

DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg201902-198>

Available at (PDF): <http://mivg.iwpim.com.ua/index.php/mivg/article/view/198>

УДК 528.854: 556.55 (477)

ДОСЛІДЖЕННЯ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ УКРАЇНИ З ВИКОРИСТАННЯМ ДАНИХ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

С.А. Шевчук¹, канд. техн. наук, В.І. Вишневський², докт. геогр. наук, І.А. Шевченко³, канд. техн. наук., О.М. Козицький⁴, гол. фахівець

¹ Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0001-5844-4980>; e-mail: sergey_shevchuk_@ukr.net

² Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0002-2900-1598>; e-mail: vishnev.v@gmail.com

³ Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0002-4459-6331>; e-mail: irina.shevchenk.23@gmail.com

⁴ Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0002-4459-6331>; e-mail: olegkoz@ukr.net

Анотація. Висвітлено результати досліджень водних об'єктів України з використанням даних дистанційного зондування Землі. Ці дані дають змогу вивчати історію виникнення водних об'єктів, досліджувати їх морфометричні характеристики, температуру води, льодовий режим, поширення заростання, рівень "цвітіння" води і навіть її якість. Встановлено, що довжина річок, особливо невеликих, є більшою, ніж вважається. Це зумовлено тим, що у минулому ця довжина визначалася за топографічними картами, на яких дрібні звивини не було можливості зобразити. Дослідження площі дніпровських водосховищ показало, що вона є меншою, ніж наведено у довідкових джерелах. Насамперед це зумовлено замуленням і заростанням водосховищ. Крім того, у багатьох випадках частину акваторії відокремлено для господарських потреб. Наслідком стало те, що площа Київського водосховища, порівняно з проектною, зменшилася приблизно на 100 км². Значним є зменшення акваторії й інших водосховищ, за винятком Каховського. Спираючись на уточнену площу водосховищ розраховано їх корисний об'єм. Порівняно з первісним він зменшився приблизно на 1,5 км³, або приблизно на 8 %. Використання даних супутників Landsat дало змогу встановити просторово-часові особливості термічного режиму дніпровських водосховищ. З'ясовано, що значний вплив на температуру води має робота ГЕС, що розташовані вище за течією. У холодну пору року на температуру води помітно впливають також скиди деяких підприємств. Спираючись на супутникові знімки встановлено найважливіші особливості поширення криги по акваторії. Звичайно останнім від криги звільняється Кременчуцьке водосховище, розташоване посередині каскаду. Для цього ж водосховища характерне найбільше "цвітіння" води. Водночас найменше "цвітіння" спостерігається в Київському водосховищі. Протягом року найбільшим є розвиток водоростей у серпні, насамперед за умов настання теплої та сонячної погоди.

Ключові слова: водні об'єкти, дистанційне зондування Землі, розміри, екологічний стан, температура води, заростання, "цвітіння" води.

Постановка питання. Водні об'єкти здавна відіграють величезну роль в житті людини. Водночас традиційні методи дослідження водних об'єктів мають істотні недоліки. Одним із найсуттєвіших є те, що традиційними методами не можна охопити велику кількість водних об'єктів. Більше того, такими методами неможливо одночасно охопити навіть один великий за розмірами об'єкт. Додамо, що традиційні методи працевістки та ще й вартісні. Значною мірою цих недоліків позбавлені методи дистанційного зондування Землі (ДЗЗ).

Метою досліджень є показ можливостей використання даних ДЗЗ у дослідженнях

водних об'єктів, а також результатів, отриманих на їх основі.

Методика досліджень. Основним джерелом даних виконаних досліджень стали дані супутників Landsat і Sentinel-2. Крім того, у дослідженнях використано дані супутників Terra та Aqua. Кожен з цих супутників має свої особливості, які враховано в дослідженнях. Зокрема цінними особливостями супутників Landsat є наявність у них термального каналу, якого немає в інших згаданих супутників. Водночас перевагами супутників Sentinel-2 є висока роздільна здатність (10 м), а також значна повторюваність знімання – 2–3 доби. Насамкінець позитивними особливостями

супутників Terra та Aqua є те, що вони одночасно охоплюють увесь Дніпровський каскад та виконують знімання щодня.

Дослідження рельєфу, зокрема з метою встановлення площі водозбору річок, виконано за даними SRTM.

Основними програмними продуктами, які використано при опрацюванні супутникових знімків, стали SAS.Planet, ArcMAP 10, а також Global Mapper.

Викладення основного матеріалу. Будь-які водні об'єкти мають низку характеристик, з яких найважливішими є розміри. Зокрема найважливішими гідрографічними характеристиками річок є їхня довжина, ширина, глибина, площа водозбору. Своєю чергою, найважливішими гідрографічними характеристиками водойм є їх площа, глибина та об'єм. Значний інтерес мають і такі питання як температура води, льодовий режим, заростання водойм, «цвітіння» води, а також її якість. Багато з перелічених питань можна досліджувати, спираючись на дані ДЗЗ.

Гідрографічні характеристики. Увага до гідрографічних характеристик водних об'єктів існувала здавна. Досить давно написано праці, в яких наведено відповідні відомості. Однією з таких фундаментальних праць можна вважати книгу [10]. Ця праця побачила світ у 1953 р. і, як не дивно, нею досі користуються з метою отримання даних про довжину річок та площу їх водозбору. Логічним є запитання наскільки наведені у згаданій праці дані відповідають істинним?

Дослідження довжини річок виконано з використанням програми SAS.Planet. Цінними якостями цієї програми є можливість використання кількох баз супутникових зображень високої роздільної здатності. Те саме стосується картографічних творів. Наявні в програмі інструменти дають змогу з великою точністю наносити лінію, яка відповідає руслу річки, а потім її вимірювати. Щоправда, належна точність досягається шляхом нанесення великої кількості точок (звичайно тисяч), на що потрібно доволі багато часу.

Відповідні дослідження виконано авторами стосовно р. Рось та її основних приток. Встановлено, що в усіх випадках справжня довжина річок є більшою, ніж вважається. Так довжина р. Рось за даними [10] становить 346 км, а отримана авторами – 378,3 км. Своєю чергою, довжина р. Роставиця, що є найбільшою притокою Росі, за даними [10] становить 116 км, фактична – 124,2 км.

Відмінність становить близько 7–8%. Приблизно такою ж є відмінність довжини інших виміряних річок [1; 8].

Додамо, що уточнення довжини річок супроводжується уточненням розташування за їх довжиною гідротехнічних споруд і гідрологічних постів. Звичайно вони віддалені від гирла на більшу відстань, ніж вважається.

Дані дистанційного зондування Землі дають змогу уточнити і площу водозбору річок. У цьому разі основну увагу приділено результатам знімання земної поверхні у рамках програми SRTM. Шляхом виконання відповідних досліджень встановлено, що наявні довідкові джерела доволі добре корегують з фактичними даними. Звичайно відмінність перебуває в межах 1%. Водночас важливою особливістю сучасних технологій є можливість доброї візуалізації рельєфу місцевості. Прикладом, зокрема, може бути об'ємне зображення території м. Києва (рис. 1).

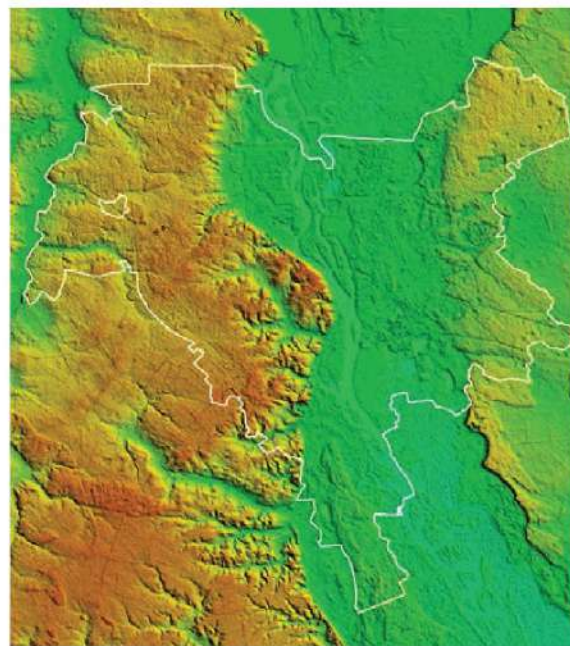


Рис. 1. Об'ємне зображення території м. Києва

Наведене зображення показує значні відмінності в рельєфі ліво- і правобережної частин міста. Спираючись на це зображення можна виміряти ширину долини Дніпра. У найвужчому місці біля Печерського підняття вона становить близько 8,5 км, на північній та південній околицях міста сягає 15–17 км.

На наведеному зображенні простежуються долини найбільших київських річок, зокрема Либеді. Дані SRTM дають змогу не лише деталізувати водозбір цієї річки, а й встановити його площу. Вона становить 67,0 км² (рис. 2).

Звернімо увагу на те, що на наведеному зображенні показано й найважливіші притоки Либеді, побачити які не завжди можна, адже більшість із них захована у підземні колектори.

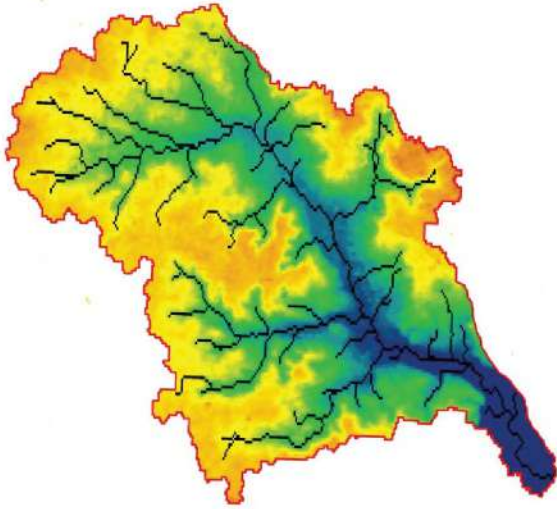


Рис. 2. Об'ємне зображення водозбору р. Либідь

Окремим і водночас дуже важливим питанням є площа водойм. Особливий інтерес становить собою площа дніпровських водосховищ, яка ніколи не уточнювалась. Навіть у відповідних Правилах експлуатації [11] її наведено за проектними даними, яким понад піввіку. Авторами, спираючись на розроблений алгоритм досліджень, встановлено сучасну площу водосховищ для умов НПР. Ця площа виявилася істотно меншою, ніж вважається [5; 6; 8]. Зокрема площа Київського водосховища приблизно на 100 км² менша, ніж наведено в [11].

Оскільки корисний об'єм водосховищ близький за формою до усіченого конуса, це дало змогу оцінити і його величину. З трьох невідомих, які необхідні для розрахунку об'єму усіченого конуса, два відомі: площа більшої основи за умов НПР і висота, що є різницею між НПР та РМО. Єдиною невідомою залишається площа другої основи при

РМО. Вважаючи, що зміни цієї площі пропорційні змінам площі при НПР, встановлено її величину, а відповідно й корисний об'єм водосховищ (табл. 1).

Як видно, розміри дніпровських водосховищ виявилися меншими, ніж вважається. Це має бути враховано в експлуатаційній практиці, адже нині водосховища не можуть виконувати регулювання стоку, на яке розраховують.

Заростання водойм. Процес заростання має не лише теоретичне, а й важливе практичне значення. Це пояснюється хоча б тим, що цей процес супроводжується накопиченням органічного матеріалу і, як наслідок, зменшенням об'єму водойм. Водночас процес заростання часто спричинює погіршення умов існування риби.

Останнім часом значним стало заростання Київського та Канівського водосховищ водяним горіхом. Важливою особливістю цієї рослини є довге стебло, яке дає змогу цьому виду рости на глибинах до 2,0–2,3 м. З групи прикріплених рослин, що мають плаваюче на поверхні листя, ця рослина в Україні є найглибоководнішою. Отже, заростання глибоких ділянок починається саме з водяного горіха.

Протягом року найбільшим є розвиток водяного горіху в серпні. З настанням холодів плаваюче на поверхні листя відмирає. Це можна бачити на прикладі зображень, наведених на рис. 3.

Зрозуміло, що у межах водосховищ росте не лише водяний горіх. Однак виконані польові дослідження показали переважання цього виду над іншими, що належать до групи рослин з плаваючим листям. Нині у Київському водосховищі водяним горіхом вкрито приблизно 40 км², у Канівському – 20–25 км². Це значна площа, яка свідчить, що цю рослину аж ніяк не можна вважати рідкісною чи зникаючою. Разом з тим водяний горіх занесено до Червоної книги України. Щоправда, у четвертому виданні цієї книги, що нині готується до друку, цього виду

1. Основні характеристики дніпровських водосховищ

Водосховище	Площа за умов НПР, км ²		Корисний об'єм, км ³	
	за Правилами експлуатації	уточнена	за Правилами експлуатації	уточнений
Київське	922	824	1,17	1,05
Канівське	642	514	0,30	0,25
Кременчуцьке	2250	2090	8,97	8,32
Кам'янське	567	526	0,50	0,25
Дніпровське	410	300	0,85	0,61
Каховське	2150	2131	6,78	6,68



Рис. 3. Поширення рослинності з плаваючим листям у Канівському водосховищі: ліворуч – 28.08.2019 р., праворуч – 03.10.2019 р.

ймовірно не буде. Певною мірою це зумовлено завдяки отриманим авторами результатами та їх широкому оприлюдненню [8].

Температура води. Цей параметр є дуже важливим, адже здатен впливати на чимало процесів, що відбуваються у водосховищах. Актуальність вивчення температури води полягає ще й у тому, що, за наявними даними, температура води у водоймах України має виразну тенденцію до зростання.

Основну увагу в питанні температури води приділено дніпровським водосховищам. Певною мірою це пояснюється тим, що роздільна здатність термальних каналів супутників Landsat порівняно невисока – 100 м і для невеличких водойм недостатня.

Відповідні дослідження свідчать про те, що кожне з дніпровських водосховищ має свої особливості термічного режиму. При цьому в різні сезони ці закономірності є різними. Спільною рисою всіх водосховищ каскаду, за винятком Київського, є вплив розташованих вище за течією ГЕС. Наслідком цього є, зокрема, те, що влітку температура води в нижньому б'єфі ГЕС є нижчою, ніж на більшості акваторії. Восени ситуація змінюється на протилежну.

Для прикладу, розглянемо термічні особливості Київського водосховища і верхньої частини Канівського водосховища за супутниковим знімком від 15.10.2015 р. Для кращої візуалізації розподілу температури по акваторії решту території закрито маскою, що побудована за індексом NDPI (рис. 4).

Наведене зображення чітко показує температурні особливості Київського водосховища

за умов осіннього зниження температури. Як видно, вона є найнижчою в північній частині водосховища, що характеризується невеликими глибинами, а відповідно і невеликими теплозапасами. Водночас температура біля греблі найвища. При цьому відмінність сягає 5°C.

Певні особливості має й температура води в нижньому б'єфі Київської ГЕС. Наведене вище зображення чітко показує, що найвищою є температура води у глибоких затоках, що пояснюється значними теплозапасами, а також можливим розвантаженням тут підземного стоку. Невисокою, принаймні нижчою, ніж у Дніпрі, є температура води в гирлі Десни. Це зрозуміло, адже зарегулювання стоку на цю річку не впливає.

Додамо, що жодні польові дослідження, навіть в яких взяли би участь сотні людей, не дали би змогу отримати зображення, наведені вище. Відповідно і будь-які закономірності залишилися би нез'ясованими.

Поширення льодового покриву. Закономірності льодового режиму – ще одне питання, яке можна з успіхом вивчати, спираючись на супутникові знімки.

За наявними супутниковими знімками встановлено, що у більшості водосховищ, за винятком Київського і Каховського, найперше замерзає їх центральна частина. Замерзанню акваторії вище за течією перешкоджає робота розташованих вище ГЕС. У свою чергу, швидкому замерзанню прилеглої до греблі глибоководної зони перешкоджають значні теплозапаси водної маси, а також вітрові хвилі, які тут звичайно найбільші. В окремих випадках на льодовий режим водосховищ впливають також

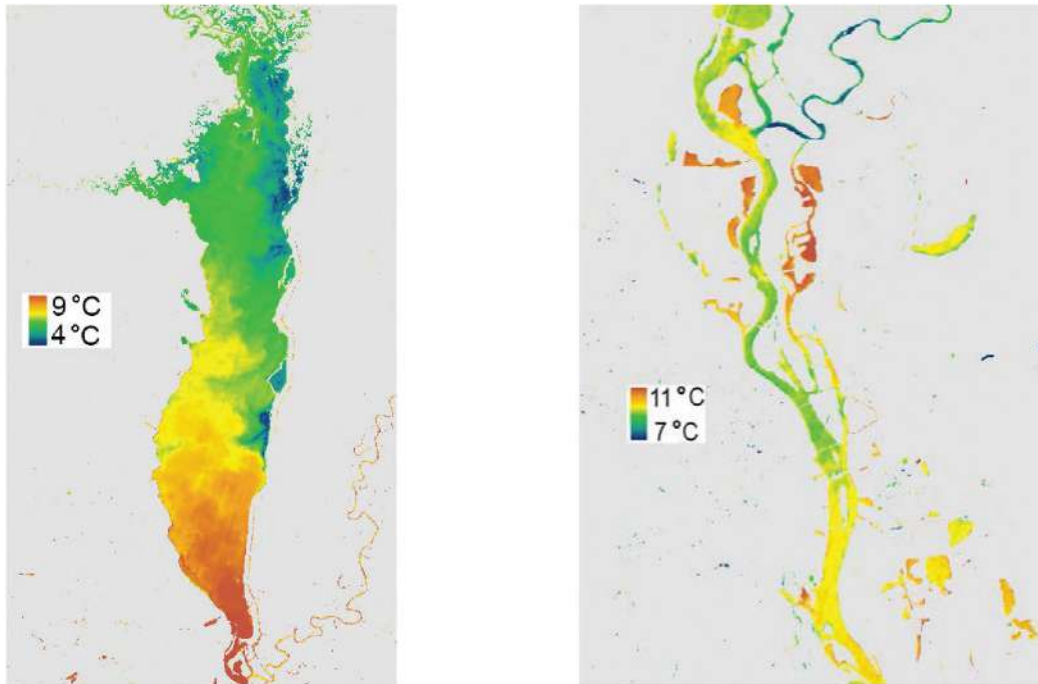


Рис. 4. Розподіл температури води по акваторії Київського водосховища (ліворуч) і верхньої частини Канівського водосховища (праворуч) 15.10.2015 р.

скиди промислових підприємств. Поєднання кількох чинників (південніше розташування, робота Київської ГЕС, скиди київських підприємств) зумовлюють те, що поширення крижаного покриву в Канівському водосховищі значно менше, ніж у Київському. Зокрема у теплі зими крижаний покрив у нижньому б'єфі Київської ГЕС не встановлюється. Найдовше крижаний покрив звичайно спостерігається на великому Кременчуцькому водосховищі, що створене посередині каскаду. Це, зокрема, добре видно на рис. 5.

У Кам'янському водосховищі крига часто накопичується в його звужених місцях. У Дніпровському водосховищі найменшою є тривалість льодових явищ і льодоставу в його верхній частині. Тут, окрім розташованої вище за течією ГЕС, значний вплив мають скиди промислових підприємств міст Кам'янське і Дніпро. Найдовше льодовий покрив у цьому водосховищі спостерігається у Самарській затоці. З усіх водосховищ найменшою є тривалість льодового покриву в Каховському, що має найбільш південне



Рис. 5. Крига на дніпровських водосховищах: ліворуч – 10.04.2003 р., праворуч – 10.03.2015 р.

розташування. Особливо це стосується прилеглої до греблі південно-західної частини цього водосховища.

Дистанційне зондування Землі особливо ефективно у випадках досліджень дуже великих об'єктів, або тих, до яких важко дістатися. За приклад може правити вплив на льодову обстановку нещодавно збудованого мосту в Керченській протоці. У разі настання низьких температур з північного боку мосту утворюється крижаний затор [15]. Немає сумнівів, що ця споруда негативно впливає і на екологічний стан Азовського моря.

«Цвітіння» води. Цей процес уже не одне десятиліття турбує багатьох користувачів води. Значною є й увага до «цвітіння» з боку науковців. До останнього часу вивчення цього процесу відбувалося шляхом польових досліджень, найважливішою складовою яких було взяття проб фітопланктону. Це давало можливість встановити кількість клітин і біомасу водоростей, а також їх видовий склад. Роки пішли на те, щоб оцінити коли і де процес «цвітіння» набуває найбільшого розвитку [14].

Значно ефективніше у відповідних дослідженнях використання даних ДЗЗ. Відсутність точних кількісних показників компенсується високим рівнем візуалізації, яку звичайні методи забезпечити не можуть. Зокрема, використовуючи лише кілька знімків супутників Terra та Aqua можна швидко дійти висновку, що з шести водосховищ каскаду найбільшим є «цвітіння» води у Кременчуцькому. Значним є також цей процес у Кам'янському і Каховському водосховищах, найменшим –

у Київському. В останньому разі розвитку водоростей перешкоджає надходження зі стоком Верхнього Дніпра та Прип'яті завислих наносів, а також гумусових речовин (рис. 6).

Протягом року найбільшим є «цвітіння» води у серпні. Водночас у розвитку цього явища немає стійкої динаміки. На кількість водоростей істотно впливають гідрометеорологічні умови: температура води і вітер. Ретельний аналіз супутникових знімків показав також значний вплив сонячного сйва. У разі настання сонячної погоди розвиток водоростей помітно зростає [2]. У цьому можна перекопати на підставі супутникових зображень, зроблених з інтервалом в одну добу супутниками Terra та Aqua (рис. 7).

Якість води. Дослідженню цього питання з використанням ДЗЗ загалом приділяється дуже значна увага. Водночас має бути зрозумілим, що навіть за наявності у супутникових знімків кількох спектральних каналів за ними не можна встановити концентрацію специфічних розчинних домішок. Реальнішим це є стосовно показників, які істотно впливають на колір води: каламутність, концентрація гумусових речовин та ін. Водночас часто буває важливим лише пересвідчитися в тому, що якась одна водна маса різниться від іншої.

Отриманий досвід візуалізації водних об'єктів показав, що доволі інформативним у вивченні стану водних об'єктів є індекс NDTI, тобто співвідношення зеленого та червоного кольорів видимого спектра. Виявилось [8; 16], що цей індекс добре корелює з каламутністю води. Це, зокрема, стосується р. Дунай, де каламутність води найбільша серед інших



Рис. 6. Розвиток «цвітіння» води у дніпровських водосховищах: ліворуч – 12.08.2017 р., праворуч – 19.09.2018 р.

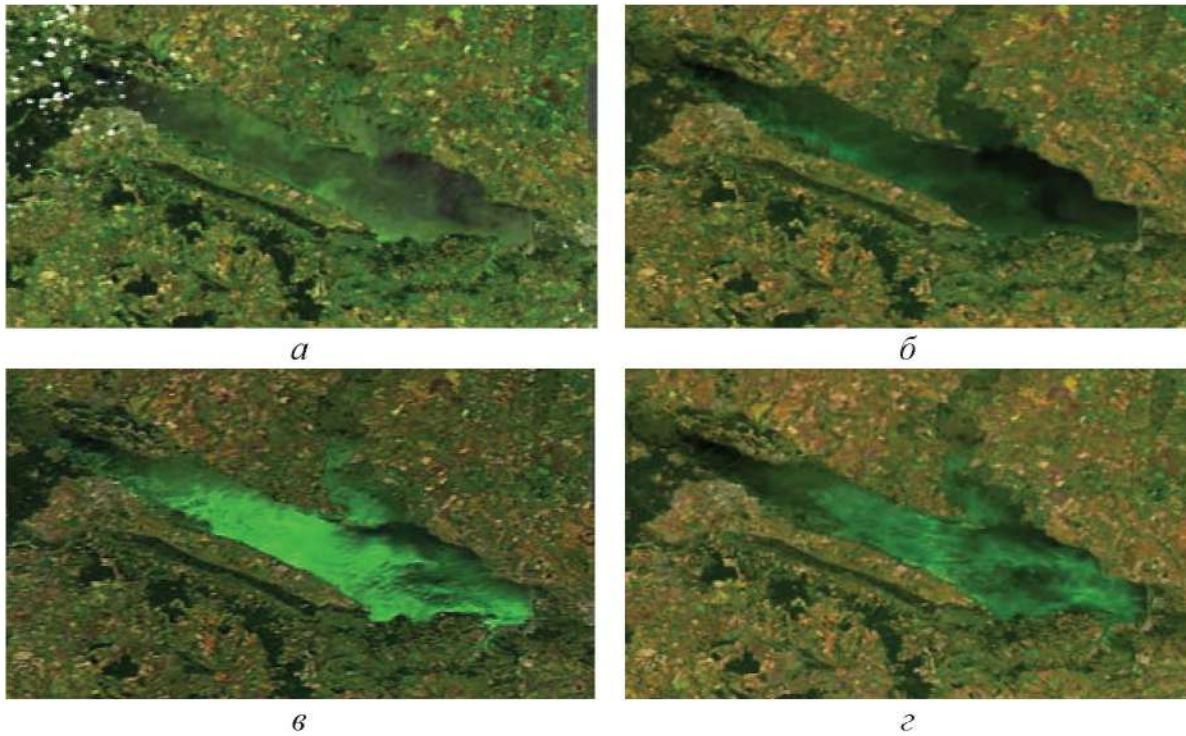


Рис. 7. «Цвітіння» води у Кременчуцькому водосховищі:
а – 26.08.2016 р., б – 27.08.2016 р., в – 28.08.2016 р. і г – 29.08.2016 р.

великих річок України. Найвність цього зв'язку дає змогу оцінювати каламутність, а головне встановлювати закономірності, які звичайний моніторинг забезпечити не може (рис. 8).

Наведене зображення показує особливості розподілу каламутності води в Дунаї за умов двох паводків, один з яких закінчується, а інший настає. Як видно, найбільша каламутність води 02.12.2015 р. спостерігалася

біля румунського м. Галац. Того дня вона тут сягала 250 г/м^3 .

Додамо, що використання індексу NDTI у дослідженні екологічного стану водойм також можливе. Разом з тим у теплий період року відповідні зображення не стільки характеризують якість води, як розвиток «цвітіння».

Прикладні дослідження. Використання даних ДЗЗ часто дає змогу отримати відповіді

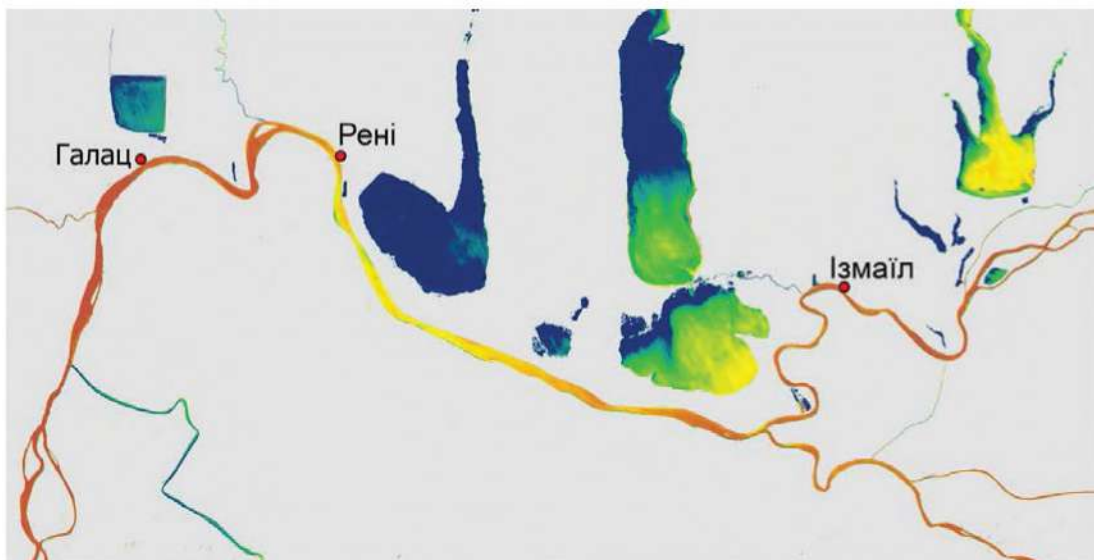


Рис. 8. Зображення ділянки нижньої течії Дунаю за даними індексу NDTI.
Знімок супутника Landsat 8 від 02.12.2015 р.

на численні питання, які можна віднести до прикладних. Розглянемо, зокрема, ситуацію, що сталася з оз. Качине у лівобережній частині Києва. Для надання правомірності забудови на місці озера багатоповерхового будинку зацікавленою стороною було замовлено виконання екологічної експертизи. Її виконав Науково-дослідний центр екологічної безпеки і природокористування при Державній екологічній академії, яка на той час була підпорядкована Міністерству екології та природних ресурсів України. Згідно з висновками експертів, на місці запланованої забудови «виявлена заболочена територія, яка виникла внаслідок антропогенних факторів». Чи справді це так?

Наявні супутникові знімки свідчать про те, що згадане озеро існує упродовж дуже тривалого часу – принаймні з часу появи супутникових знімків високої роздільної здатності. Важливо, що на цих знімках озеро добре простежується, а «антропогенні фактори» – ні. У цьому можна легко переконатися за наведеним рис. 9.



Рис. 9. Космічний знімок від 25.06.2004 р., на якому показано оз. Качине (виділено жовтим колом)

До цього можна додати також показ згаданого озера на картах, яким кілька десятків років. Усе це дає підстави вважати, що згадана вище експертиза була далекою від об'єктивності [13].

Висновки. Дистанційне зондування Землі – потужний метод дослідження водних об'єктів: історії їх виникнення, розмірів і стану. Значною мірою це досягається завдяки поєднанню результатів супутникового знімання та засобів їх обробки.

За даними супутникових зображень встановлено, що фактична довжина річок звичайно є більшою, ніж вважається.

Наявні супутникові знімки та засоби їх оброблення дали змогу розробити алгоритм встановлення площі водних об'єктів, зокрема дніпровських водосховищ. Їх площа та корисний об'єм є меншими, ніж за даними Правил експлуатації.

За супутниковими знімками з'ясовано основні закономірності температури води, поширення льодових явищ, рівня «цвітіння» води у дніпровських водосховищах. Встановлено, що в літній період температура води в нижньому б'єфі ГЕС істотно нижча, ніж на певній відстані. Це спричинено скиданням води з придонних шарів водосховищ та її значним перемішуванням.

За даними ДЗЗ з'ясовано особливості льодового режиму дніпровських водосховищ. Зокрема встановлено, що останнім від криги звичайно звільняється Кременчуцьке водосховище.

З усіх водосховищ Дніпровського каскаду найбільшим є «цвітіння» води у Кременчуцькому, найменшим – у Київському. Протягом року найбільшим є розвиток водоростей у серпні. Помітне зростання «цвітіння» води може відбутися лише протягом однієї доби. Це відбувається за умов настання теплої, а головне сонячної погоди.

Дистанційне зондування Землі має великі перспективи у дослідженнях водних об'єктів України.

Бібліографія

1. Бабій П.О., Вишневський В.І., Шевчук С.А. Річка Рось та її використання. Київ: Інтерпрес ЛТД, 2016. 128 с.
2. Вишневський В.І. Просторово-часова мінливість «цвітіння» води у дніпровських водосховищах. Український журнал дистанційного зондування Землі: електрон. наук. фак. вид. / Нац. акад. наук України, Ін-т геол. наук, Наук. центр аерокосм. дослідж. Землі. Київ: [б. в.], 2019. № 20. С. 18–27.
3. Вишневський В.І., Шевчук С.А. Оцінювання стану водних об'єктів Києва за даними дистанційного зондування Землі. Український журнал дистанційного зондування Землі: електрон. наук. фак. вид. / Нац. акад. наук України, Ін-т геол. наук, Наук. центр аерокосм. дослідж. Землі. Київ: [б. в.], 2016. № 11. С. 4-9.
4. Вишневський В.І., Шевчук С.А. Вітер як чинник впливу на температуру і «цвітіння» води у дніпровських водосховищах. Праці Центральної геофізичної обсерваторії. Київ: Інтерпрес ЛТД, 2017. Вип. 13(27). С. 63–65.

5. Вишневський В.І., Шевчук С.А., Бондар А.Є., Шевченко І.А. Сучасна площа дніпровських водосховищ. Український журнал дистанційного зондування Землі: електрон. наук. фак. вид. / Нац. акад. наук України, Ін-т геол. наук, Наук. центр аерокосм. дослідж. Землі. Київ: [б. в.], 2017. № 14. С. 4–11.
6. Вишневський В.І., Шевчук С.А., Шевченко І.А. Сучасні розміри дніпровських водосховищ. // Водне господарство України. Київ: РВС-ПРИНТ, 2017. № 4. С. 19–25.
7. Шевчук С.А., Козицький О.М., Вишневський В.І. Сучасний стан оз. Алмазне та заходи з його екологічного оздоровлення // Меліорація і водне господарство. 2017. Вип. 105. С. 39–45.
8. Вишневський В.І., Шевчук С.А. Використання даних дистанційного зондування Землі у дослідженнях водних об'єктів України. Київ: Інтерпрес ЛТД, 2018. 116 с.
9. Вишневський В.І., Шевчук С.А. Використання даних супутників Aqua і Terra у дослідженнях «цвітіння» води дніпровських водосховищ. Праці Центральної геофізичної обсерваторії. Київ: Інтерпрес ЛТД, 2018. Вип. 14(28). С. 44–49.
10. Матеріали по типизации рек Украинской ССР. Гидрографические характеристики рек Украинской ССР / Н.И. Дрозд. Киев: Изд-во АН УССР, 1953. Т. 2. 51 с.
11. Правила експлуатації водосховищ Дніпровського каскаду. / Яцик А.В. та ін. Київ: Генеза, 2003. 176 с.
12. Шевчук С.А., Вишневський В.І. Використання даних супутника Landsat 8 для визначення мікрокліматичних особливостей Києва. Український журнал дистанційного зондування Землі: електрон. наук. фак. вид. / Нац. акад. наук України, Ін-т геол. наук, Наук. центр аерокосм. дослідж. Землі. Київ: [б. в.], 2016. № 10. С. 4–9.
13. Шевчук С.А., Вишневський В.І. Чи є озеро Качине озером? Сучасні проблеми архітектури та містобудування: Наук.-техн. збірник / Під ред. М.М. Дьоміна. Київ: КНУБА, 2016. № 46. С. 362–366.
14. Щербак В.И., Майстрова Н.В. Фітопланктон Київської ділянки Канівського водоймища та чинники, що його визначають. Київ: Ін-т гідробіології НАН України, 2001. 70 с.
15. Romashchenko M.I., Yatsiuk M.V., Shevchuk S.A., Vyshnevskiy V.I., Savchuk D.P. (2018). About Some Environmental Consequences of Kerch Strait Bridge Construction. *Hydrology*, V. 6. № 1. 1–8.
16. Shevchuk S., Vyshnevskiy V. (2017) The use of remote sensing data to evaluate the state of the Danube River downstream and adjacent lakes. XXVII Conference of the Danubian countries on hydrological forecasting and hydrological bases of water management, 26–28 September, Golden Sands, Bulgaria, 616–621.
17. Vyshnevskiy V., Shevchuk S. (2018) Use of remote sensing data in investigations of ecological state of water bodies in urban area of Kyiv city. Proc. of International Symposium “The Environment and the Industry”. Bucharest, 312–318.

References

1. Babii, P.O., Vyshnevskiy, V.I., & Shevchuk, S.A. (2016). Richka Ros ta yii vykorystannia [The Ros River and it's use]. Kyiv, Interpress LTD. [in Ukrainian].
2. Vyshnevskiy, V.I. (2019). Prostorovo-chasova minlyvist “tsvitinnia” vody u dniprovykykh vodoshkovyshchakh [Spatio-temporal variability of algal bloom in the Dnipro Reservoirs]. *Ukrainskyi zhurnal dystantsiinoho zonduvannia Zemli* [Ukrainian Journal of Remote Sensing], 20, 18–27. [in Ukrainian].
3. Vyshnevskiy, V.I., & Shevchuk, S.A. (2016). Otsiniuvannia stanu vodnykh obektiv Kyieva za danymy dystantsiinoho zonduvannia Zemli [Estimation of the status of water bodies of Kyiv based on remote sensing data]. *Ukrainskyi zhurnal dystantsiinoho zonduvannia Zemli* [Ukrainian Journal of Remote Sensing], 11, 4-9. [in Ukrainian].
4. Vyshnevskiy, V.I., & Shevchuk, S.A. (2017). Viter yak chynnyk vplyvu na temperaturu i tsvitinnia vody u dniprovykykh vodoshkovyshchakh [Wind as a factor of influence on temperature and algal bloom in Dnipro Reservoirs]. *Pratsi Tsentralnoi heofizychnoi observatorii* [Proceedings of the Central Geophysical Observatory], 13(27), 63–65. [in Ukrainian].
5. Vyshnevskiy, V.I., Shevchuk, S.A., Bondar, A.Ie., & Shevchenko, I.A. (2017). Suchasna ploschcha dniprovykykh vodoshkovyshch [The modern area of the Dnipro Reservoirs]. *Ukrainskyi zhurnal dystantsiinoho zonduvannia Zemli* [Ukrainian Journal of Remote Sensing], 14, 4–11. [in Ukrainian].
6. Vyshnevskiy, V.I., Shevchuk, S.A., & Shevchenko, I.A. (2017). Suchasni rozmyry dniprovykykh vodoshkovyshch [Current sizes of the Dnipro Reservoirs]. *Vodne hospodarstvo Ukrainy* [Water management of Ukraine], 4, 19–25. [in Ukrainian].

7. Shevchuk, S.A., Kozytskyi, O.M., & Vyshnevskiy, V.I. (2017). Suchasnyi stan oz. Almazne ta zakhody z yoho ekolohichnoho ozdorovlennia [The current state of the Almazne lake and measures for its environmental improvement]. *Melyoratsiia i vodne hospodarstvo* [Land reclamation and water management], 105, 39–45. [in Ukrainian].
8. Vyshnevskiy, V.I., & Shevchuk, S.A. (2018). Vykorystannia danykh dystantsiinoho zonduvannia Zemli u doslidzhenniakh vodnykh ob'ektiv Ukrainy [Use of remote sensing data in study of water bodies of Ukraine]. Kyiv, Interpress LTD. [in Ukrainian].
9. Vyshnevskiy, V.I., & Shevchuk, S.A. (2018). Vykorystannia danykh suputnykiv Aqua i Terra u doslidzhenniakh "tsvitinnia" vody dniprovsykykh vodoshkovyshch [The use of Aqua and Terra satellites in study of algal bloom of the Dnipro Reservoirs]. *Pratsi Tsentralnoi heofizychnoi observatorii* [Proceedings of the Central Geophysical Observatory], 14(28), 44–49. [in Ukrainian].
10. Drozd, N.Y. (1953). *Materyaly po typyzatsii rek Ukraynskoi SSR* [Materials for classification of rivers of the Ukrainian SSR]. *Hydrohrafycheskye kharakterystyky rek Ukraynskoi SSR* [Hydrographic characteristics of the rivers of the Ukrainian SSR]. Vol. 2. Kyiv, Yzdatelstvo AN USSR. [in Russian].
11. Yatsyk, A.V., Tomiltseva, A.I. & in. (2003). *Pravyla ekspluatatsii vodoshkovyshch Dniprovs'koho kaskadu* [Rules for operation of reservoirs of the Dnipro Cascade]. Kyiv, Heneza. [in Ukrainian].
12. Shevchuk, S.A., & Vyshnevskiy, V.I. (2016). Vykorystannia danykh suputnyka Landsat 8 dlia vyznachennia mikroklimatychnykh osoblyvostei Kyieva [Use of Landsat 8 satellite data to determine microclimatic features of Kyiv]. *Ukrainskyi zhurnal dystantsiinoho zonduvannia Zemli* [Ukrainian Journal of Remote Sensing], 10, 4-9. [in Ukrainian].
13. Shevchuk, S.A., & Vyshnevskiy, V.I. (2016). Chy ie ozero Kachyne ozerom? [Is Lake Kachine a lake?]. *Suchasni problemy arkhitektury ta mistobuduvannia* [Modern problems of architecture and urban planning], 46, 362–366. [in Ukrainian].
14. Shcherbak, V.Y., & Maistrova, N.V. (2001). *Fitoplankton kyivskoi dilianky Kanivskoho vodomyshcha ta chynnyky, shcho yoho vyznachaiut* [Phytoplankton of the Kyiv section of the Kaniv Reservoir and the factors which determine this]. Kyiv: Institute of Hydrobiology, NAS of Ukraine. [in Ukrainian].
15. Romashchenko, M.I., Yatsiuk, M.V., Shevchuk, S.A., Vyshnevskiy, V.I., Savchuk, D.P. (2018). About Some Environmental Consequences of Kerch Strait Bridge Construction. *Hydrology*. V. 6, № 1, 1-8.
16. Shevchuk, S.A., Vyshnevskiy, V.I. (2017). The use of remote sensing data to evaluate the state of the Danube River downstream and adjacent lakes. XXVII Conference of the Danubian countries on hydrological forecasting and hydrological bases of water management. Golden Sands, Bulgaria, 616–621.
17. Vyshnevskiy, V.I., Shevchuk S.A. (2018). Use of remote sensing data in investigations of ecological state of water bodies in urban area of Kyiv city. *Proc. of International Symposium The Environment and the Industry*. Bucharest, 312–318.

С.А. Шевчук, В.И. Вишнеvский, И.А. Шевченко, О.Н. Козицкий
Исследования водных объектов Украины с использованием данных
дистанционного зондирования Земли

Аннотация. Представлены результаты исследований водных объектов Украины с использованием данных дистанционного зондирования Земли. Эти данные позволяют изучать историю возникновения водных объектов, исследовать их морфометрические характеристики, температуру воды, ледовый режим, распространение зарастания, уровень «цветения» воды и даже ее качество. Установлено, что длина рек, особенно небольших, является большей, чем считается. Это обусловлено тем, что в прошлом эта длина определялась по топографическим картами, на которых мелкие извилины не было возможности показать. Определено, что площадь днепровских водохранилищ меньше, чем она указана в справочных источниках. Прежде всего это обусловлено заилением и зарастанием водохранилищ. Кроме того, во многих случаях часть акватории отделена для хозяйственных нужд. Вследствие этого, площадь Киевского водохранилища, по сравнению с проектной, уменьшилась примерно на 100 км². Значительным является уменьшение акватории и других водохранилищ, за исключением Каховского. Опираясь на уточненную площадь водохранилищ, рассчитан их полезный объем. По сравнению с первоначальным он уменьшился примерно на 1,5 км³, или примерно на 8%. Использование данных спутников Landsat дало возможность установить пространственно-временные особенности термического режима днепровских водохранилищ. Определено, что значительное влияние на температуру воды имеет работа ГЭС, расположенных выше по течению. В холодное время года на температуру воды заметно влияют также сбросы некоторых предприятий. Опираясь на спутниковые снимки, установлено важнейшие особенности

распространения льда по акватории. Последним ото льда освобождается Кременчугское водохранилище, расположенное в центре каскада. Для этого же водохранилища характерно наибольшее «цветение» воды. В то же время наименьшее «цветение» наблюдается в Киевском водохранилище. В течение года наибольшее развитие водорослей наблюдается в августе, прежде всего при наступлении теплой и солнечной погоды.

Ключевые слова: водные объекты, дистанционное зондирование Земли, размеры, экологическое состояние, температура воды, зарастание, «цветение» воды.

S.A. Shevchuk, V.I. Vyshnevskiy, I.A. Shevchenko, O.M. Kozytskyi

Research of water objects of Ukraine using the data of remote sensing of the Earth

Abstract. The results of the study of water bodies of Ukraine, based on the use of remote sensing data, are presented. This study concerns the history of water bodies, their morphometric characteristics, water temperature, ice regime, overgrowth, algal bloom and even water quality. It is determined that the length of rivers, first of all small ones, is usually longer than it is considered. The main causes of it - the possibility to use high-quality satellite images, but not the old maps, on which the small meanders were shown without details. It is determined that the area of the dnipro's reservoirs is less than that indicated in the reference books. First of all, this is due to siltation and overgrowing of reservoirs. In addition, in many cases, part of the water area is separated for household needs. As a result, the area of the Kyivske reservoir, compared with the design value, decreased by about 100 km². The decrease in the water area of others reservoirs, with the exception of Kakhovske one, is significant as well. Based on the specified area of reservoirs, their useful volume was calculated. Compared to the original, it decreased by about 1.5 km³, or by about 8%. The use of Landsat satellite data made it possible to establish the spatial and temporal features of the thermal regime of the dnipro's reservoirs. It was determined that the operation of hydroelectric power plants located upstream has a significant effect on water temperature. In the cold season, the water temperature is also significantly affected by the discharge of some enterprises. Based on satellite images, the most important features of the distribution of ice over the water area have been established. The longest existence of the ice cover, as a rule, is observed on large Kremenchuts'ke reservoir, created in the middle of the cascade. For the same reservoir, the greatest "bloom" of water is characteristic. At the same time, the smallest "bloom" is observed in the Kyiv reservoir. During the year, the greatest development of algae is observed in August, especially when warm and sunny weather sets in.

Key words: water objects, remote sensing, dimensions, ecological state, water temperature, overgrowth, algal bloom.