

С.Ю. Шара, І.В. Ткаченко

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

ГІС-МОНІТОРИНГ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД БАСЕЙНУ ДНІПРА

ГІС-аналіз берегів водосховища указує на втрати за рахунок розмиву 6520 га земель по Україні, в тому числі 2006 га по Кременчуцькому водосховищу. У водосховищах укріплено лише 147,7 км берегів, неукріплено 939 км, які піддаються розмиву. За 30 років площа Кременчуцького водосховища зменшилась на 9086,03 га.

Ключові слова: поверхневі води, ГІС-аналіз, водні директиви, дистанційне зондування, Кременчуцьке водосховище, Дніпро.

Постановка проблеми

Моніторинг вітрохвильового розмиву (абразії) берегів басейну Дніпра є дуже важливим, адже через постійний розмив берег поступово відступає, це може спричинити втрату земель і загрожувати інфраструктурі. Можуть сформуватись абразійні форми рельєфу, такі, як скелі, урвища, морські тераси, ніші та платформи. Руйнування природних середовищ проживання, зокрема піщаних пляжів та дюн, може негативно вплинути на флору і фауну. Розмив берегу збільшує кількість завислих частинок у воді, що впливає на якість води та екосистеми (підвищення мутності води).

Моніторинг рівня хлорофілу у воді є важливою складовою забезпечення якісної питної води. Концентрація хлорофілу у воді є важливим індикатором наявності фітопланктону, який прямо впливає на якість питної води. Високий рівень хлорофілу зазвичай свідчить про цвітіння води, спричинене масовим розмноженням водоростей, що може мати такі наслідки: погіршення смаку та запаху (масове розмноження водоростей може виділяти речовини, які створюють неприємний смак і запах води); утворення токсинів (деякі види синьо-зелених водоростей продукують токсини: ціанотоксини, які можуть бути небезпечними для здоров'я людини); збільшення кількості органічних речовин (розпад водоростей додає у воду органічні речовини, які можуть реагувати з дезінфікуючими засобами, утворюючи побічні продукти, наприклад тригалометани, ці речовини є канцерогенними); зменшення концентрації кисню (розкладання водоростей споживає кисень, що може призводити до анаеробних умов у воді, погіршуючи її якість); ускладнення процесу очищення (велика кількість водоростей створює навантаження на очисні

споруди, підвищуючи вартість очищення води та знижуючи ефективність фільтрації).

Моніторинг площі водних об'єктів дозволяє своєчасно виявляти загрози та впроваджувати ефективні заходи для збереження водних ресурсів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Геоінформаційний моніторинг поверхневих вод є важливим напрямом наукових досліджень, що поєднує використання геоінформаційних систем (ГІС) та дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) для оцінки та управління якістю водних ресурсів. Нижче представлено огляд ключових наукових досліджень у цій галузі.

Дмитро Крета, Вікторія Клименко та Євгенія Анпілова аналізують методи, що дозволяють виявляти закономірності змін якості ґрунтів та поверхневих водних об'єктів. Вони побудували картографічні моделі оцінки якості, базуючись на сучасних засобах ГІС та методах ДЗЗ, що дозволяє ефективно аналізувати просторовий розподіл забруднень та приймати обґрунтовані рішення щодо управління водними ресурсами [1].

Моніторинг поверхневих вод, згідно ст. 16 Водного кодексу України та Постанов Кабміну Міністрів України №758 від 19.09.2018 року «Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод», №391 від 30.03.1998 року «Про державну систему моніторингу довкілля» повинен здійснюватися згідно Програм державного моніторингу вод [2].

В аналітичній записці щодо стану та перспектив розвитку державної системи моніторингу довкілля підготовленої Командою підтримки реформ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України вказано, що однією з ключових складових системи екологічної та соціально-економічної безпеки держави є

моніторинг, облік і контроль за станом довкілля та природно-ресурсного потенціалу. В умовах посилення глобальних загроз, спричинених зміною клімату, зростанням ризиків виникнення природних катастроф (таких як паводки, повені та посухи), дефіцитом природних ресурсів, забрудненням середовища існування людини, флори та фауни, а також активним розвитком інформаційних технологій, особливої актуальності набуває ухвалення своєчасних і оптимальних рішень у сфері охорони навколишнього середовища [3].

Юрій Свиридов в своїй дисертаційній роботі виконав комплексну оцінку та прогнозування якості води української частини річки Дунай з використанням геоінформаційних технологій [4].

Загалом, сучасні наукові дослідження в галузі геоінформаційного моніторингу поверхневих вод спрямовані на інтеграцію різних методів та технологій для забезпечення комплексної оцінки стану водних екосистем. Використання ГІС та ДЗЗ, поєднане з біологічними та хімічними методами моніторингу, дозволяє отримувати детальну інформацію про якість води та ефективно управляти водними ресурсами.

Формулювання мети статті

Метою статті є геоінформаційний моніторинг змін поверхневих вод басейну Дніпра. Задачами дослідження є: ГІС-аналіз зміни берегів і дна Кременчуцького водосховища; визначення кореляції між температурою води у Кременчуцькому водосховищі та концентрацією хлорофілу; визначення зміни площі Кременчуцького водосховища з часом.

Виклад основного матеріалу

Водна стратегія України визначає серед основних причин виникнення проблем у водному секторі недостатню регламентацію нормативів екологічної безпеки водокористування та екологічних стандартів якості поверхневих і підземних вод, а також відсутність ефективного контролю за засміченням і забрудненням водних об'єктів. У зв'язку з цим наголошується на необхідності системного вдосконалення факторного аналізу та моніторингу стану водних ресурсів України.

В Україні моніторинг поверхневих вод проводиться за басейновим принципом, у якому задіяно 27 лабораторій. Спостереження здійснюються у 436 створах, розташованих на 170 річках, 29 зрошувальних системах, одному лимані та 11 каналах. Загалом щороку відбирається та аналізується понад 100 тисяч проб і вимірювань стану поверхневих вод.

Із дев'яти річкових басейнів, що охоплюють територію України, найбільшу площу займає басейн річки Дніпро, який є основним водним ресурсом країни.

Моніторинг вод в Україні регулюється Водним Кодексом та рядом законодавчих актів і Постановами Уряду України [2, 5, 6].

Державний моніторинг вод здійснюється за участю Міндовкілля, Держводагентства, Держгеонадр та ДСНС, при цьому загальну координацію забезпечує Міндовкілля. Воно також відповідає за розробку та затвердження Програм державного моніторингу вод [6].

Водна стратегія України, затверджена Кабінетом Міністрів України 9 грудня 2022 року на період до 2050 року, передбачає повну імплементацію національного законодавства відповідно до вимог ЄС до 2024 року, зокрема у сфері моніторингу водних ресурсів та досягнення їх «доброго» екологічного стану [10].

Водна стратегія окреслила проблеми у сфері водних ресурсів та їх охорони в Україні, зокрема зазначивши, що більшість поверхневих водних масивів, особливо штучних і суттєво змінених, перебувають у «задовільному», «поганому» або «дуже поганому» екологічному стані. До таких масивів належить і Кременчуцьке водосховище [10].

Водосховища України, зокрема Кременчуцьке, забезпечують питною водою значну частину населення країни та характеризуються високим рівнем органічних і біологічних речовин, а також перевищенням нормативних показників заліза і марганцю у воді.

Моніторинг довкілля – це система спостережень і контролю за природними та природно-антропогенними комплексами, а також процесами, що в них відбуваються, спрямована на раціональне використання природних ресурсів і охорону навколишнього середовища [16].

В Україні моніторинг водного фонду є частиною державного моніторингу навколишнього середовища та включає такі напрями: спостереження за поверхневими водами; станом берегів, дна, гідротехнічних споруд і водоохоронних зон; підземними водами; морськими водами; а також водоспоживанням і водовідведенням.

Особливої уваги науковців потребує взаємозв'язок екологічного стану земель і поверхневих вод. Відтак, моніторинг стану земель України та басейну Дніпра здійснюється через систему спостережень за земельним фондом, порядок якої затверджений Постановою КМ України від 20.08.1993 №661 [8].

Якісні характеристики, стан і рівень забруднення земель безпосередньо впливають на якість і стан поверхневих вод, і навпаки.

Моніторинг земель дозволяє досліджувати зміни, оцінювати їх вплив, а також запобігати або усувати наслідки забруднення вод та інших негативних процесів.

Моніторинг земель і вод здійснюють не лише державні виконавчі органи, а й Національна академія наук, Національне космічне агентство, органи місцевого самоврядування та громадські організації.

Очищення та контроль стоків дощових і талих вод, що надходять із населених пунктів і сільськогосподарських угідь (дифузійне забруднення), набувають особливої актуальності. Попри значний вплив такого забруднення, в Україні лише розпочато розробку методики його оцінки. Для басейну Дніпра особливо гострою проблемою є поширення шламів та бурових розчинів із «амбарів» на майданчиках розвідувальних і видобувних свердловин нафтогазових підприємств, стоки зі ставка-випарника, наявність численних скотомогильників і хвостосховищ, понад трьох тисяч покинутих свердловин колишніх сільськогосподарських підприємств, а також неконтрольоване внесення мінеральних добрив на полях. За останнє десятиліття рівень нітратного забруднення питної води в колодязях на Полтавщині зріс у десять разів.

Потреба в комплексному моніторингу водних і земельних ресурсів зростає через зневоднення степових і лісостепових регіонів України та процеси опустелювання. Наразі території сухої та дуже сухої зони охоплюють 7% країни, що становить 11,6 млн га орних земель.

Негативний вплив на водосховища справляє вітрохвильовий розмив (абразія) берегів. ГІС аналіз берегів водосховища указує на втрати, за рахунок розмиву 6520 га земель по Україні, в тім числі 2006 га по Кременчуцькому водосховищу. У водосховищах укріплено лише 147,7 км берегів, неукріплено 939 км, які піддаються розмиву. У Кременчуцьке водосховище за 60 років змито більше 100 млн. м³ ґрунту, піску, глини, що суттєво сприяло замуленню дна.

Дистанційне зондування земної поверхні в частині Кременчуцького водосховища, дозволяє: проводити моніторинг площі (інвентаризацію); постійно спостерігати за станом дамб, берегових ліній; вивчити руслові процеси і стан дна; оцінити екологічний стан джерел забруднення, та біоресурсів; моніторинг стану водосховища в зонах забудов; моніторинг мілин, наносів, островів.

Особливо перспективним виглядає використання даних дистанційного зондування

землі, як із космосу (ДЦЗЗ), так і з використанням безпілотних літальних апаратів та лідарів.

За допомогою візуалізації супутникових даних на порталі Giovanni [21, 22] проаналізовано зв'язок (кореляцію) між температурою води у Кременчуцькому водосховищі та концентрацією хлорофілу (показником кількості фотосинтезуючих мікроорганізмів у водному середовищі, цвітіння водойм). Спочатку була створена карта середнього значення концентрації хлорофілу за літні місяці у 2020–2023 рр. (рис.2), за якою видно, що в південно-східній частині водосховища, в місцях де невеликі глибини (1 – 2 м), найбільша концентрація хлорофілу. В місцях, де глибина сягає більше 10 м – концентрація хлорофілу незначна. Потім була створена карта середнього значення температури поверхні води за літні місяці у 2020–2023 рр. (рис. 3). Бачимо, що влітку температура води в Кременчуцькому водосховищі перевищує 24°C, на мілинах спостерігається навіть підняття температури води до 30°C. Маючи дві карти була побудована карта та графік залежності (кореляції) між значеннями концентрації хлорофілу і температури поверхні води за літні місяці 2020 – 2023 рр. (рис.4, 5). Бачимо, що залежність даних показників висока в південній частині водосховища (сягає 0,6 – 0,8), там спостерігається висока температура та висока концентрація хлорофілу. Середній коефіцієнт кореляції для всієї території Кременчуцького водосховища становить 0,38, що вказує на значну залежність показників, тобто концентрація хлорофілу збільшується при підвищенні температури води водосховища. Для підтвердження результатів дослідження, візьмемо більший проміжок часу для аналізу – 20 років (з 2002 по 2023 рр.) та побудуємо графік кореляції між концентрацією хлорофілу і температурою поверхні води в Кременчуцькому водосховищі (рис. 6). Середній коефіцієнт кореляції для всієї території Кременчуцького водосховища становить 0,40. Отже, за більший проміжок часу бачимо збільшення коефіцієнту кореляції.

Для визначення контурів берегової лінії водосховища нами використовувались знімки за липень 2024 р (Sentinel-2) та липень 1994 р. (Landsat_4-5) з EO Browser [23], за допомогою яких ми формуємо прогноз та характер змін. Для визначення об'єктів відкритих водних просторів та їх виділення на супутниковому знімку на тлі ґрунту та рослинності налаштуємо відображення нормалізованого диференційного індексу вологості (Normalized Difference Water Index – NDWI) та завантажимо 2 знімки за 2024 та 1994 роки (рис. 7, 8).

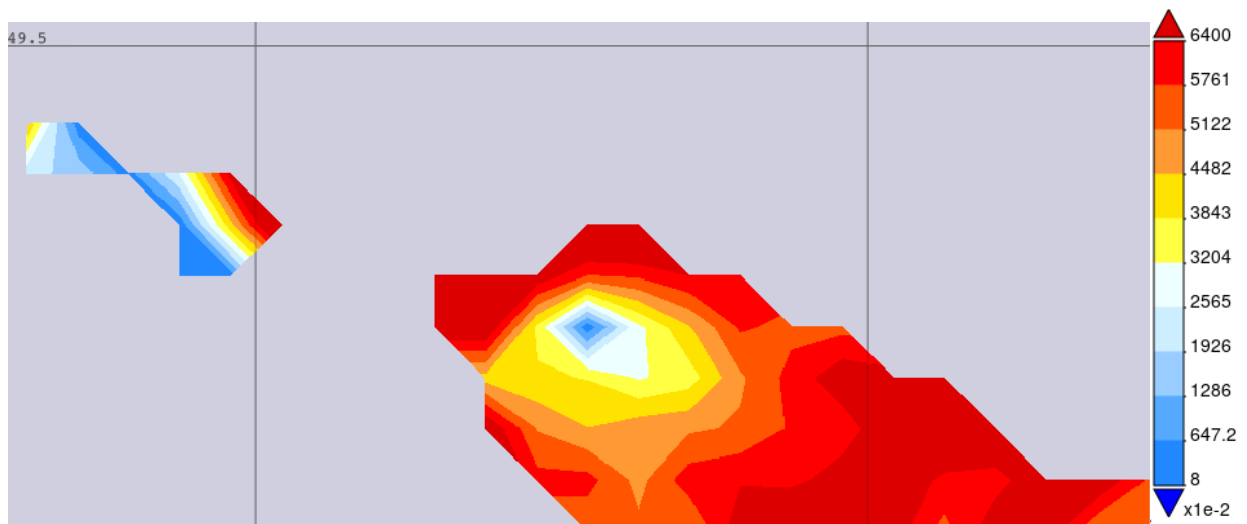


Рис. 1. Карта середньої концентрації хлорофілу в воді (мг/м³) в Кременчуцькому водосховищі за літні місяці 2020 – 2023 рр. (MODIS-Aqua MODISA_L3m_CHL vR2022.0)

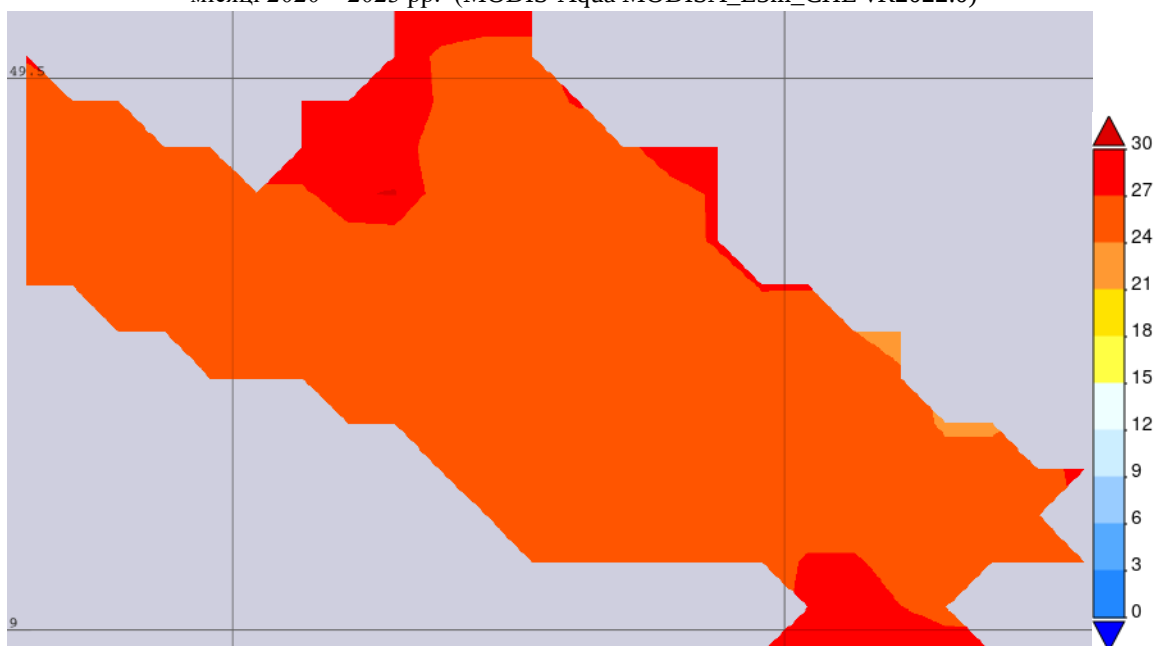


Рис. 2. Карта температури поверхні води (°C) в Кременчуцькому водосховищі за літні місяці 2020 – 2023 рр. (MODIS-Aqua MODISA_L3m_SST_Monthly_4km vR2019.0)

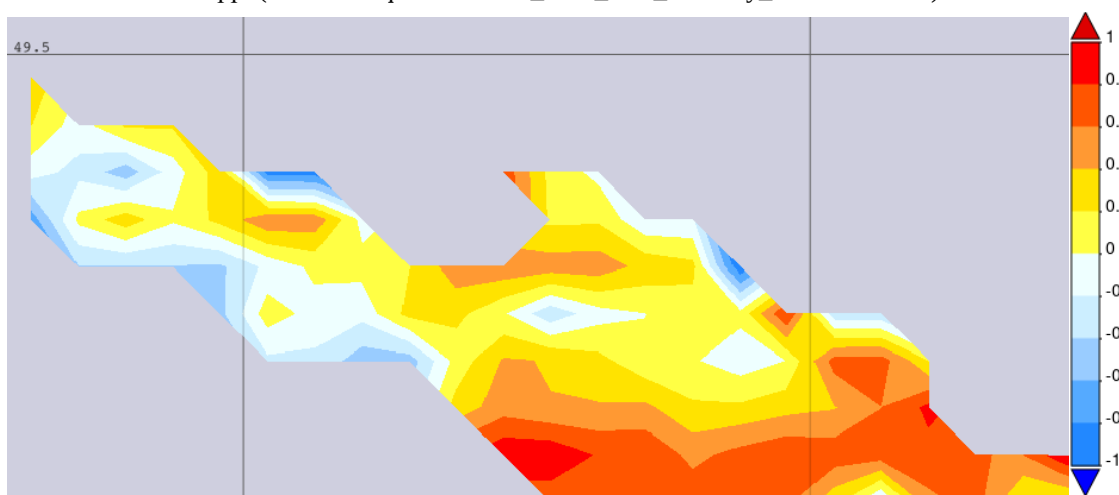


Рис. 3. Карта кореляції між температурою поверхні води та концентрацією хлорофілу в воді за літні місяці 2020 – 2023 рр. (MODIS-Aqua MODISA_L3m_CHL vR2022.0; MODIS-Aqua MODISA_L3m_SST_Monthly_4km vR2019.0)

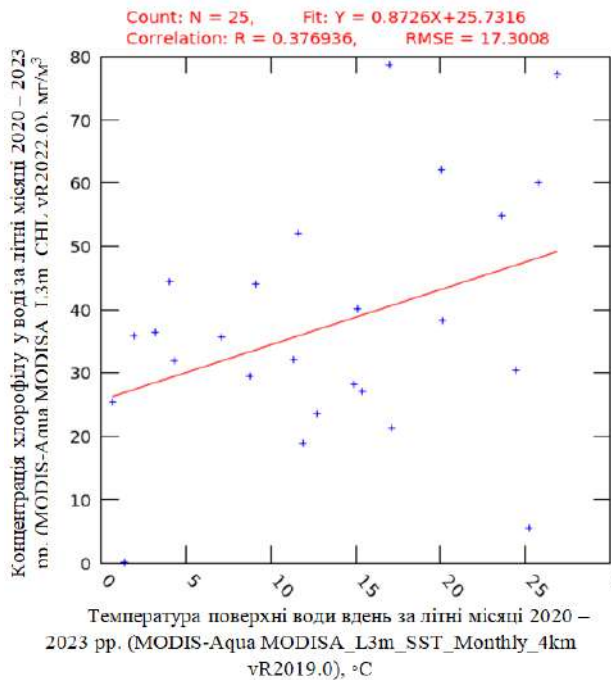


Рис. 4. Графік кореляції між температурою поверхні води та концентрацією хлорофілу в воді в Кременчуцького водосховища за літні місяці 2020 – 2023 рр.

NDWI розраховується з використанням комбінації GREEN-NIR (видимий зелений та ближній інфрачервоний), що дозволяє виявляти незначні зміни вмісту води у водоймах. Цей індекс застосовується для виявлення та моніторингу найменших змін у вмісті водних об'єктів. Використовуючи переваги спектральних діапазонів NIR (ближній інфрачервоний) та GREEN (видимий зелений), NDWI може посилити присутність водних об'єктів на супутниковому знімку.

Для Кременчуцького водосховища важливо, виконати векторизацію берегової лінії і островів при різних рівнях наповнення водосховища, для проектування берегоукріплення та реконструкції.

Візуалізація берегів і дна Кременчуцького водосховища, стан теплового та органічного забруднення в цифровому вигляді можлива за умови побудови за допомогою супутникового зондування цифрової моделі рельєфу (ЦМР), як віртуального двійника водосховища. Україна дає можливість в послідовному спроектувати модельно-планувальні рішення, що визначає можливості змін рельєфу і структури дна, та шляхів ревіталізації водосховища.

Для визначення глибини Кременчуцького водосховища завантажимо дані з GEBCO Gridded Bathymetry Data 2023 [24]. Глобальні батиметричні сітки GEBCO розробляються з 2019 року в рамках

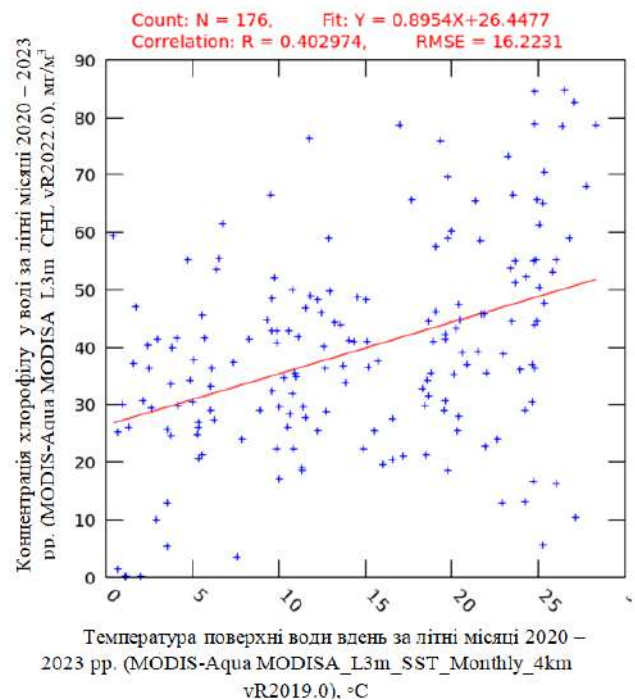


Рис. 5. Графік кореляції між температурою поверхні води та концентрацією хлорофілу в воді в Кременчуцького водосховища за 2002 – 2023 рр.

проекту Nippon Foundation-GEBCO Seabed 2030. Проект Seabed 2030 має на меті об'єднати всі доступні батиметричні дані для створення остаточної карти дна світового океану та зробити її доступною для всіх. GEBCO – це міжнародна група експертів із картографування, яка розробляє низку наборів батиметричних даних і продуктів із даними, що діє під спільною егідою Міжнародної гідрографічної організації (ІНО) та Міжурядової океанографічної комісії (МОК) ЮНЕСКО. Остання сітка GEBCO, GEBCO_2023, була опублікована в квітні 2023 року. Це глобальна модель рельєфу для океану та суші, яка надає дані про висоту в метрах на сітці з інтервалом 15 кутових секунд.

Завантаживши растр рельєфу Кременчуцького водосховища, відкриємо його в QGIS та відобразимо висотні відмітки та відстань між ними. Частину завантажених даних показано на рис. 10. Відстані між висотними позначками: 300 – 450 м.

Відкривши знімки в геоінформаційній системі QGIS, покажемо полігонами межі Кременчуцького водосховища за 2024 та за 1994 роки, і порахуємо площі цих полігонів. Площа водосховища на 2024 р. – 195539,45 га (1955 км²), на 1994 р. – 204628,48 га (2046 км²). Відобразимо на знімку за 1994 рік полігон межі водосховища за 2024 рік червоним кольором та порівняємо площу водосховища (рис.9). Бачимо, що за 30 років площа водосховища

зменшилась на 9086,03 га (90,9 км²). – 195539,45 га (1955 км²), на 1994 р. – 204628,48 га

В програмі Autodesk Civil 3D побудуємо тріангуляційну мережу ділянки водосховища за завантаженими даними, частину тріангуляції показано на рис. 11. Та побудуємо 3D-модель дна Кременчуцького водосховища (рис. 12).

Відобразимо горизонталі та характерні висотні точки дна водосховища (рис. 13).

Найбільш доцільним і точним способом проведення баріметричного знімання є повітряне лазерне сканування на основі лідарів, – лідарне знімання, що проводить сканування та знімання.

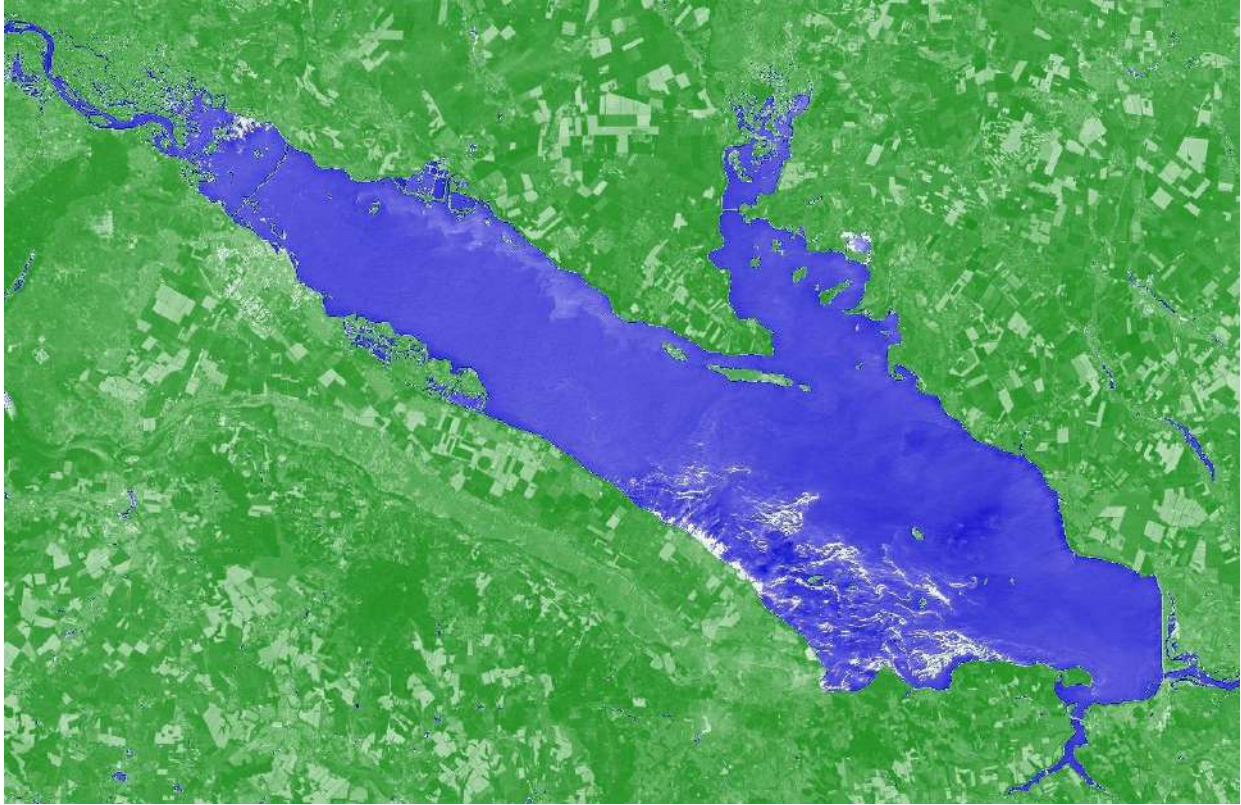


Рис. 6. Знімок 2024-07-07-00_00_2024-07-07-23_59_Sentinel-2_L2A_NDWI

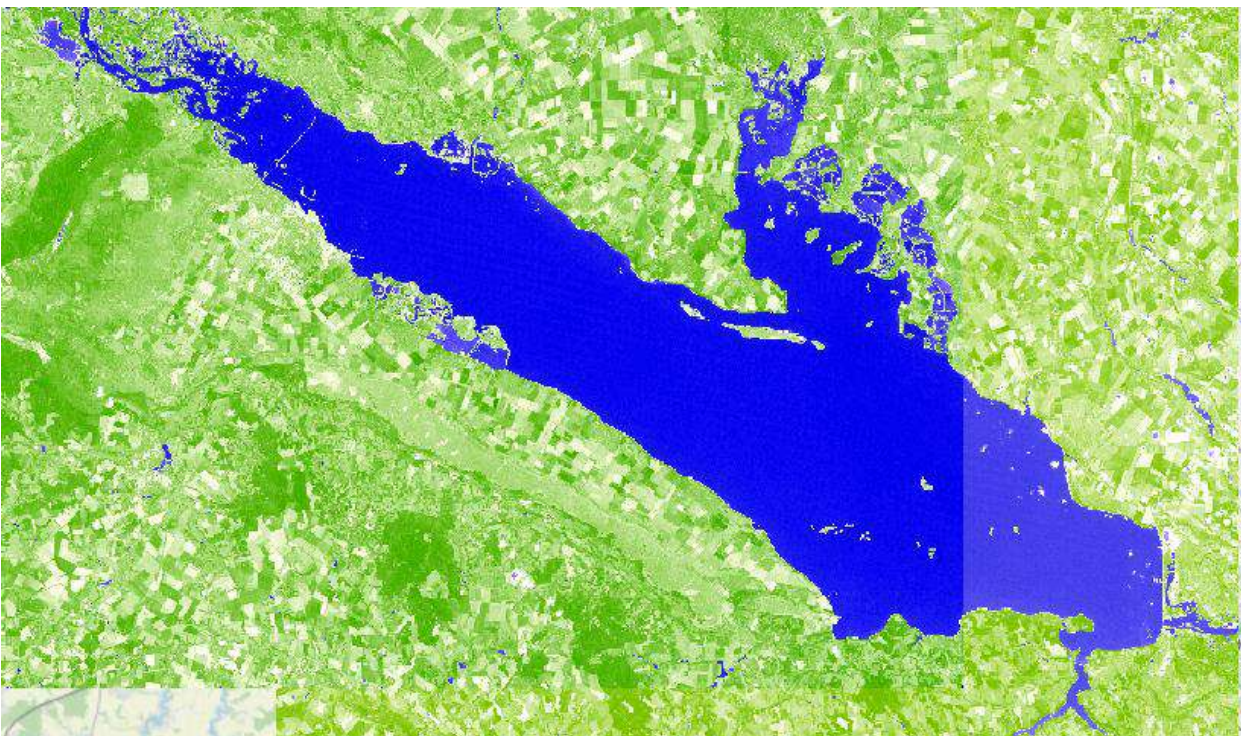


Рис. 7. Знімок 1994-08-04-00_00_1994-08-04-23_59_Landsat_4-5_TM_L1_NDWI

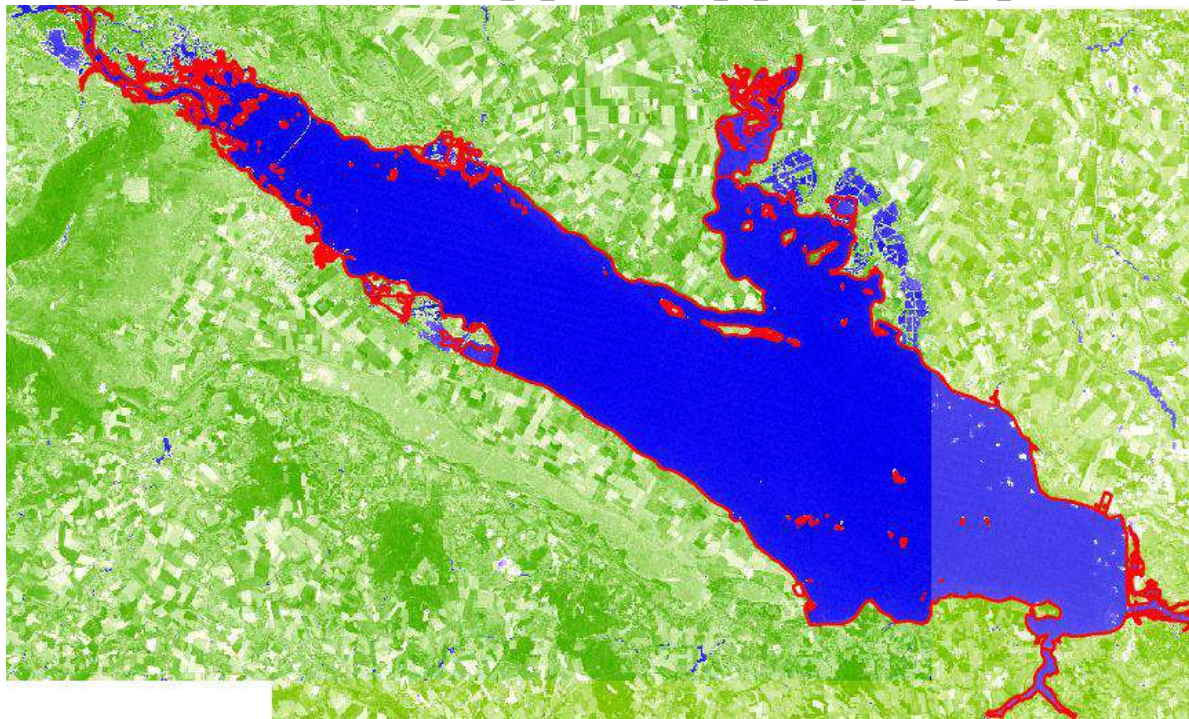


Рис. 8. Порівняння меж Кременчуцького водосховища 2024 р. (червоним кольором) та 1994 р (синім кольором)

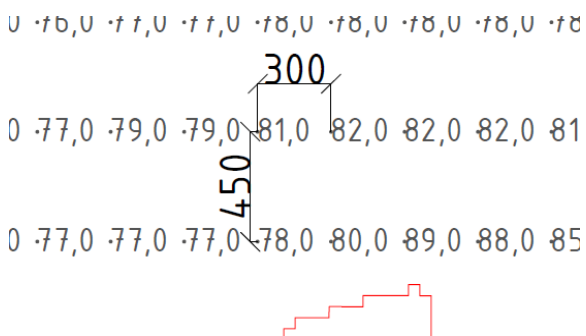


Рис.9. Висотні відмітки за даними GEBCO Gridded Bathymetry Data 2023, що використовувались для побудови цифрової моделі дна Кременчуцького водосховища, м

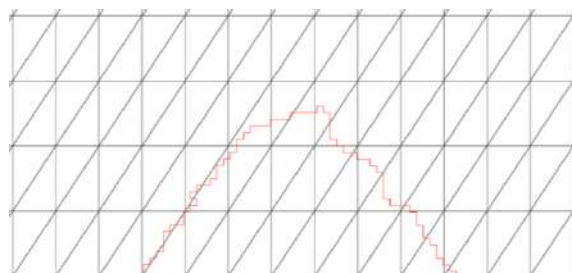


Рис.10. Тріангуляційна мережа ділянки Кременчуцького водосховища побудована в Autodesk Civil 3D



Рис. 11. 3D-модель дна Кременчуцького водосховища

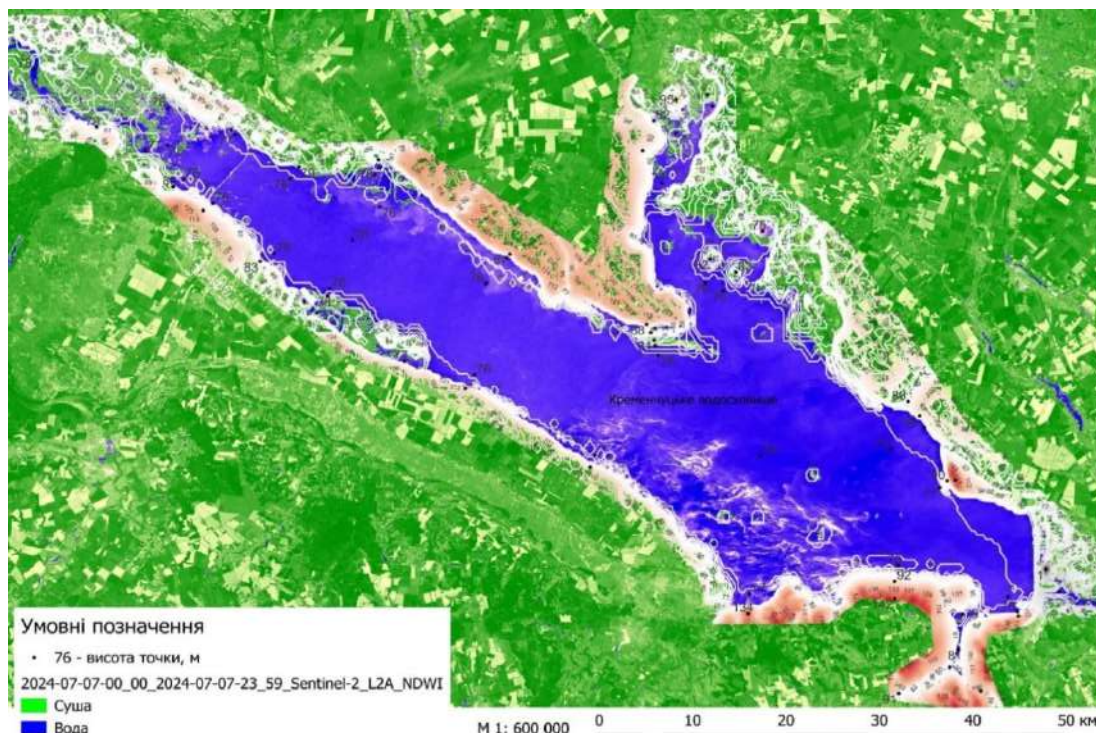


Рис.12. Відображені горизонталі місцевості, висота перерізу рельєфу 1 м.

Висновки і пропозиції

Стан поверхневих вод в Україні вимагає об'єктивного і точного моніторингу стану поверхневих вод басейну Дніпра, який дозволяє визначити, систематизувати, прогнозувати і поліпшувати стан води Кременчуцького водосховища, як важливого водоакумулюючого об'єкту, що забезпечує прісною водою половину водогосподарського комплексу України.

За картою середнього значення концентрації хлорофілу за літні місяці у 2020–2023 рр., бачимо, що в південно східній частині водосховища, в місцях де невеликі глибини (1 – 2 м), – найбільша концентрація хлорофілу. В місцях, де глибина сягає більше 10 м – концентрація хлорофілу незначна. Високий рівень хлорофілу у воді має такі наслідки: утворення токсинів (може спричинити отруєння); збільшення кількості органічних речовин (ці речовини є канцерогенними); зменшення кисню у воді; ускладнення процесу очищення; погіршення смаку та запаху.

За 30 років (з 1994 р. по 2024 р.) площа Кременчуцького водосховища зменшилась на 9086,03 га (90,9 км²).

Постійний моніторинг водних об'єктів дистанційними методами, особливо в зв'язку з екологічною агресією і війною, та постійними порушеннями з боку господарчих суб'єктів дозволяє оперативно реагувати на порушення і екологічні виклики.

Література

1. Kreta, D., Klymenko, V., & Anpilova, Y. (2018). Засоби ДЗЗ та ГІС для просторового аналізу якості поверхневих вод та забруднення ґрунтів. *Екологічна безпека та природокористування*, 28(4), 120–127. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2018.4.120-127>
2. Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод. «Постанова КМУ від 19 вересня 2018 р. №758. (із змінами «Постанови КМ №1065 (від 4.12.19 р., №826, 09.09.20 р., №922 від 01.09.2021 р.)
3. Моніторинг довкілля. Аналітична записка щодо стану та перспектив розвитку державної системи моніторингу довкілля // Команда підтримки реформ Міндовкілля. – Київ, 2023. – 119 с.
4. Свиридов Ю.В. Комплексна оцінка та прогнозування якості води української частини річки Дунай із використанням геоінформаційної технології: дис. На здобуття наук. Ступеня доктора філософії: спец. 101 «Екологія» / Ю.В. Свиридов. – Харків, 2021. – 140 с.
5. Порядок розроблення плану управління річковим басейном /Пост. КМУ від 18 травня 2017 р. №336.
6. Про затвердження програм державного моніторингу вод. Наказ Міндовкілля №410, від 31.11.2020.
7. Про виконання Регіональної цільової програми розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро у Полтавській області на період до 2021 року [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://oblrada-pl.gov.ua/sites/default/files/field/docs/14_15.pdf
8. Положення про моніторинг земель: Постанова КМ України, від 20.08.1993 р., № 661.
9. Розгач С.М. Зарубіжний досвід регулювання сфери природокористування // Науковий вісник Ужгородського

національного університету. Вип. 26. част.2. 2019 стор. 54-59.

10. Водна стратегія України, Розпорядження Кабінету Міністрів України №1134-р від 9 грудня 2022 р.

11. «Методика визначення зон, вразливих до накопичення нітратів», Наказ Міндовклля від 15 квітня 2021 р., № 244.

12. Загальнодержавна цільова програма...» Закон України від 24 травня 2012 р. №4836-IV.

13. Директива 2020/2184 Європейського парламенту та Ради від 16 грудня 2020 р.

14. Закон України «Про забезпечення санітарного епідеміологічного благополуччя населення», від 24.02.94 р.

15. Степова О.В., Рома В.В. / Навчальний посібник «Моніторинг поверхневих вод» - Полтава: Полт.НТУ, 2017. 82 с.

16. О.В. Лотоцька, Л.О. Бицюра «Моніторинг поверхневих водних ресурсів в Україні, та його законодавча основа // Вісник соціальної гігієни та організації охорони здоров'я України. 2021. №2 (88).

17. Мокін В.Б., Слободенюк О.В., Давидюк О.М., Шундяк Д.О. «Інформаційна технологія пошуку джерел підвищеного забруднення річки з використанням моделі PROPNET», Вісник ВПІ, вст. 4, с. 15-24, Верес 2020.

18. Дубняк С.С. Засади еколого-гідрологічного моніторингу рівнинних водосховищ // Наукові праці Укр. НДГМІ. 2003. – Вип. 251.

19. Giovanni. The Bridge Between Data and Science. Available online: <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>

20. Дистанційне зондування Землі: аналіз космічних знімків у геоінформаційних системах: навч.-метод. посіб. / С. О. Довгий, С. М. Бабійчук, Т. Л. Кучма та ін. – Київ: Національний центр «Мала академія наук України», 2020. – 268 с.

21. Sentinel Hub EO Browser. Available online: <https://www.sentinel-hub.com/explore/eobrowser/>

22. Gridded Bathymetry Data GEBCO. Available online: https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/

References

1. Kreta, D., Klymenko, V., & Anpilova, Y. (2018). Remote Sensing and GIS Tools for Spatial Analysis of Surface Water Quality and Soil Pollution. *Environmental Safety and Natural Resource Management* 28(4), 120–127. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2018.4.120-127>

2. On Approval of the Procedure for State Water Monitoring. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated September 19, 2018 No758. (as amended by Resolution of the Cabinet of Ministers No. 1065 dated December 4, 2019, No. 826 dated September 9, 2020, and No. 922 dated September 1, 2021).

3. Environmental Monitoring. Analytical Report on the Status and Prospects for the Development of the State Environmental Monitoring System // Reform Support Team of the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources. – Kyiv, 2023. – 119.

4. Svyrydov Yu.V. Comprehensive Assessment and Forecasting of Water Quality in the Ukrainian Part of the Danube River Using Geoinformation Technology: Dissertation for the Degree of Doctor of Philosophy: Specialty 101 "Ecology" / Yu.V. Svyrydov. – Kharkiv, 2021. – 140.

5. The procedure for developing a river basin management plan / Post. Cabinet of Ministers of Ukraine dated May 18, 2017 No. 336.

6. On Approval of state water monitoring programs. Order of the Ministry of Environment No. 410, dated November 31, 2020.

7. On the Implementation of the Regional Target Program for the Development of Water Management and Environmental Rehabilitation of the Dnipro River Basin in Poltava Region for the Period Until 2021. Available online: https://oblrada-pl.gov.ua/sites/default/files/field/docs/14_15.pdf

8. Regulation on Land Monitoring: Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated August 20, 1993, No. 661.

9. Rohach S.M. Foreign Experience in Environmental Management Regulation" // Scientific Bulletin of Uzhhorod National University. Issue 26, Part 2, 2019, pp. 54-59.

10. Water Strategy of Ukraine, Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine No. 1134-p dated December 9, 2022.

11. "Methodology for Identifying Nitrate-Vulnerable Zones," Order of the Ministry of Environmental Protection dated April 15, 2021, No. 244.

12. State Target Program. Law of Ukraine dated May 24, 2012, No. 4836-IV.

13. Directive 2020/2184 of the European Parliament and the Council dated December 16, 2020.

14. Law of Ukraine "On Ensuring Sanitary and Epidemiological Well-Being of the Population," dated February 24, 1994.

15. Stepova O.V., Roma V.V. "Monitoring of Surface Waters" - Poltava: Poltava National Technical University, 2017. 82 pages.

16. O.V. Lototska, L.O. Bytsyura. "Monitoring of Surface Water Resources in Ukraine and Its Legislative Basis" // Bulletin of Social Hygiene and Health Organization of Ukraine. 2021. No. 2 (88).

17. Mokin V.B., Slobodenuk O.V., Davydiuk O.M., Shundiak D.O. Information Technology for Identifying Sources of Increased River Pollution Using the PROPNET Model, Bulletin of Vinnytsia Polytechnic Institute, Issue 4, pp. 15-24, September 2020.

18. Dubniak S.S. Principles of Ecological and Hydrological Monitoring of Plain Reservoirs // Scientific Works of the Ukrainian Hydrometeorological Institute. 2003. Issue 251.

19. Giovanni: The Bridge Between Data and Science. Available online: <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>.

20. Remote Sensing of the Earth: Analysis of Satellite Images in Geoinformation Systems. Educational and Methodological Manual / S.O. Dovhyi, S.M. Babiychuk, T.L. Kuchma, et al. – Kyiv: National Center "Small Academy of Sciences of Ukraine," 2020. – 268 pages.

21. Sentinel Hub EO Browser. Available online: <https://www.sentinel-hub.com/explore/eobrowser/>

22. Gridded Bathymetry Data GEBCO. Available online: https://www.gebco.net/data_and_products/gridded_bathymetry_data/

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Гасенко А.В., професор кафедри автомобільних доріг, геодезії та землеустрою Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

Автор: ШАРА Світлана Юріївна

Асистент кафедри прикладної екології та природокористування

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

E-mail - sv.shara12@gmail.com

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6669-6667>

Автор: ТКАЧЕНКО Ірина Володимирівна

Кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільних доріг, геодезії та землеустрою

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

E-mail - ab.Tkachenko_IV@nupp.edu.ua

ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6605-5923>

FACTOR ANALYSIS OF THE STATE OF SURFACE WATERS IN THE DNIPRO BASIN

S.Shara, I.Tkachenko

National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic», Ukraine

Monitoring wind-wave erosion (abrasion) of the shores of the Dnipro basin is crucial, as continuous erosion gradually causes shoreline retreat. This process can lead to land loss and pose a threat to infrastructure. Abrasion landforms such as cliffs, escarpments, marine terraces, niches, and platforms may develop. Shoreline erosion increases the number of suspended particles in the water, affecting water quality and ecosystems by raising turbidity.

Geoinformation monitoring of surface waters is an essential area of scientific research that combines the use of Geographic Information Systems (GIS) and remote sensing (RS) to assess and manage water resource quality. Water monitoring in Ukraine is regulated by the Water Code, along with various legislative acts and government resolutions.

Using satellite data visualization on the Giovanni portal, we analyzed the correlation between water temperature in the Kremenchuk Reservoir and chlorophyll concentration (an indicator of the number of photosynthesizing microorganisms in the aquatic environment, including algal blooms). The dependence of these indicators is high in the southern part of the reservoir, reaching 0.6–0.8, where both temperature and chlorophyll concentration are significantly elevated. The average correlation coefficient for the entire Kremenchuk Reservoir is 0.40.

To determine the contours of the reservoir's shoreline, we used images from July 2024 (Sentinel-2) and July 1994 (Landsat 4-5) obtained via the EO Browser. These images were used to forecast and characterize shoreline changes. By processing the 2024 and 1994 images and displaying the Normalized Difference Water Index (NDWI), we calculated the reservoir's surface area and found that over 30 years, it has decreased by 9,086.03 hectares.

To determine the depth of the Kremenchuk Reservoir, we downloaded data from the GEBCO Gridded Bathymetry Data 2023. Based on these data, a 3D model of the reservoir bed was constructed using QGIS and Autodesk Civil 3D, displaying contour lines and characteristic elevation points of the reservoir bottom. The most accurate and appropriate method for bathymetric surveying is airborne LiDAR scanning, which performs precise scanning and mapping.

Continuous monitoring of water bodies using remote sensing methods, especially in the context of environmental aggression, war, and ongoing violations by economic entities, enables prompt responses to environmental violations and challenges.

Keywords: surface waters, monitoring, water directives, remote sensing, Kremenchuk Reservoir, Dnipro.