцінювання точності висот цифрових моделей рельєфу SRTM та ASTER GDEM / А.А. Постельняк // Вісн. геодез. та картогр. – 2013. – № 4. – С. 17-21.
5. *Ресурсы поверхностных вод СССР*. Гидрологическая изученность. – Т. 6. Украина и Молдавия. – Вып. 2. Среднее и нижнее Поднепровье; под ред. М.С. Каганера. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1971. – 654 с.
6. *Руководство по определению гидрографических характеристик картометрическим способом*; под ред. Л.А. Чепелкиной. – Ленинград: Гидрометеиздат, 1986. – 93 с.
7. *Сосса, Р.І.* Топографічне картографування України (1917-2012). – К.: Наук. думка, 2014. – 384 с.
8. *Справочник по водным ресурсам СССР*. Т.VIII. Украинская ССР. Ч. 2; под ред. М.С. Каганера. – К.: Изд-во АН УССР, 1955. – 657 с.
9. *Шевчук, С.А.* Перевірка висотної відповідності даних дистанційного зондування Землі топографічним картам для проведення гідрологічних та гідргеологічних розрахунків / С.А. Шевчук, С.М. Ворошнов, О.М. Нес-теренко // Вісн. Нац. трансп. ун-ту. – К.: НТУ, 2013. – Вип. 28. – С. 552-560.

Інтернет-джерело

10. <http://earthexplorer.usgs.gov/>

Надійшла 02.07.14