

Практичні аспекти дистанційного зондування Землі дослідження причин водопроявів на ґрунтових гідротехнічних спорудах

Андрій ЗИГАР^{1*}  <https://orcid.org/0000-0002-3882-8829>

УДК 551.578.48; 528.952

АНАЛІТИЧНА СТАТТЯ

¹ Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, кафедра географії України та регіоналістики

Листування – *zyhar.andrii@chnu.edu.ua

Ключові слова: геоекологія, конструктивна географія, геосистеми, річково-басейнові системи, річково-долинний ландшафт, річкові природно-технічні системи, ландшафтно-технічні системи, ландшафтно-інженерні системи, ГІС-технології, Дністровська ГАЕС, дистанційне зондування землі, термомапа, ГНСС.

Анотація: Ця стаття присвячена застосуванню дистанційного зондування землі в контексті природно-технічної геосистеми Дністровської ГАЕС. Основний акцент робиться на використанні геоінформаційних систем (ГІС) і термографічних даних для визначення чинників, які можуть спричиняти аномальне теплове навантаження на гідротехнічні споруди. Дослідження направлене на виявлення та аналіз температурних градієнтів, які можуть впливати на появу теплових аномалій. Дослідження спрямоване на виявлення потенційних причин, механізмів і чинників, що впливають на водопрояви. Предметом аналізу також є взаємозв'язок між градієнтом температури на поверхні споруд і наявністю водопроявів, а також вплив температури, на геологічні, гідрологічні та інженерні системи конструктиву.

1. ВСТУП

Постановка проблеми. Власне, актуальність обраної тематики досліджень причин водопроявів на ґрунтових гідротехнічних спорудах зумовлена потребою забезпечення надійності та стійкості інженерних конструкцій, котрі мають важливе значення для водопостачання, енергетики, сільського господарства та екології. проблеми водопрояву можуть спричиняти серйозні наслідки, як-от пошкодження та руйнування споруд, збитки навколишньому середовищу, загрози безпеці населення та економічні втрати.

З інтенсивним зростанням будівництва гідротехнічних споруд та зміною кліматичних умов стає важливим розробляти ефективні методи дослідження та запобігання водопроявів. використання сучасних технологій, таких як аналіз термографічних даних саме, ГІС дає змогу точніше визначати місця водопроявів і виявляти їхні причини. це допомагає ефективніше оцінювати ризики, ухвалювати зважені рішення щодо укріплення та поліпшення інженерних споруд, а також знижувати потенційні загрози для довкілля та суспільства.

Так експлуатаційним персоналом у 2013 році, під час візуального обстеження огорожувальної дамби верхньої водойми Дністровської ГАЕС, виявив водопроявлення зі

2024, 847; DOI: <https://doi.org/10.31861/geo.2024.847.23-33>

 Open Access. © 2024 А. ЗИГАР

опубліковано у Чернівецькому національному університеті

Ця робота ліцензується відповідно до

CC BY-NC-ND із Зазначенням Авторства – Некомерційна – Без Похідних 4.0 Міжнародна



сторони низового укосу. Зони водопроявів мали розосереджений характер, в 90 % епізодів виявлення спостерігалися з боку південносхідної сторони захисної дамби, в 10 % випадках з південної (рис. 1).



Рис. 1. Контрастне фото локальної ділянки захисної дамби вид на південну сторону

Така ситуація спостерігалась впродовж всього терміну експлуатації, особливо інтенсивного просочування води відбувається в період весни, а саме: березень, квітень, травень. В місцях водопроявів з часом почали проявлятися вологолюбні рослини, такі як очерет та інші.

Дністровська ГАЕС (рис. 2) є ядром потужної природно-технічної геосистеми. Надзвичайно важливою проблемою є вивчення різних аспектів її функціонування у геоecологічному, конструктивно-географічному відношенні. Ця геосистема є важливою невіддільна (частина/ознака) складовою річкової басейнової системи Дністра загалом. У цьому відношенні її дослідження дають змогу оптимізувати плани управління річковим басейном. Для виконання цих досліджень у сучасних умовах доцільно і необхідно застосовувати ГІС-технології.



Рис. 2. Вид на верхню водойму дністровської ГАЕС
(Ukrhydroenergo ... 2024)

А. Зигар.

Практичні аспекти дистанційного зондування Землі
дослідження причин водопроявів на ґрунтових гідротехнічних спорудах

Формулювання цілей статті. Основною метою дослідження є розкриття можливостей використання методів ГІС, для виявлення та дослідження таких потужних потенційних чинників, як - градієнт температури, який може потенційно сприяти виникненню водопроявів на схилах огорожувальної дамби.

2. АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ, ПУБЛІКАЦІЙ, МАТЕРІАЛІВ І МЕТОДІВ

Аналіз недавніх публікацій, які використовують дані *Landsat 8*, показує, що значна увага дослідників зосереджена на вивченні індексу рослинності (NDVI), вмісту вологи в ґрунті, властивостей ґрунту та солоності ґрунту.

Вміст вологи у ґрунті: *Landsat 8* активно використовується для картування та моніторингу вологості ґрунту, що є критично важливим для розвитку сільського господарства та пом'якшення наслідків посух. В одному з досліджень показано, що спектральні співвідношення між інфрачервоними діапазонами *Landsat 8* мають сильний зв'язок із вологістю ґрунтів, що дозволяє точно визначати її розподіл на великих територіях (Ngo Thi et al. 2019).

Застосування *Landsat 8*, разом з даними інших супутників, таких як *Sentinel-2* та PRISMA, показало ефективність у визначенні таких властивостей ґрунту, як глина, пісок, суглинок та органічний вміст ґрунту (SOC). Ці властивості можуть бути точно визначені завдяки вдосконаленим моделям прогнозування, заснованим на даних з різних джерел (Mzid et al. 2022).

Особливу увагу в дослідженнях приділяється картуванню та моніторингу солоності ґрунтів у аридних регіонах. Застосування *Landsat 8* для цих цілей дозволяє швидко та відносно дешево оцінювати солоність ґрунтів, користуючись спектральними відображеннями та емпіричними моделями, заснованими на даних з супутників та зразках з місцевостей. Такий підхід значно покращує швидкість та знижує вартість традиційних земельних замірів (Günel et al. 2021).

Дистанційне зондування (ДЗ) визначається як процес або метод одержання інформації щодо об'єкта, ділянки поверхні або явища завдяки аналізу даних, отриманих без контакту з досліджуванним об'єктом (Wulder et al. 2008). Зміст цього методу ґрунтується на тлумаченні результатів виміру електромагнітного випромінювання, що віддзеркалюється чи випромінюється об'єктом і фіксується в деякій віддаленій від нього точці простору (Bala et al. 2020). За допомогою дистанційного зондування досліджують фізичні та хімічні характеристики об'єктів. Прикладами природних форм ДЗ є зір, нюх і слух людини. До методів дистанційного зондування належать і фотографічні знімки, істотним обмеженням яких є те, що емульсійний шар знімка чутливий тільки до випромінювання у видимій або близькій до неї частині електромагнітного спектра.

3. МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Методи ДЗ, обговорювані в цій роботі, базуються на застосуванні сенсорів, розміщених на космічних апаратах, які фіксують електромагнітне випромінювання у форматах, суттєво пристосованих для цифрової обробки, та в значно ширшому діапазоні електромагнітного спектра. У переважній більшості методів ДЗ використовують інфрачервоний діапазон відображеного випромінювання, тепловий інфрачервоний і радіодіапазон електромагнітного спектра.

Процес збору даних дистанційного зондування та їх використання в географічних інформаційних системах (ГІС) схематично представлений на (рис. 3).

Матеріали супутникового знімання мають корисну інформацію, одержану у різних спектральних діапазонах, та, окрім того, збережені в цифровому форматі. Оскільки космічні знімки покривають значні площі, їх можна використати для проведення регіональних тематичних досліджень та ідентифікації чималих просторових об'єктів, особливо структур рельєфу. Регулярне знімання територій дає можливість здійснювати моніторинг водних

А. Зигар.

Практичні аспекти дистанційного зондування Землі
дослідження причин водопроявів на ґрунтових гідротехнічних спорудах

ресурсів, агротехнічного стану сільськогосподарських культур, ерозії ґрунтів, розбудови інфраструктури міст й інших процесів, об'єктів та явищ, які змінюються внаслідок впливу природних й антропогенних чинників. Завдяки космічному зніманню досить легко одержати дані про важкодоступні ділянки.

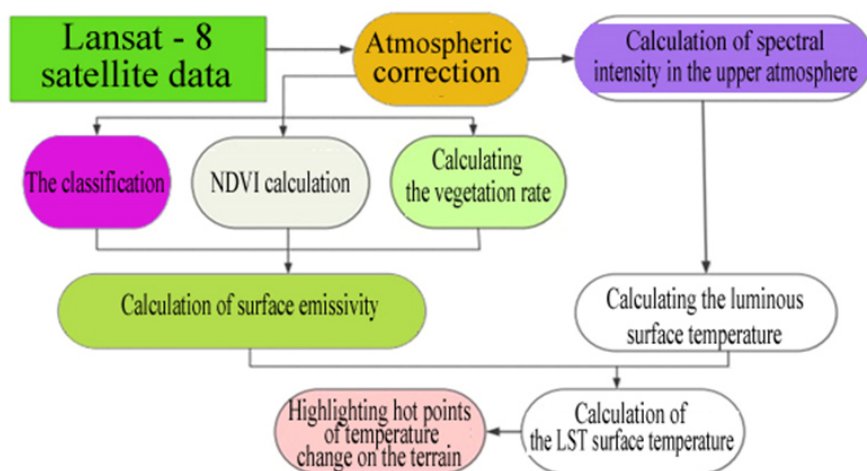


Рис. 3. Процес збирання даних дистанційного зондування та їх використання в географічних інформаційних системах (ГІС)

Іншою перевагою ДЗ є також здатність отримувати зображення з різною роздільною здатністю, що дозволяє використовувати дані ДЗ для вирішення різноманітних завдань у різних предметних сферах. Оскільки аналіз даних ДЗ здійснюється камерально, необхідно проводити менше польових робіт, що виправдовує видатки на придбання цих даних. Економічно вигідним є і застосування космічних зображень для швидкого оновлення середньо та дрібномасштабних карт.

Кольорові знімки, сформовані на базі даних ДЗ у трьох спектральних каналах, містять більше інформації, ніж окремі наземні аерофотознімки, а стереопари знімків надають змогу здійснювати тривимірний аналіз просторових об'єктів. І, зрештою, цифровий формат матеріалів ДЗ та використання комп'ютерів для обробки й аналізу забезпечують швидке одержання результатів (Achard, Lenot 2009). Крім переваг у даних дистанційного зондування є, звичайно ж, і недоліки.

Для їх опрацювання та аналізу потрібні дуже висока кваліфікація і великий практичний досвід. Використання таких даних стає економічно неефективним у разі одиничних досліджень невеликих територій. Космічні знімки не можна використовувати для створення планів в інженерних цілях.

Спочатку завантажуюмо набір даних *Landsat 8* (EarthExplorer 2024) в програмне середовище QGIS (Зацерковний та ін. 2018).

На другому етапі пропонуємо виконати атмосферну корекцію даних *Landsat 8* на основі розрахунку коефіцієнта відбиття. Коефіцієнт відбиття – це відношення загального випромінювання, відбитого від поверхні, до загального вхідного випромінювання (Зацерковний та ін. 2018):

$$p_{\lambda} = \frac{(L_{sat_{rat}} - L_{haze} 1\%) \cdot TT \cdot d^2}{E_{0\lambda} \cdot \cos \theta_s \cdot TAU_v \cdot TAU_z}, \quad (1)$$

А. Зигар.

Практичні аспекти дистанційного зондування Землі
дослідження причин водопроявів на ґрунтових гідротехнічних спорудах

де $L_{sat_{rat}}$ – це спектральне випромінювання для кожного каналу; L_{haze} – атмосферне спектральне випромінювання, розсіяне в напрямку датчика; TT – атмосферне пропускання світла від поверхні землі до датчика; $TAU_v = 1,0$ для *Landsat*; $Tau_z = \cos \theta_s$; $E_{0\lambda}$ – сонячне спектральне випромінювання поверхні, перпендикулярної до сонячних променів поза атмосферою.

Наступним етапом є розрахунок параметрів відбивної здатності та спектральної яскравості земної поверхні. Існуючі дослідження відзначають досить високу точність отриманих температурних даних для методів розрахунку випромінювальної здатності, що базуються на параметрі NDVI або класифікації поверхні (Achard, Lenot 2009). Остаточний вибір методу залежить від розв'язуваної задачі та її масштабу. У цьому дослідженні було обрано метод, заснований на контрольованій напівавтоматичній класифікації, завдяки його простоті, зрозумілості та більш точному контролю результату. Після проведеної атмосферної корекції обчислюється NDVI (Grigoraş, Urişescu 2018).

Далі обчислюється параметр P_v (Proportion of vegetation), який описує відсоток рослинності (Padró et al. 2018):

$$P_v = \left(\frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \right)^2, \quad (2)$$

Рис. 4. Таблиця запиту Atmospheric Correction Parameter Calculator

Для того, щоб отримати атмосферні параметри, які дадуть змогу порахувати LST за способом з атмосферою корекцією використано Atmospheric Correction Parameter Calculator (Barsi et al. 2003). Координати вказані для території, для якої проводяться розрахунки, важливо вказати температуру саме конкретної місцевості (не для центру сцени). Це 48,51834,

А. Зигар.

Практичні аспекти дистанційного зондування Землі
дослідження причин водопроявів на ґрунтових гідротехнічних спорудах

27,47451. За картою рельєфу та зведенням погоди на 3 березня 2018 року у місті Новодністровськ ([Novodnistrovsk ... 2024](#)) внесено в калькулятор параметри: Surface altitude 0,22 km, Surface pressure 1006 mb, Surface temperature – 10,9 °C ([рис. 4](#)) ([Atmospheric correction ... 2024](#)).

Результат запиту ([рис. 5](#)).

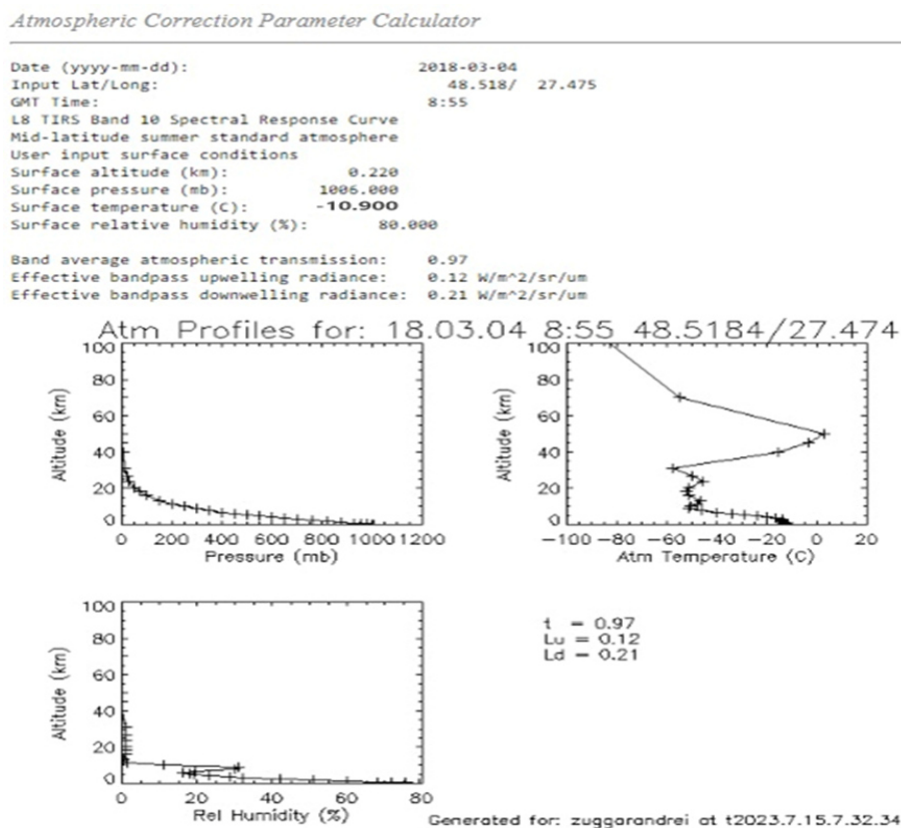


Рис. 5. Результати запиту до atmospheric correction parameter calculator

Отримуємо випромінювальну здатність поверхні землі G_E (Ground Emissivity):

$$G_E = \frac{L_u}{t \cdot L_d}, \quad (3)$$

де L_u – висхідна радіація (відбите випромінювання від Землі і спрямоване вгору атмосферу); L_d – вихідна радіація (випромінювання, що походить від атмосфери і спрямоване вниз до Землі); t – коефіцієнт атмосферної трансмісії.

$$G_E = \frac{0,12}{0,97 \cdot 0,21} = 0,59, \quad (4)$$

Для розрахунку температури земної поверхні використовуємо метод, запропонований в роботі ([Bhargava 2018](#)) на основі використання 10 каналу космічного знімку *Landsat 8*, так як 11 канал значно більше схильний до відблисків, засвітів і похибок датчика. Для обчислення

А. Зигар.

Практичні аспекти дистанційного зондування Землі
дослідження причин водопроявів на ґрунтових гідротехнічних спорудах

яскравісних температур поверхні використовується наступне рівняння (Lo et al. 1997; Tsou et al. 2017):

$$T = \frac{K_2}{\ln\left(\frac{K_2}{L_\lambda}\right) + 1} - 273,15, \quad (5)$$

де T – яскравісна температура у градусах Цельсія; K_1, K_2 – калібрувальні константи; L_λ – спектральна яскравість на верхній границі атмосфери.

В наступному етапі обчислюємо температуру земної поверхні (LST) (Padró et al. 2018; Zhou et al. 2018; Wang et al. 2019):

$$LST = \frac{T}{\left(1 + \left(\lambda + \frac{T}{c_2}\right) * \ln e\right)}, \quad (6)$$

де T – яскравісна температура поверхні; λ – довжина хвилі; $c_2 = h \cdot c / s$; h – постійна Планка; c – постійна Больцмана; s – швидкість світла.

4. РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

В результаті виконаної операції з урахуванням атмосферної корекції, проведено порівняння отриманих знімка, з вихідними, нескоригованими даними атмосфери (рис. 6), та знімка в якому застосована атмосферна корекція (рис. 7). Основну увагу приділено частоті спектральної щільності, які відбулися в результаті корекції. Оцінка цих змін допомагає виявити та інтерпретувати відмінності в розподілі радіаційних характеристик об'єктів на зображенні.

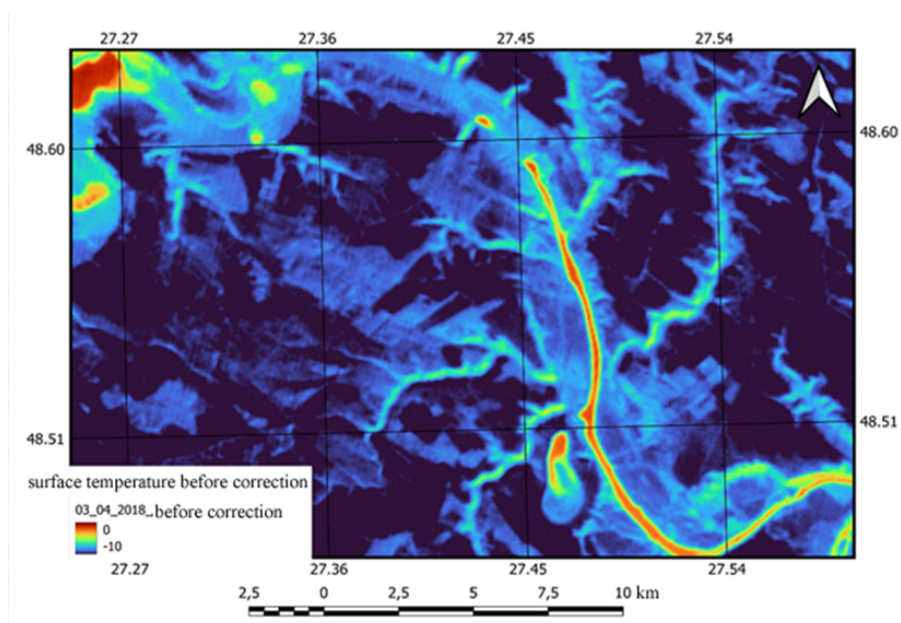


Рис. 6. Температурна мапа поверхні Землі до застосування атмосферної корекції

А. Зигар.

Практичні аспекти дистанційного зондування Землі
дослідження причин водопроявів на ґрунтових гідротехнічних спорудах

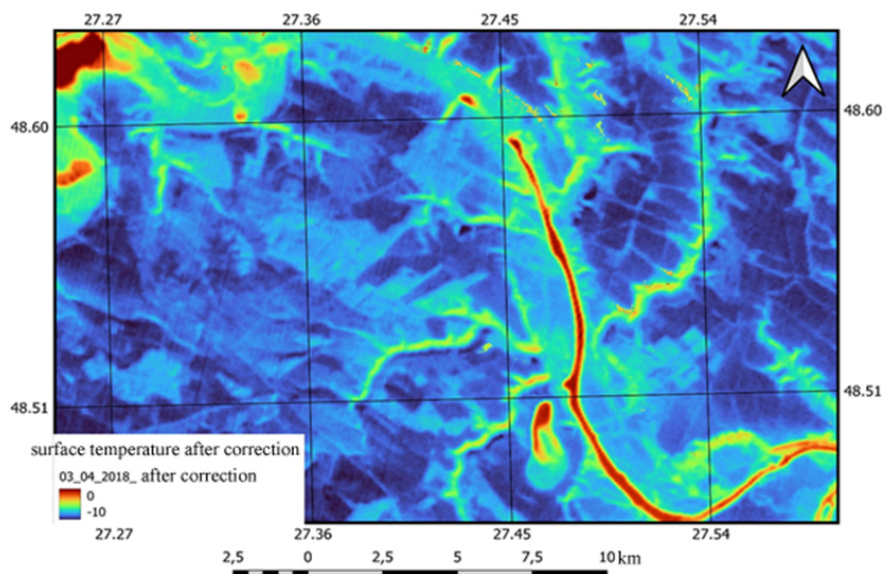


Рис. 7. Температурна мапа поверхні Землі після застосування атмосферної корекції

Для предметної оцінки результатів розглянемо графік спектральної щільності (рис. 8) до корекції, та графік після корекції (рис. 9).

По осі абсцис відкладено показники температури, по осі ординат частота градієнта температур.

Порівнявши два графіки спектрограм: один отримано з усієї сцени карти (рис. 8), а інший – тільки з локальної сцени термомапи (рис. 9).

Це дозволило нам проаналізувати вплив масштабу та охоплення даних на результати термографічного зображення.

З графіків видно, що спектрограма, побудована на основі всієї сцени карти, має ширший діапазон значень і загальне уявлення про температурні характеристики розглянутої області. Цей підхід дає змогу отримати загальну картину теплового розподілу та ідентифікувати різні зони з різними температурами. З іншого боку, спектрограма, побудована тільки на основі локальної сцени термомапи, фокусується на вузькій області та деталізує теплові характеристики цієї зони. Цей підхід особливо корисний під час аналізу конкретних об'єктів або ділянок, що цікавлять, що дає змогу виявити навіть незначні зміни температури.

Таким чином, порівняння цих двох графіків дає змогу оптимізувати методи дослідження теплових даних залежно від завдання. Використання загального спектра дає змогу отримати загальну картину, тоді як вузьке фокусування на локальній ділянці підвищує чутливість і роздільну здатність для детального аналізу. Залежно від конкретних цілей і вимог, такий підхід дає змогу досягти більш точних та інформативних результатів термографічного зображення.

У результаті термографічного аналізу (рис. 10) вдалося отримати важливу інформацію про теплове поле дамби.

Термомапи дали нам змогу проаналізувати розподіл температур на поверхні дамби і виділити ділянки з відмінними тепловими характеристиками. З отриманих термомап стало зрозуміло, що на поверхні дамби спостерігаються відмінності в температурах, що може вказувати на наявність ділянок з одностороннім нагріванням. Саме південно - східна сторона захисної дамби отримує найбільше теплової сонячної енергії.

А. Зигар.

Практичні аспекти дистанційного зондування Землі
дослідження причин водопроявів на ґрунтових гідротехнічних спорудах

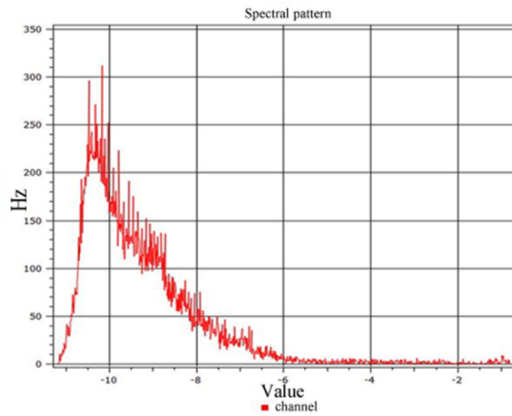


Рис. 8. Спектрограма до введення атмосферної корекції

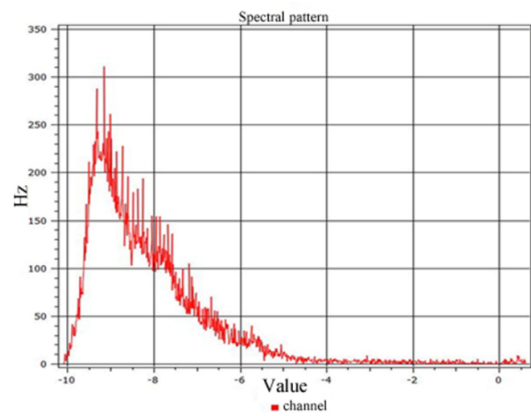


Рис. 9. Спектрограма після введення атмосферної корекції

Ці зони можуть бути застережливими сигналами можливих проблем у конструкції або структурі дамби.

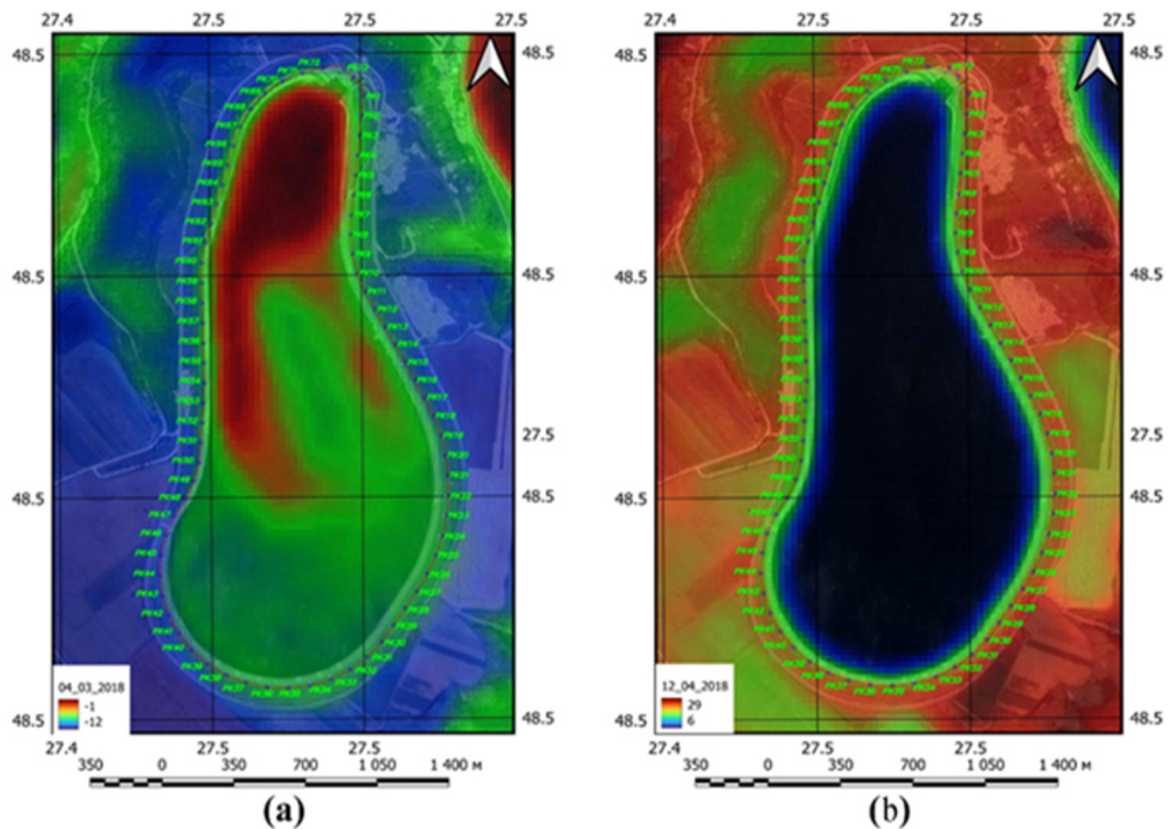


Рис. 10. Термомапа розподілу тепла на поверхні огорожувальної дамби
а) – 04.03.2018 рік б) – 12.04.2018 рік (Zyhar et al. 2023)

5. ВИСНОВКИ

Основою для досліджень слугували знімки виконані американським супутником дистанційного зондування Землі, *Landsat-8* (Landsat 8 ... 20243).

А. Зигар.

Практичні аспекти дистанційного зондування Землі
дослідження причин водопроявів на ґрунтових гідротехнічних спорудах

Завдяки вбудованому тепловому інфрачервоному сенсору супутник місії *Landsat-8*, дозволяє реєструвати теплове випромінювання, що випромінюється з поверхні землі.

Огороджувальна дамба верхньої водойми Дністровської ГАЕС, піддається нерівномірному нагріву, спричиненого прямим сонячним випромінюванням впродовж року.

У підсумку чого, доцільно припустити, що в локальних ділянках формуються зони статичного напруження, які потенційно в сумі з іншими факторами, можуть призводити до деформації проектного профілю конструкції.

Також нерівномірна швидкість нагріву після зими активізує швидке розмерзання води, яка накопичується впродовж року в товщі водотривких шарів насипу дамби. Тому особливо виразно процес водопроявлення характерний для вестяної пори року.

ПОДЯКИ

Окрема подяка ТОВ «Укргідропроект» за цінні зауваження та пропозиції, які зробили внесок у поліпшення цього дослідження.

ЛІТЕРАТУРА

1. Зацерковний, В. І., Оберемок, Н. В., & Березіна, П. О. (2018). Просторово-часовий аналіз «островів тепла» мегаполіса за супутниковими знімками Landsat. *Наукоємні технології*, 1(37), 106-113. [Zatserkovnyi, V. I., Oberemok, N. V., & Berezina, P. O. (2018). Prostorovo-chasovyi analiz «ostroviv tepla» mehapolisa za suputnykovymi znimkami Landsat. *Naukoiemni tekhnolohii*, 1(37), 106-113.] <https://doi.org/10.18372/2310-5461.37.12377>
2. Achard, V., & Lenot, X. (2009, August). Atmospheric and topographic corrections for hyperspectral imagery. In *2009 First Workshop on Hyperspectral Image and Signal Processing: Evolution in Remote Sensing* (pp. 1-4). IEEE. <https://doi.org/10.1109/whispers.2009.5289098>
3. Bala, R., Prasad, R., & Yadav, V. P. (2020). Thermal sharpening of MODIS land surface temperature using statistical downscaling technique in urban areas. *Theoretical and Applied Climatology*, 141(3-4), 935-946. <https://doi.org/10.1007/s00704-020-03253-w>
4. Barsi, J. A., Barker, J. L., & Schott, J. R. (2003). An atmospheric correction parameter calculator for a single thermal band earth-sensing instrument. In *IGARSS 2003. 2003 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium. Proceedings (IEEE Cat. No. 03CH37477)* (Vol. 5, pp. 3014-3016). IEEE. <https://doi.org/10.1109/igarss.2003.1294665>
5. Bhargava, A. (2018). Effects of albedo in urban planning – special reference to building roofs. *Examines in Marine Biology & Oceanography*, 1(2), 6-7. <https://doi.org/10.31031/eimbo.2018.01.000506>
6. Grigoraș, G., & Urițescu, B. (2018). Spatial hotspot analysis of bucharest's urban heat island (UHI) using modis data. *Annals of Valahia University of Targoviste, Geographical Series*, 18(1), 14-22. <https://doi.org/10.2478/avutgs-2018-0002>
7. Günal, E., Wang, X., Kilic, O. M., Budak, M., Al Obaid, S., Ansari, M. J., & Brestic, M. (2021). Potential of Landsat 8 OLI for mapping and monitoring of soil salinity in an arid region: A case study in Dushak, Turkmenistan. *Plos one*, 16(11), e0259695. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0259695>
8. Lo, C. P., Quattrochi, D. A., & Luvall, J. C. (1997). Application of high-resolution thermal infrared remote sensing and GIS to assess the urban heat island effect. *International Journal of Remote Sensing*, 18(2), 287-304. <https://doi.org/10.1080/014311697219079>
9. Mzid, N., Castaldi, F., Tolomio, M., Pascucci, S., Casa, R., & Pignatti, S. (2022). Evaluation of agricultural bare soil properties retrieval from landsat 8, sentinel-2 and PRISMA satellite data. *Remote Sensing*, 14(3), 714. <https://doi.org/10.3390/rs14030714>
10. Ngo Thi, D., Ha, N. T. T., Tran Dang, Q., Koike, K., & Mai Trong, N. (2019). Effective band ratio of landsat 8 images based on VNIR-SWIR reflectance spectra of topsoils for soil moisture mapping in a tropical region. *Remote Sensing*, 11(6), 716. <https://doi.org/10.3390/rs11060716>
11. Padró, J.-C., Muñoz, F.-J., Ávila, L., Pesquer, L., & Pons, X. (2018). Radiometric correction of landsat-8 and sentinel-2a scenes using drone imagery in synergy with field spectroradiometry. *Remote Sensing*, 10(11), 1687. <https://doi.org/10.3390/rs10111687>
12. Tsou, J., Zhuang, J., Li, Y., & Zhang, Y. (2017). Urban heat island assessment using the landsat 8 data: A case study in shenzhen and hong kong. *Urban Science*, 1(1), 10. <https://doi.org/10.3390/urbansci1010010>

А. Зигар.

Практичні аспекти дистанційного зондування Землі
дослідження причин водопроявів на ґрунтових гідротехнічних спорудах

13. Wang, W., Liu, K., Tang, R., & Wang, S. (2019). Remote sensing image-based analysis of the urban heat island effect in Shenzhen, China. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts a/B/C*, (110), 168-175. <https://doi.org/10.1016/j.pce.2019.01.002>
14. Wulder, M. A., Ortellepp, S. M., White, J. C., & Maxwell, S. (2008). Evaluation of Landsat-7 SLC-off image products for forest change detection. *Canadian Journal of Remote Sensing*, 34(2), 93-99. <https://doi.org/10.5589/m08-020>
15. Zhou, D., Xiao, J., Bonafoni, S., Berger, C., Deilami, K., Zhou, Y., Froking, S., Yao, R., Qiao, Z., & Sobrino, J. (2018). Satellite remote sensing of surface urban heat islands: Progress, challenges, and perspectives. *Remote Sensing*, 11(1), 48. <https://doi.org/10.3390/rs11010048>
16. Zyhar, A., Zayats, I., & Zakrevskyi, O. (2023). GIS-Oriented Approach to Analyzing the Causes of Water Displays on Hydraulic Structures. In *International Conference of Young Professionals «GeoTerrace-2023»* (Vol. 2023, No. 1, pp. 1-5). European Association of Geoscientists & Engineers. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2023510037>

ІНФОРМАЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА

17. *Atmospheric correction parameter calculator* (2024). [Джерело](#)
18. EarthExplorer (USGS) (2024). [Джерело](#)
19. *Landsat 8 | landsat science* (2024). Landsat Science | A joint NASA/USGS Earth observation program. [Джерело](#)
20. *Novodnistrovsk, Chernivtsi, Ukraine Weather Radar* (2024). AccuWeather. [Джерело](#)
21. *Ukrhydroenergo. Ukrhydroenergo is the largest hydropower-generating company in Ukraine* (2024). [Джерело](#)

A. Zygar

The practical aspects of remote land sensing study of the causes of water penetration on ground hydraulic structures

Keywords: geoecology, constructive geography, geosystems, river-basin systems, river-valley landscapes, river natural and technical systems, landscape technical systems, landscape engineering systems, GIS technologies, Dniester PSPP, remote sensing, thermo map, GNSS.

Abstract: This article is devoted to the application of remote sensing in the context of the natural and technical geosystem of the Dniester PSPP. The main emphasis is placed on the use of geographic information systems (GIS) and thermographic data to determine the factors that may cause abnormal thermal load on hydraulic structures. The study is aimed at identifying and analysing temperature gradients that may influence the occurrence of thermal anomalies. The study is aimed at identifying potential causes, mechanisms and factors affecting water manifestations. The subject of the analysis is also the relationship between the temperature gradient on the surface of structures and the presence of water leakage, as well as the impact of temperature on geological, hydrological and engineering systems of the structure. The analysis process is based on the interpretation of thermographic data reflecting the local heating of the surface of the hydraulic structure and the geotechnical characteristics of the soils, taking into account the design features of the hydraulic structure. The research provides valuable insights that can be used to optimise the design and construction of earthen dams. Analysis of thermal processes is an important step in understanding and predicting their impact on the geological structure and hydrogeological properties of the environment. Man-made soils placed in the protective layers of a dam are subject to significant uneven heating.

А. Зигар.

Практичні аспекти дистанційного зондування Землі
дослідження причин водопроявів на ґрунтових гідротехнічних спорудах