

УДК 528.482.4:004.925

**МОДЕЛЮВАННЯ ДЕФОРМАЦІЙ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД НА ОСНОВІ
ДАНИХ ГЕОДЕЗИЧНОГО МОНІТОРИНГУ**

Нестеренко С.В., PhD, доцент

*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія
Кондратюка»*

ab.Nesterenko_SV@nupr.edu.ua

Актуальність визначення деформацій інженерних споруд, зокрема вертикальних, зумовлена необхідністю забезпечення їхньої конструктивної стійкості та безпечної експлуатації. Навіть незначні вертикальні зміщення можуть спричинити деформацію несучих елементів і, як наслідок, призвести до часткової або повної втрати експлуатаційної придатності споруди. Систематичний контроль зміщень дає змогу своєчасно виявляти потенційно небезпечні процеси на ранніх етапах, запобігати аваріям та мінімізувати витрати на ремонт.

Вертикальні деформації інженерних споруд визначаються на основі даних геодезичного моніторингу. Вибір технології спостережень залежить від умов їх проведення та наявного матеріально-технічного забезпечення. Сучасні геодезичні засоби дають змогу отримувати результати з високою точністю. Для підвищення достовірності доцільно застосовувати комплексний моніторинг, поєднуючи наземні методи з технологіями дистанційного зондування [1]. Точність радіолокаційних спостережень залежить від обраної технології InSAR і може досягати 1 мм [2]. При використанні диференціальної інтерферометрії DInSAR можливе попіксельне визначення вертикальних деформацій. На основі отриманих даних у програмному середовищі SNAP формується карта вертикальних зміщень [3]. Технологія DInSAR забезпечує міжпіксельну роздільну здатність приблизно 2,3 м у напрямку дальності та 14,1 м у напрямку азимуту [4] за вимірними незначними переміщеннями вздовж лінії зору супутника (LOS).

Для оцінювання стану окремих інженерних споруд доцільно застосовувати точкові технології, зокрема PSInSAR. Це вдосконалений метод інтерферометрії, призначений для високоточного моніторингу деформацій поверхні. Метод ґрунтується на аналізі серії супутникових радарних знімків (SAR) з виділенням постійних розсіювачів (PS) – точок, що зберігають стабільні радіолокаційні характеристики протягом тривалого часу [5].

Для моделювання карти ізоліній середньорічних вертикальних швидкостей зміщень (СВШЗ) було обрано греблю Кременчуцької ГЕС. У результаті опрацювання супутникових знімків методом PSInSAR за період з 08.01.2024 по 02.01.2025 отримано набір оцифрованих точок із даними про вертикальні зміщення. Подальше моделювання виконано у програмному середовищі Surfer (рис. 1) – спеціалізованому програмному забезпеченні для геоінформаційного та картографічного моделювання, яке дозволяє створювати тривимірні поверхні, карти ізоліній і контурні карти, моделювати рельєф та здійснювати аналіз просторових даних.

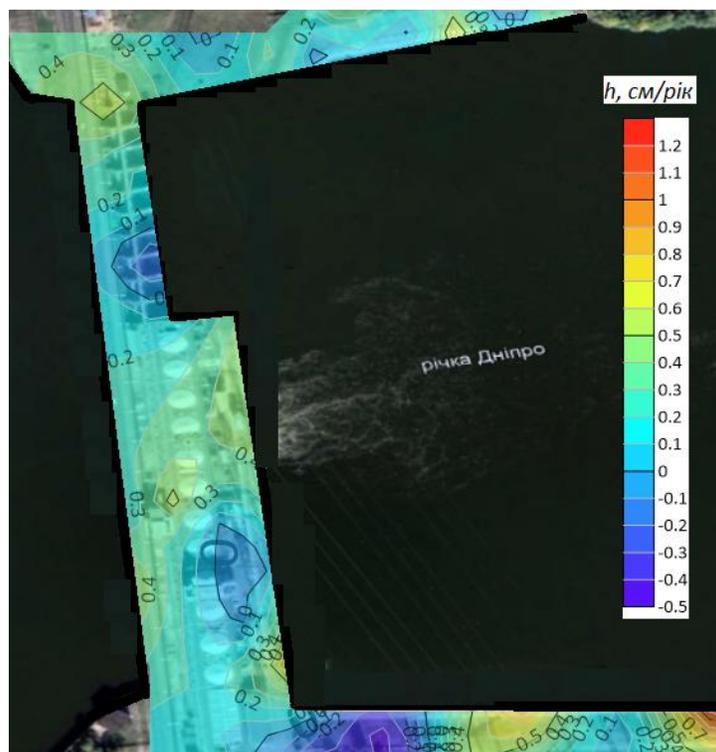


Рис. 1. Карта ізоліній СВШЗ Кременчуцької ГЕС за 2024 рік

Змодельована карта відображає розподіл вертикальних деформацій інженерної споруди, виділяючи ділянки та елементи, де значення наближаються до критичних рівнів. Використання дистанційних технологій дозволяє аналізувати тривалі часові періоди, починаючи з 2018 року, що дає змогу оцінювати тенденції деформацій та прогнозувати можливі руйнівні процеси.

Література

1. Nesterenko S., Kliepko A. Geodetic monitoring of the Kaniv HPP dam using satellite radar. International Scientific and Technical Conference of Young Professionals GeoTerrace–2022. European Association of Geoscientists & Engineers, 2023. P. 1-5. URL: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022590018>
2. Application of DInSAR Technique to High Coherence Sentinel-1 Images for Dam Monitoring and Result Validation Through In Situ Measurements / S. L. Ullo et al. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing. 2019. Vol. 12, no. 3. P. 875–890. URL: <https://doi.org/10.1109/jstars.2019.2896989>
3. SAR Basics Tutorial. Sentinel-1 Toolbox. <https://step.esa.int/docs/tutorials/S1TBX%20SAR%20Basics%20Tutorial.pdf>
4. S1 Products. SentiWiki Home. URL: <https://sentiwiki.copernicus.eu/web/s1-products#S1-Products-Level-0-Products>
5. Bouali E. H., Oommen T., Escobar-Wolf R. Mapping of slow landslides on the Palos Verdes Peninsula using the California landslide inventory and persistent scatterer interferometry. Landslides. 2017. Vol. 15, no. 3. P. 439–452. URL: <https://doi.org/10.1007/s10346-017-0882-z>