

ПЕРЕВІРКА ВИСОТНОЇ ВІДПОВІДНОСТІ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО
ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ ТОПОГРАФІЧНИМ КАРТАМ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ
ГІДРОЛОГІЧНИХ ТА ГІДРОГЕОЛОГІЧНИХ РОЗРАХУНКІВ

Шевчук С.А., кандидат технічних наук, Інститут водних проблем і меліорації, Київ, Україна
Ворошнов С.М., кандидат технічних наук, Інститут водних проблем і меліорації, Київ, Україна
Нестеренко О.М., Херсонський державний аграрний університет, Херсон, Україна

CHECKING OF COMPLIANCE ALTITUDE REMOTE SENSING OF THE EARTH
SURFACE FOR TOPOGRAPHIC MAPS TO CONDUCTING HYDROLOGICAL
AND HYDROGEOLOGICAL CALCULATIONS

Shevchuk S.A., Ph.D., Institute of Water Problems and Land Reclamation, Kyiv, Ukraine
Voroshnov S.N., Ph.D., Institute of Water Problems and Land Reclamation, Kyiv, Ukraine
Nesterenko O.M., Kherson State Agricultural University, Kherson, Ukraine

ПРОВЕРКА ВЫСОТНОГО СООТВЕТСТВИЯ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ ТОПОГРАФИЧЕСКИМ КАРТАМ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ГИДРОЛОГИЧЕСКИХ И ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

Шевчук С.А., кандидат технических наук, Институт водных проблем и мелиорации, Киев, Украина
Ворошнов С.Н., кандидат технических наук, Институт водных проблем и мелиорации, Киев, Украина
Нестеренко Е.М., Херсонский государственный сельскохозяйственный университет, Херсон, Украина

Постановка проблеми. Основним джерелом інформації про земну поверхню до останнього часу були географічні карти, але в останні десятиріччя усе більшого поширення набувають нові методи та технології, пов'язані з цифровим представленням земної поверхні та динаміки її змін. Сучасні технології комп'ютерної обробки інформації базуються на створенні цифрових моделей рельєфу (ЦМР), які слугують основою для гідрологічних та гідрогеологічних розрахунків в геоінформаційних системах (ГІС) і є пріоритетними для вирішення цілої низки наукових та прикладних завдань [1, 2].

Нині для задач відображення рельєфу та визначення гідрологічних характеристик території доцільно використовувати дані дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). Таких даних, які можуть бути готовою топографічною основою чи цифровою моделлю рельєфу, з кожним роком стає більше і вони вільно доступні для використання. Не викликає сумніву доцільність їх застосування при розрахунках.

Основні сфери застосування цифрових моделей території пов'язані з визначенням та побудовою горизонталей рельєфу, побудовою профілів, визначенням вододілів та ліній стоку, вибором оптимальних трас доріг, каналів, меліоративних мереж, інших лінійних об'єктів, виділенням басейнів водозборів, визначенням обсягів земляних робіт. До окремої групи робіт, пов'язаних з рельєфом, належить визначення площ затоплених та підтоплених земель, що є сферою гідрогеологічних досліджень. Ця проблема стала актуальною для нашої країни з різних причин, зокрема через екологічні і кліматичні зміни, а також у зв'язку із приватизацією землі та проведенням кадастру земель [1, 2].

Дані дистанційного зондування землі дають змогу побудувати цифрову модель рельєфу, здійснити аналіз природокористування певної території, встановити його узгодженість з контурами рельєфу, уточнити параметри річкових басейнів.

Отримані результати знаходять застосування при проектуванні та будівництві (насамперед на великих територіях), виконанні гідрологічних розрахунків, зокрема для встановлення меж річкових басейнів та розрахунку поверхневого стоку. До таких задач належать визначення зон затоплення біля річок, інших понижених ділянок рельєфу, зокрема подів. Окрім того вони дають змогу встановити глибину залягання ґрунтових вод та ін. Разом з тим, наявність цих матеріалів не виключають проведення геодезичних вишукувань для проектування і будівництва.

Особливу увагу потрібно приділити природним та антропогенним процесам зміни рельєфу. Зміна рельєфу місцевості стосується об'єктів, що вимагають великих об'ємів земляних робіт, а саме формування котлованів і заглиблень, формування відвалів і насипів, усунення деяких природних об'єктів (гір, скель, пагорбів, ярів), будівництво рисових систем, каналів, земляних дамб, планування сільськогосподарських полів.

Дані дистанційного зондування землі знаходять усе більше використання в гідротехнічному будівництві, зокрема при виконанні русловиправних, берегоукріплювальних та інших робіт в руслі і на заплаві, регулюванні стоку системою ставків і водосховищ, при будівництві водозаборів, водоскидів тощо.

Використання цих даних дозволяє відстежувати часові зміни рельєфу в залежності від цільового використання земель, меліоративного будівництва або внаслідок природних процесів: меандрування річок, ерозії, поверхневого змиву, абразії, відновлення лісів.

Можливість використання матеріалів радарної топографічної зйомки SRTM повинно супроводжуватися порівнянням цих даних з існуючими топографічними картами та визначенням похибки, що в свою чергу підтверджує можливість їх застосування в науково-практичній діяльності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Під цифровою моделлю рельєфу (ЦМР) найчастіше розуміється цифрове подання топографічної поверхні у вигляді регулярної мережі комірок заданого розміру (grid DEM) або нерегулярної трикутної мережі (TIN DEM). Ці дві форми подання ЦМР є в наш час взаємно конвертованими і мають практично однакові можливості щодо подання і аналізу рельєфу.

В англomовній літературі поняттю ЦМР відповідає поняття Digital Elevation Model (DEM), інколи - Digital Terrain Model (DTM). Звичайно перше (DEM) вважається кращим. На нашу думку це поняття теж є кращим, оскільки точніше відповідає сутності територіальних, природних або природно-господарських комплексів та вирішення прикладних завдань, пов'язаних з навколишнім середовищем з використанням засобів ГІС.

Під поняттям ЦМР звичайно розуміють шари інформаційного блоку ГІС, що містить цифрову інформацію про відмітки (позначки) топографічної поверхні у вигляді растру або TIN-моделі. У цьому разі форма представлення вихідних даних про рельєф і спосіб відновлення значень топографічної поверхні по комірках растру заданого розміру з використанням методів інтерполяції й екстраполяції складають основу її побудови.

Однією із найпоширеніших програм дослідження рельєфу земної кулі була космічна місія NASA SRTM (Shuttle Radar Topography Mission – радарна топографічна зйомка більшої частини території земної кулі), яка відбулася в лютому 2000 р. [3]. Протягом восьми днів два сенсори радару, які працювали в двох діапазонах X-band (роздільна здатність 30 м) та C-band (роздільна здатність 60 м) зібрали інформацію про рельєф більшої частини земної кулі, за винятком крайніх північних і південних частин, а саме в діапазоні від 60° південної та 60° північної широти. Така роздільна здатність цілком підходить для відображення рельєфу для більшої частини земної кулі у масштабі від М 1:50 000 до М 1:25 000 [3].

Існують й інші програми для дослідження рельєфу земної кулі, а саме ASTER GDEM 2. Він являє собою вдосконалений супутниковий радіометр теплового випромінювання і відображення (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) глобальної цифрової моделі рельєфу (Global Digital Elevation Model), який розроблено спільно METI та NASA. Просторова розподільна здатність даних у плані - 15 метрів, але похибка по висоті більша ніж у SRTM.

Дані SRTM існують у декількох версіях: попередні (версія 1, 2003 р.), уточнена (версія 2, лютий 2005 р.) та наступні – 3 і 4. Остаточна версія пройшла додаткову обробку, виділення берегових ліній і водних об'єктів, фільтрацію помилкових значень. Дані поширюються в кількох варіантах - сітка з розміром комірки 1 кутова секунда і 3 кутові секунди. Максимальна роздільна здатність - 30 м (1 кутова секунда). Розподільна здатність даних по висоті – 1 м. У вільному доступі є дані 90 м (3 кутових секунди), заявлена точність по висоті приблизно 2 - 20 метрів, що відповідає М 1:20 000 і менше.

У подальшому в наших дослідженнях було використано цифрову модель рельєфу (ЦМР) SRTM DEM v4 з просторовим розрізненням 90 м, яка пройшла попередню програмну обробку для уточнення висотних відміток (рисунок 1).

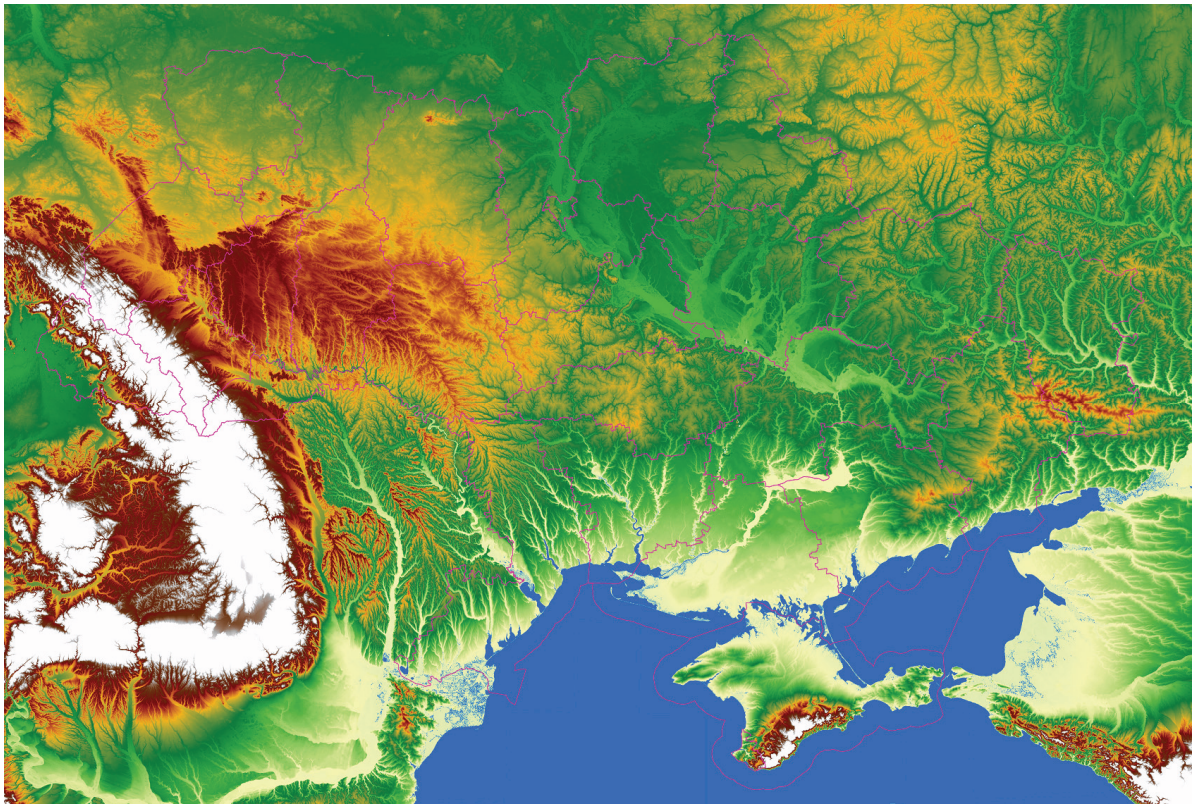


Рисунок 1 – Цифрова модель рельєфу для території України, отримана за результатами обробки даних SRTM DEM v4

За результатами попередніх досліджень зарубіжних та вітчизняних науковців [4, 5] встановлено, що абсолютні висоти, визначені SRTM, мають похибку, яка для рівнинної місцевості в середньому дорівнює 3 м, а для гірської - 6 м. Згідно з [4, 5], цифрова модель рельєфу SRTM може бути використана при побудові горизонталей на топографічній карті масштабу 1:50 000.

У таких дослідженнях важливим і невирішеним залишається питання відповідності сучасного рельєфу місцевості значенням висот топографічних карт створених в минулі десятиріччя. Це питання виникає тому, що висотне положення земної поверхні не може вважатися сталим. Тобто, є не однозначним рішенням обрати за «еталону» поверхню топографічну карту, хоча це є більш доцільним, оскільки значення висот на ній отримані прямими геодезичними вимірюваннями.

Горизонталі на карті повинні зберігати подібність відповідних їм ліній на місцевості та передавати форми рельєфу та їх розміщення і поєднання. Крім горизонталей, рельєф на картах відображено відмітками абсолютних висот характерних точок рельєфу – вершин гір чи пагорбів, дна улоговин, сідловин, тальвегів, перегинів схилів.

Методика проведення досліджень та отримані результати. Перед використанням даних SRTM для території України виникає необхідність перевірки і встановлення похибки для її рівнинної та гірської частин. Таку перевірку необхідно обов'язково проводити для встановлення можливої похибки при проведенні подальших гідрологічних та гідрогеологічних розрахунків.

Для перевірки було використано топографічну карту М 1:10 000 та дві версії радарної топографічної зйомки SRTM, версія 3 і 4 (рисунок 2) для рівнинної місцевості, а саме Каланчацького району Херсонської області.

Перевірка виконувалася для горизонталей рельєфу і висот точок. Загальна їх кількість – 416, а кількість значень висоти – 1248. Проводилося порівняння даних топографічної карти М 1:10 000 та значень двох версій радарної топографічної зйомки SRTM з встановленням значень абсолютної та відносної похибки.

У цілому існує добра відповідність між висотним положенням топографічної карти та радарної топографічної зйомки SRTM. У переважній більшості випадків відмінність у висоті не перевищує 1,0 м (рисунок 3).

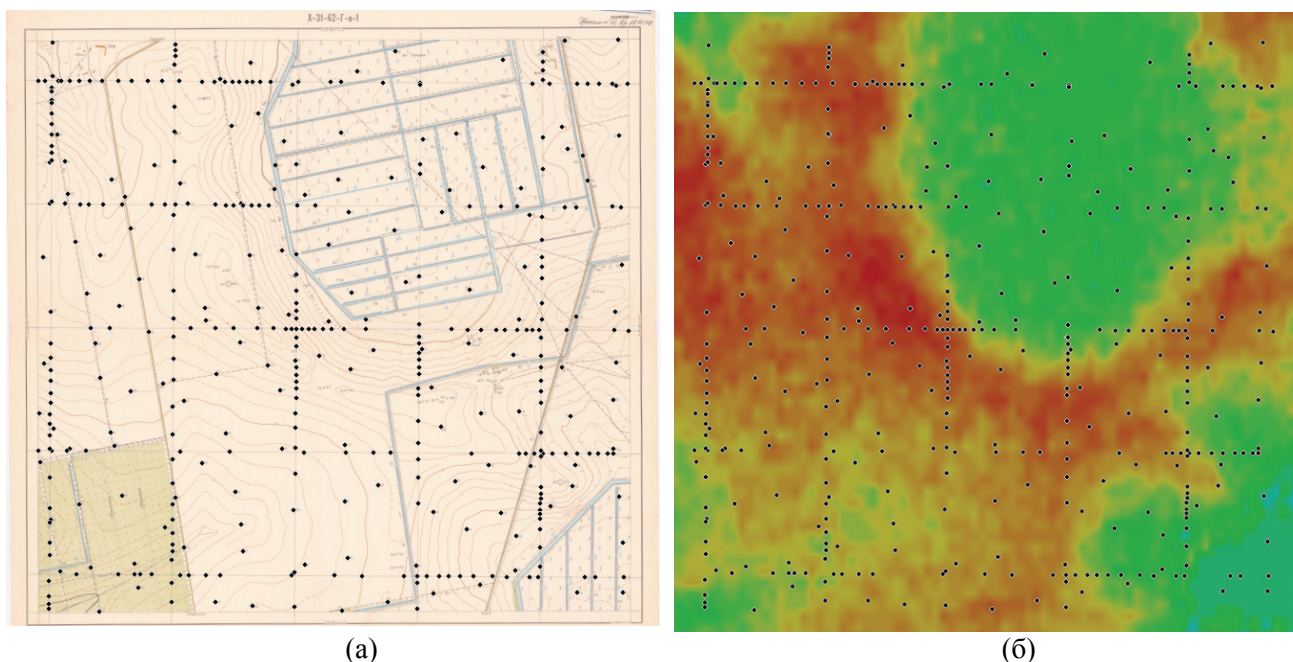


Рисунок 2 – Топографічна карта М 1:10 000 (а) та радарна топографічна зйомка SRTM v4 (б) території у Каланчацькому районі Херсонської області з нанесеною мережею контрольних точок висот

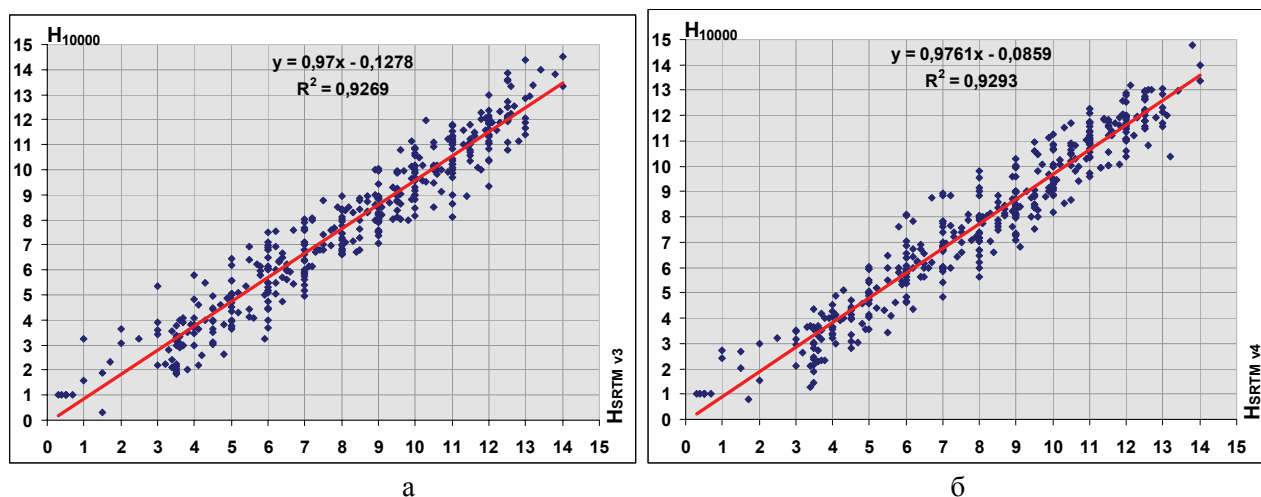


Рисунок 3 – Кореляційний зв'язок висоти місцевості отриманої з топографічної карти М 1:10 000 та радарної топографічної зйомки SRTM (версія 3 - а і версія 4 - б)

Модуль абсолютної похибки висот у точці розраховується за формулами:

$$\Delta H^j(H_{10000}, H_{SRTM}) = |H_{10000}^j - H_{SRTM}^j|, \text{ м} \quad (1)$$

$$M[\Delta H^j]_{abc} = \frac{\sum_{j=1}^n |H_{10000}^j - H_{SRTM}^j|}{n}, \text{ м} \quad (2)$$

де ΔH^j - модуль абсолютної похибки в j -й точці, м;

H_{10000}^j - значення H топографічної карти М 1:10 000 в j -й точці, м;

H_{SRTM}^j - значення H радарної топографічної зйомки SRTM в j -й точці, м;

n - число розрахункових точок.

Модуль середньої відносної похибки за множиною точок n розраховується за формулою:

$$M[\Delta H^j]_{\text{відн}} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{|H_{10000}^j - H_{SRTM}^j|}{|H_{\max}^j - H_{\min}^j|} \cdot 100\% \quad (3)$$

Результати розрахунків в абсолютних і відносних значеннях висоти наведені на рисунку 4.

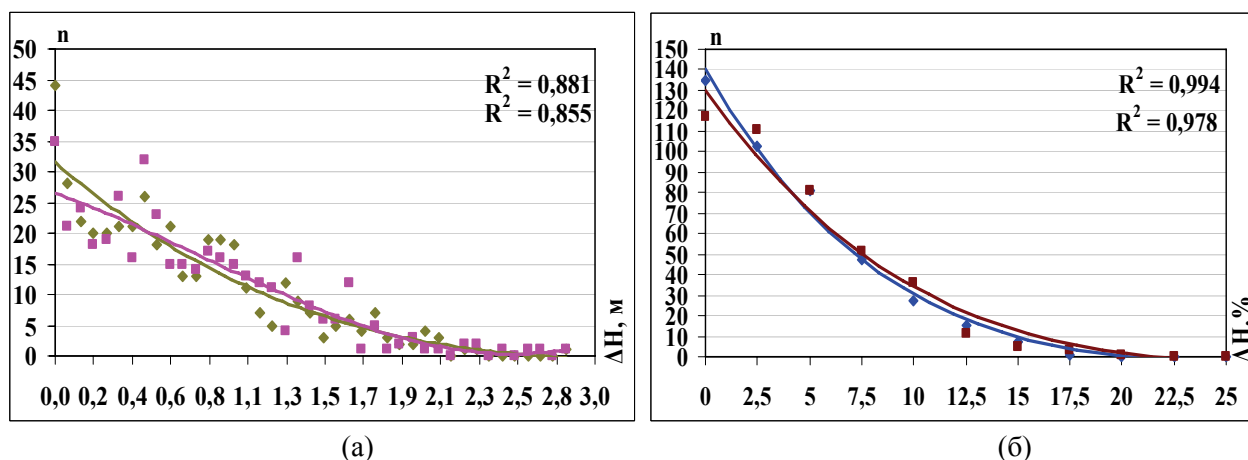


Рисунок 4 – Значення абсолютної (а) та відносної (б) похибок висоти місцевості отриманої з топографічної карти М 1:10 000 та радарної зйомки SRTM (квадрати - версія 3, ромби - 4)

Отримані результати (таблиця 1) свідчать про те, що для наведеної місцевості та прилеглої території значення висот SRTM у цілому відповідають масштабу 1:10 000 і вони можуть бути використані для проведення проектних, зокрема гідрологічних розрахунків.

Таблиця 1 – Значення абсолютної та відносної похибок

	Похибка SRTM v4		Похибка SRTM v3	
	абсолютна, м	відносна, %	абсолютна, м	відносна, %
$\Delta H_{\text{середня}}$	0,69	5,04	0,74	5,30
ΔH_{max}	2,81	19,38	2,88	20,27

Наведені дані показують, що відмінність у значеннях висот з використанням SRTM v4 є меншою ніж SRTM v3.

Аналіз відмінності не є повним без проведення пошуку системної складової похибки. Для встановлення її кількісної величини усі значення висот отримані різними способами ранжувалися. За цим розраховувалася середнє відхилення значень висоти усіх вибраних точок. Усереднена висота місцевості, отримана з використанням SRTM v4, виявилася на 0,69 м нижчою за висоту з топографічної карти, а SRTM v3 на 0,74 м нижчою (рисунок 5а).

При подальшому аналізі можна побачити, що лінійна апроксимація значень SRTM (версія 3 і 4) проходить нижче значень висот топографічної карти М 1:10 000, тобто космічна зйомка дає незначне зменшення значень абсолютних відміток (рисунок 5а). Достовірність апроксимації в обох випадках має однакові величини ($R=0,92$). У той же час максимальні значення відміток поверхні землі обох версій SRTM_{max} повністю накладаються на значення висот топографічної карти і мають мінімальну похибку. Але мінімальні позначки висот SRTM_{min} мають занижені значення абсолютних відміток на 0,73 м відносно SRTM_{max} (рисунок 5б). З цього можна зробити висновок, що це або навмисне внесення похибки в отримані результати при конвертуванні SRTM (30 м) у SRTM (90 м) або специфічність алгоритму обробки первинних даних SRTM.

Остаточно сказати, чим викликані ці відмінності достатньо складно. Вони можуть бути спричинені похибками дистанційного зондування землі. Разом з тим, потрібно враховувати, що земна поверхня зазнає тектонічних рухів, швидкість яких, звичайно, перебуває в межах 1 см на рік. Враховуючи те, що топографічна карта, яка використана для проведення розрахунків, укладена у 1952 році та оновлена у 1967 році, маємо часову відмінність з даними ДЗЗ щонайменше у 33 роки, а вірогідніше у 48 років. Територія південної частини Херсонської області зазнає низхідних тектонічних рухів. Тому значною мірою отримані вище відмінності можуть бути пояснені саме цими чинниками.

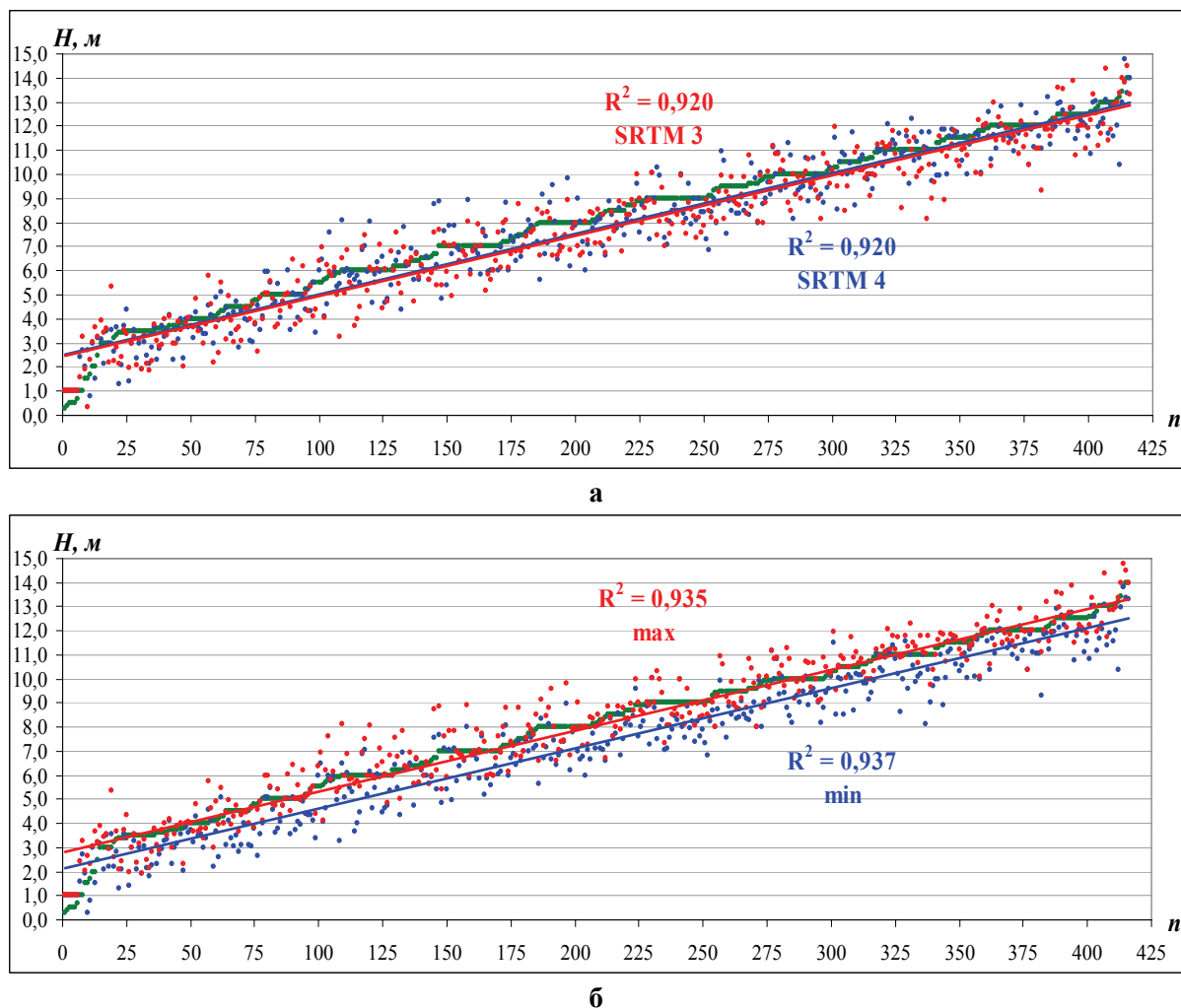


Рисунок 5 – Розподіл значень відміток поверхні землі при порівнянні радарної топографічної зйомки SRTM та топографічної карти М 1:10 000.

В подальшому, використовуючи спеціалізовані геоінформаційні програми, а саме ArcMap, та функції гідрологічного аналізу, розраховано карту локальних водозборів, вододілів, басейну річки Каланчак, крутизни та експозиції схилів, напрямків водотоків, виділено мережу балок та тальвегів. Отримана карта та таблиці використовуються в подальших дослідженнях параметрів території, водних об'єктів та гідрографічної мережі (рисунок 6).

Одним із завдань досліджень було встановлення можливості застосування даних SRTM для створення цифрової моделі рельєфу з відповідною точністю та побудова карт рівнів ґрунтових вод з подальшим встановленням площ підтоплення та поверхневого затоплення на об'єктах Каланчацького району Херсонської області (рисунок 6). Для цього використовуємо розроблену в попередні роки інформаційну систему і «Методику оцінки та прийняття рішень для захисту територій від підтоплення та затоплення» [6].

Зазначена «Методика» призначена для розробки заходів з попередження та ліквідації наслідків підтоплення територій ґрунтовими водами та їх затоплення поверхневими. До таких задач належать:

- оцінка зміни стану меліорованих територій на основі даних спостережень і розв'язку прямих та обернених задач фільтрації в ґрунтах;
- проведення робіт з картографічної оцінки зміни стану підтоплення та затоплення меліорованих територій;
- статистичне визначення розподілу площ за рівнями ґрунтових вод або зонами ризику підтоплення території;
- проведення оцінки працездатності та ефективності дренажних систем і прийняття рішень щодо необхідності їх реконструкції та модернізації, оптимізація варіантів проектів захисту від підтоплення;

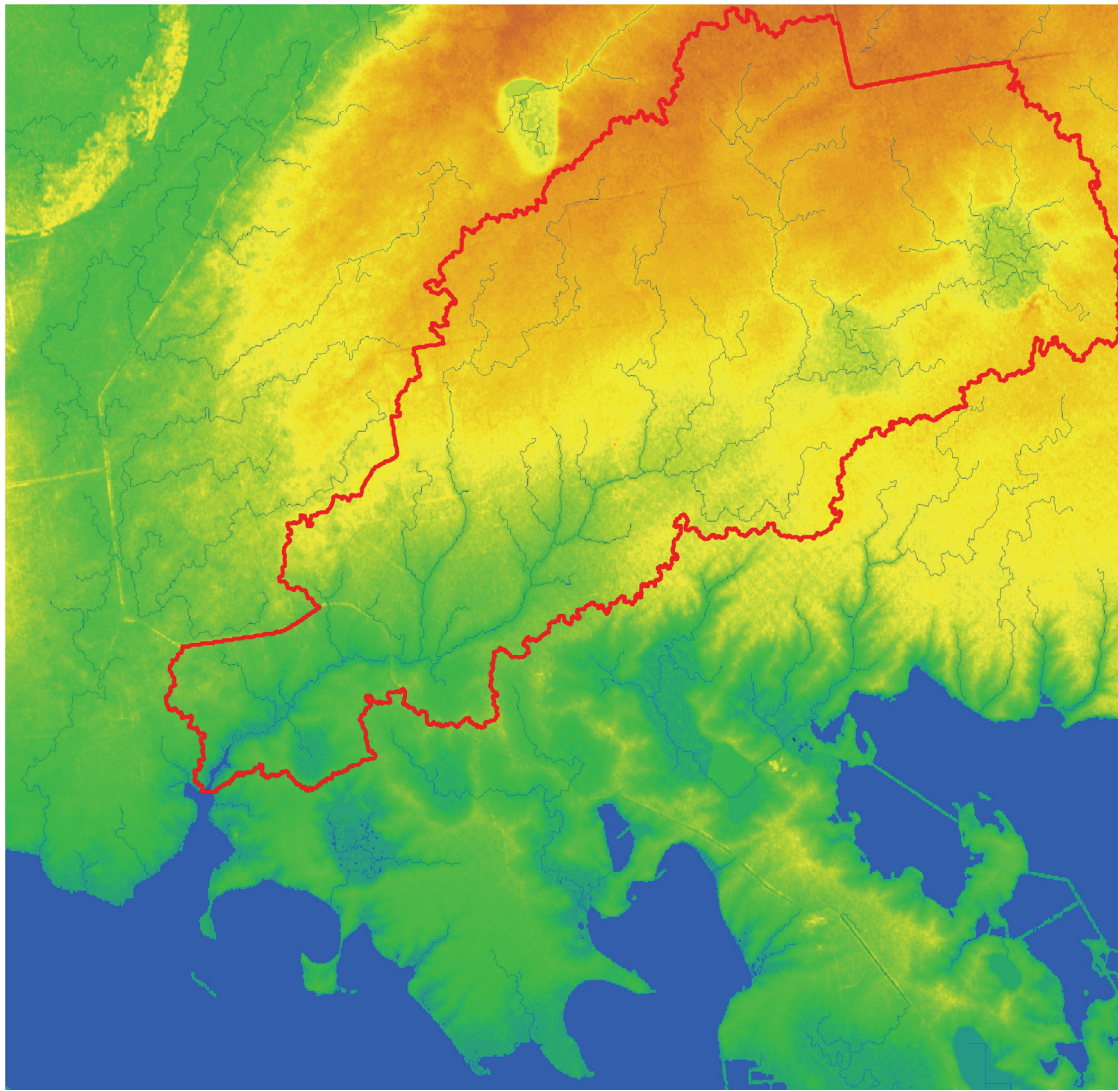


Рисунок 6 – Радарна топографічна зйомка SRTM території басейну річки Каланчак з позначеною територією виконання перевірки (квадрат)

- оцінка та контроль ефективності свердловин вертикального дренажу, управління відкачкою зі свердловин вертикального дренажу на основі математичного моделювання фільтраційних процесів;
- наукове обґрунтування проектних рішень стосовно захисту від підтоплення та затоплення території сільськогосподарських угідь та населених пунктів;
- визначення екологічної ефективності режимів зрошення для мінімізації інфільтраційних втрат.

Використання «Методики» дає змогу одержати достовірну інформацію про стан і розвиток підтоплення, своєчасно відреагувати та провести невідкладні роботи для його ліквідації. Розроблена на основі «Методики» інформаційно-аналітична система дозволяє проводити розрахунки, які дозволяють приймати обґрунтовані управлінські рішення для недопущення надзвичайних ситуацій і зменшення наслідків шкідливої дії води.

Висновки. Однією з актуальних проблем в Україні є підтоплення та затоплення значних територій, що вимагають побудови відповідних моделей у вигляді карт.

Використовуючи матеріали дистанційного зондування Землі, а саме даних Shuttle Radar topographic Mission (SRTM), можна побудувати цифрову модель рельєфу, яка відображає поверхню землі та використовується для визначення гідрологічних характеристик території.

Виконані дослідження показали, що висотне положення рівнинної місцевості (Каланчацький район Херсонської області), отриманої з топографічних карт масштабу 1:10 000, у цілому відповідає значенням висот SRTM. Середнє відхилення становить 0,69 м. Поза сумнівом відповідність висот була би ще кращою, як би топографічні вишукування відповідали у часі проведенню радарної зйомки поверхні Землі.

Отримана точність у цілому дозволяє використовувати дані SRTM в гідрологічних та гідрогеологічних розрахунках.

Подальші дослідження можуть полягати у використанні SRTM для створення ЦМР, з відповідною точністю, для побудови карт рівнів ґрунтових вод та встановлення площ підтоплення і поверхневого затоплення.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Державна науково-технічна програма розвитку топографо-геодезичної діяльності та національного картографування на 2003-2010 роки. <http://zakon.rada.gov.ua>.
2. Українська картографія сьогодні. <http://www.ukrmap.com.ua>.
3. Rodriguez, E., C.S. Morris, J. Belz, E. Chapin, J. Martin, W. Daffer, S. Hensley. An Assessment of the SRTM Topographic Products, Technical Report JPL D-31639, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, California. 2005. 143 p.
4. Карионов Ю.И. Оценка точности матрицы высот SRTM // Геопрофи. – 2010. – №10.-С.48-51.
5. A.K. Karwel, I. Ewiak, Estimation of the accuracy of the SRTM terrain model on the area of Poland, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B7. Beijing 2008, pp. 169–172.
6. Методика оцінки та прийняття рішень для захисту територій від підтоплення та затоплення / П.І. Ковальчук, С.А. Шевчук, В.П. Ковальчук, Т.О. Михальська, Т.В. Матяш, О.С. Демчук, О.М. Марків. – Київ-Херсон: Колос, 2010. – 44 с.

REFERENCES

- 1.State Scientific and Technical Program topography development activities and national mapping for 2003-2010 years /<http://zakon.rada.gov.ua>.
2. Ukrainian cartography today. <http://www.ukrmap.com.ua>.
3. Rodriguez, E., C.S. Morris, J. Belz, E. Chapin, J. Martin, W. Daffer, S. Hensley. An Assessment of the SRTM Topographic Products, Technical Report JPL D-31639, Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, California. 2005. 143 p.
4. Karionov Yu.V., Assessing the accuracy of the matrix Lift SRTM .Geoprofi. 2010. No.10. P.48-51. (Rus)
5. Karwel A.K., Ewiak I. Estimation of the accuracy of the SRTM terrain model on the area of Poland, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B7. Beijing 2008, P.169–172.
6. Kovalchuk P.I., Shevchuk S.A., Kovalchuk V.P., Mihalska T.V., Matyash T.V., Demchuk O.S., Markiv O.M. Methodology assessment and decision-making to protect areas from flooding and inundation. Kyev- Kherson:Kolos,2010. – 44P. (Ukr)

РЕФЕРАТ

Шевчук С.А. Перевірка висотної відповідності даних дистанційного зондування Землі топографічним картам для проведення гідрологічних та гідрогеологічних розрахунків / С.А. Шевчук, С.М. Ворошнов, О.М. Нестеренко // Вісник Національного транспортного університету. – К. : НТУ, 2013. – Вип. 28.

Розглянуто питання доцільності використання радарної топографічної зйомки SRTM для проведення гідрогеологічних розрахунків та вирішення прикладних задач, пов'язаних із захистом території від шкідливої дії води. Проведено розрахунки, які підтверджують відповідність даних ДЗЗ до топографічних карт крупного масштабу.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ВИСОТА, РЕЛЬЄФ, ТЕРИТОРІЯ, ТОПОГРАФІЯ, ГІДРОЛОГІЯ, ГІДРОГЕОЛОГІЯ.

ABSTRACTS

Shevchyk S.A., Voroshnov S.M., Nesterenko O.M. Checking of compliance altitude remote sensing of the Earth surface for topographic maps to conducting hydrological and hydrogeological calculations. Visnyk National Transport University. – Kyiv. National Transport University. 2013. – Vol. 28.

It is considered the issue of use practicability of SRTM radar topographical survey for hydrological computation performance and applied tasks solving related to the area protection against the harmful effects of water. Some calculations were made that prove conformity of remote sensing data to large-scale topographic maps.

KEYWORDS: LIFT, RELIEF, TERRITORY, TOPOGRAPHY, HYDROLOGY, HYDROGEOLOGY.

РЕФЕРАТ

Шевчук С.А. Проверка высотного соответствия данных дистанционного зондирования Земли топографическим картам для проведения гидрологических и гидрогеологических расчетов / С.А. Шевчук, С.Н Ворошнов, О.М. Нестеренко // Вестник Национального транспортного университета. – К. : НТУ, 2013. – Вып. 28.

Рассмотрены вопросы целесообразности использования радарной топографической съемки SRTM для проведения гидрогеологических расчетов и решения прикладных задач, связанных с защитой территории от вредного воздействия воды. Проведены расчеты, подтверждающие соответствие данных ДЗЗ и топографических карт крупного масштаба.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ВЫСОТА, РЕЛЬЕФ, ТЕРРИТОРИЯ, ТОПОГРАФИЯ, ГИДРОЛОГИЯ, ГИДРОГЕОЛОГИЯ.

АВТОРИ:

Шевчук Сергій Анатолієвич, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Інститут водних проблем і меліорації, завідувач відділу використання і охорони вод, e-mail: sergey_shevchuk@ukr.net, тел. +380501991151, Україна, 03022, м. Київ, вул. Васильківська, 37.

Ворошнов Сергій Миколайович, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, Інститут водних проблем і меліорації, провідний науковий співробітник, e-mail: voroshnov@mail.ru, тел. +380677097077, Україна, 03022, м. Київ, вул. Васильківська, 37.

Нестеренко Олена Михайлівна, Херсонський державний аграрний університет, асистент кафедри водопостачання, e-mail: Elena_markiv@mail.ru, тел. +38(0552) 414429, 73000, м. Херсон, вул. Р. Люксембург, 23.

AUTHORS:

Shevchuk Sergii A., Ph.D., senior researcher, Institute of Water Problems and Land Reclamation, head of the department use and conservation of water, e-mail: sergey_shevchuk@ukr.net, tel. +380501991151, 03022, Kyiv, Vasilkovskaya str. 37.

Voroshnov Sergii M., Ph.D., senior researcher, Institute of Water Problems and Land Reclamation, heading researcher, e-mail: voroshnov@mail.ru, tel. +380677097077, 03022, Kyiv, Vasilkovskaya str. 37.

Nesterenko Olena M., assistant of the department of water supply, Kherson State Agricultural University, e-mail: Elena_markiv@mail.ru, tel. +38(0552) 414429, Kherson, R. Luksemburg str. 23.

АВТОРЫ:

Шевчук Сергей Анатолієвич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Институт водных проблем и мелиорации, заведующий отделом использования и охраны вод, e-mail: sergey_shevchuk@ukr.net, тел. +380501991151, Украина, 03022, г. Киев, ул. Васильковская, 37.

Ворошнов Сергей Николаевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник Институт водных проблем и мелиорации, ведущий научный сотрудник, e-mail: voroshnov@mail.ru, тел. +380677097077, Украина, 03022, г. Киев, ул. Васильковская, 37.

Нестеренко Елена Михайловна, Херсонский государственный сельскохозяйственный университет, ассистент кафедры водоснабжения, e-mail: Elena_markiv@mail.ru, тел. +38(0552) 414429, 73000, г. Херсон, ул. Р. Люксембург, 23.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Ковальчук П.І., доктор технічних наук, професор, Інститут водних проблем і меліорації, Київ, Україна.

Ткачук С.Г., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, Київ, Україна.

REVIEWER:

Kovalchuk P.I., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, Institute of Water Problems and Land Reclamation, Kyiv, Ukraine.

Tkachuk S/G., Ph.D., Engineering (Dr.), professor, National Transport University, Kyiv, Ukraine.