



University of Chicago Press, 1997. – 384 p. – ISBN 0226767477.

10. Ward, K.W. The oblique zenithal equidistant projection / K.W. Ward, C. Bateman // Cartographic Journal. – 1967. – V. 4, No. 2. – P. 127-137. – [Centered on Glasgow.]

Інтернет-ресурси

11. *Aeronautical Charts: Annex 4 to the Convention on International Civil Aviation. International Standards and Recommended Practices.* – Montréal, Quebec, 2009. – 166 p. – ISBN 978-92-9231-338-8. – Mode of access:

https://www.casa.gov.au/sites/g/files/net351/f/_assets/main/lib91135/an04_cons.pdf

12. Botley, F.V. A new use for the Plate Carrée projection / F.V. Botley // Geographical Review. – 1951. – Vol. 41, No. 4. – P. 640-644. – [Oblique Equidistant Cylindrical projection]. – <http://www.jstor.org/stable/210710>

13. Davies, J. Maps: Other: Azimuth and Distance from London / J. Davies. – <https://www.jasondavies.com/maps/azimuth-distance>

14. Furuti, C.A. Home page: Map projection: Oblique projections / C.A. Furuti. – <http://www.progonos.com/furuti/MapProj/CartIndex/cartIndex.html>

Надійшла 14.10.15

* * *

УДК 528.88: 627.8

Т. М. Курач, І. О. Підлісецька, О. В. Томченко

РЕКОНСТРУКЦІЯ ВИГЛЯДУ РІЧИЩА ЦЕНТРАЛЬНОЇ ЧАСТИНИ ДНІПРА ЗА КОСМІЧНИМИ ЗНІМКАМИ

Предложена методика исследования трансформации природных явлений с использованием картографических материалов и данных дистанционного зондирования Земли. Ее апробировано на примере оценки трансформации русла и пойменных комплексов Киевского и Каневского водохранилищ. Для создания карт реконструкции использованы немецкие топографические карты 1943 г. Рассчитанный индекс содержания влаги и проведенная бинарная классификация космоснимков со спутников Landsat позволили оценить состояние русла на 1985 и 2015 гг.

The method of study of transformation of natural phenomena with the use of cartographic materials and materials for remote sensing of the Earth is proposed. The method was tested by the example of the evaluation of the transformation of river bed and floodplain complexes of Kyiv and Kaniv reservoirs. To create maps of reconstruction of reservoirs German topographic maps of 1943 were used. Calculated index of moisture content and conducted binary classification of space imageries from Landsat satellites allowed to assess the bed condition in 1985-2015.

Постановка проблеми. Первинне русло Дніпра, який протікає територією України, в природному стані збереглося лише на ділянці в 100 км. Решта зарегульована каскадом Дніпровських водосховищ: Київським, Канівським, Кременчуцьким, Дніпродзержинським, Дніпровським, Каховським загальною площею водного дзеркала близько 7 тис. км². Масові проектні й практичні гідробудівельні роботи на Дніпрі розпочалися в 1928 р. зі спорудження Дніпрогесу, а потім ще низки гідровузлів і завершилися в 1980 р. За весь цей час річку від державного кордону з Республікою Білорусь до Каховки було перетворено на каскад водосховищ.

Цей грандіозний проект вирішив проблему безпечного забезпечення електроенергією і водою населення, промисловості та сільського господарства, збільшення обсягів водоспоживання і рівномірного його розподілу протягом року, захистив долину річки від катастрофічних повеней. Водночас створення великих водосховищ на Дніпрі спричинило затоплення значних площ земель, зміну гідрологічного, гідрохімічного та гідробіологічного режимів самої річки, а

також інженерно-геологічних умов у прибережних зонах, функціональне перетворення екосистеми з річкової на озерно-річкову з відповідним сповільненням водообміну і самоочищення вод, значними втратами води від випаровування тощо.

Усього Дніпровськими водосховищами затоплено майже 710 тис. га земель, з них 197,6 тис. га – це піщані землі та землі, непридатні для використання, 261,5 тис. га – ліси, дрібнолісся, 177,6 тис. га – сінокоси, пасовища, 73,2 тис. га – орні землі, сади, садиби. Продуктивні землі становили близько 30 % затопленої території. За даними В. Кредо, затоплено понад 3 тис. сіл, зігнано з одвічних земель більш як 3 млн людей, знищено понад 500 тис. садиб, зруйновано і затоплено понад 2 500 релігійних храмів, майже 3 тис. шкіл, приблизно стільки ж бібліотек і музеїв [4]. Тільки Київське водосховище затопило близько 250-ти християнських храмів і релігійних споруд [3]. Зникло багато археологічних, архітектурних і культурних пам'яток різних епох, зокрема Київське водосховище затопило майже 300 давніх поселень періоду Київської Русі.

Водосховища значно вплинули на природу краю: в результаті затоплення плавнів збіднів багатий тваринний і рослинний світ, змінився видовищний

© Т. М. Курач, І. О. Підлісецька, О. В. Томченко, 2015



ландшафт. Отже, спорудження Київської ГЕС, як і взагалі всього Дніпровського каскаду, поряд з позитивними результатами спричинило низку екологічних проблем, без вирішення яких неможливе безпечне функціонування екосистеми Дніпра.

Аналіз попередніх досліджень. Вивчення Дніпра розпочалося кілька тисяч років тому. Про це відомо зі спогадів Геродота, з "Повісті временних літ". Крім описів відбувалося й картографування річки. Кілька карт, на яких показано Дніпро, було вміщено в атласі Меркатора, виданому в 1633 році. В "Описі України" французького військового інженера Гійома Лавассера де Боплана є текст та картографічні матеріали про річки басейну Дніпра. Кілька карт Боплана вміщено в Атласі світу голландського картографа Йоанна Блау. Дніпро та його водозбір детально відображені на військово-топографічній карті масштабу 1:126 000, відомій як "триверстна", яку видано в середині XIX ст. На старовинних картах добре видно, що для Дніпра в минулому була характерна багаторукавність русла, наявність великої кількості островів.

Ґрунтовні дослідження гідрографічних об'єктів басейну Дніпра розпочалися вже наприкінці XIX ст., зі стрімким розвитком судноплавства. За радянської влади гідрологічні дослідження набули системного та планового характеру. Серед науковців, що досліджували або продовжують досліджувати різні аспекти водного режиму, радіаційного забруднення, гідрохімічних особливостей Дніпра, виділимо О. В. Войцеховича, Й. А. Железняка, В. І. Осадчого, Н. М. Осадчу, А. І. Шерешевського, С. С. Дубняка та ін. Навігаційні карти Дніпра створено Київською військово-картографічною фабрикою у 2009-2010 рр. Особливістю цих карт є показ старого русла річки, а також затоплених населених пунктів (навіть із зазначенням кількості будинків). Але сучасних детальних карт Дніпра від витoku до гирла досі немає.

Мета статті – оцінити трансформації русла Дніпра та його заплави в межах Київського і Канівського водосховищ за картографічними матеріалами та даними дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) й реконструювати первісний вигляд річища та заплави до побудови гідроспоруд.

Виклад основного матеріалу. Вихідні дані. Для визначення сучасного стану русла Дніпра було використано знімки з КА Landsat-8 зі сенсором OLI у двох режимах зйомки: VNIR (мультиспектральний видимий і ближній інфрачервоний діапазони), SWIR (середній інфрачервоний діапазон) розрізненістю 30 м станом на 2015 р. А для встановлення ретроспективного вигляду Дніпра було використано космознімки з КА Landsat-5 станом на 1985 р. та німецькі топографічні карти 1943 р.

Сьогодні функціонує багато супутників ДЗЗ, на яких встановлено прилади для забезпечення спостереження Землі в оптичному та ІЧ-діапазонах. Для нашого дослідження обрано космознімки із супутників серії Landsat з таких міркувань:

1) програма Landsat є однією з найперших з-по-

між складених для потреб космічного дистанційного зондування Землі, а тому й зберігає тривалий часовий ряд архівних космознімків (запуск першого космічного апарату (Landsat-1) здійснено іще в 1972 р. зі смугою знімання 185 км і періодичністю 16 днів);

2) дані Landsat-5, 7 та 8 вільно поширюються через EarthExplorer – сервіс USGS (earthexplorer.usgs.gov).

Для реконструкції русла Дніпра до утворення водосховищ використано німецькі топографічні карти масштабу 1:50 000, створені на основі матеріалів аерофотозйомки часів Другої світової війни (1943 р.; <http://www.wwii-photos-maps.com/prewarmapsm36-1-50000/>). Топографічні карти було прив'язано у програмі ArcGIS у проекції UTM і виконано їх цифрування.

Застосування методів ДЗЗ і технології ГІС надає можливість діагностувати явища, регулярно відстежувати стан територій, забезпечує широку оглядовість місцевості, високу оперативність одержання інформації. Використання комп'ютерних алгоритмів оброблення даних дає змогу автоматично визначати межі води і суші та площ затоплених земель.

Методика дослідження. Для оцінювання стану русла Дніпра обрано космознімки на дослідну територію із хмарністю не більше 80 % площі покриття. На першому етапі оброблення знімків у програмі ArcGIS виконано синтезування з комбінуванням каналів: для знімків супутника Landsat-5 – 5:4:2 та Landsat-8 – 6:5:3.

На другому етапі вихідні космозображення було переведено в індексні. Для отримання індексного зображення значення яскравості кожного пікселя обчислено із застосуванням арифметичних операцій над значеннями яскравості пікселів із різних каналів знімка. Що це дає? При вивченні об'єктів за багатозональними знімками часто важливі не їх абсолютні значення, а характерні співвідношення між значеннями яскравості об'єкта в різних спектральних зонах. На таких зображеннях чіткіше і контрастніше виділяються шукані об'єкти, ніж на вихідних знімках.

При роботі зі спектральною інформацією часто вдаються до створення так званих «індексних» зображень. Спектральні індекси як показники особливостей відбиття сонячної радіації від різних об'єктів земної поверхні та в різних спектральних діапазонах визначаються в процесі математичних операцій зі спектральними яскравостями знімальної системи, отриманими в різних діапазонах. Наразі існують сотні різноманітних індексів, згрупованих у категорії за властивостями земної поверхні, які вони характеризують. У нашій статті використано **індекс умісту вологи NWI (Normalized Water Index)**, або водний індекс – унормоване співвідношення зеленого та середнього інфрачервоного каналів спектра, що його вперше увів у 1996 р. Б. Гао [7]. Цей індекс обчислюється за формулою

$$NWI = \frac{Green - Swir}{Green + Swir}, \quad (1)$$

де *Green* – ділянка діапазону з довжинами хвиль в інтервалі 0,525-0,600 мкм; *Swir* – ділянка середнього



інфрачервоного діапазону з довжинами хвиль в інтервалі 1,560-1,660 мкм.

На третьому етапі виконується порогове оброблення отриманого індексного зображення для кожного знімка. Порогова класифікація полягає в поділі об'єктів на класи за значенням якоїсь ознаки. Для цього встановлюється поріг, і якщо значення ознаки нижче цього порога, об'єкти відносяться до одного класу, вище – до іншого. У нашому випадку бінарна індексна класифікація космічних зображень виконувалася з використанням індексу NWI і порога 0,04. Всі пікселі, для яких індекс більше даного значення, відносили до класу води, менше – до класу суші. Такий підхід дозволив швидко розділити всі пікселі знімка на два класи – вода і суша.

У результаті всіх перетворень було отримано растри водної поверхні, які в подальшому конвертовано у вектор. Для кращого візуального порівняння отримані вектори суміщалися один з одним.

Апробація методики на прикладі Київського та Канівського водосховищ. Порівняння історичних карт і сучасних даних ДЗЗ дозволяє проводити реконструкцію гідрографічної мережі певної території чи ландшафтних карт як окремих водойм, так і водних басейнів. Цікаві результати дає і порівняння вигляду водних об'єктів до і після антропогенних трансформацій. Прикладом може слугувати проведення нами оцінювання трансформації річища Дніпра та його заплави у верхній частині Київського та в середній Канівського водосховищ.

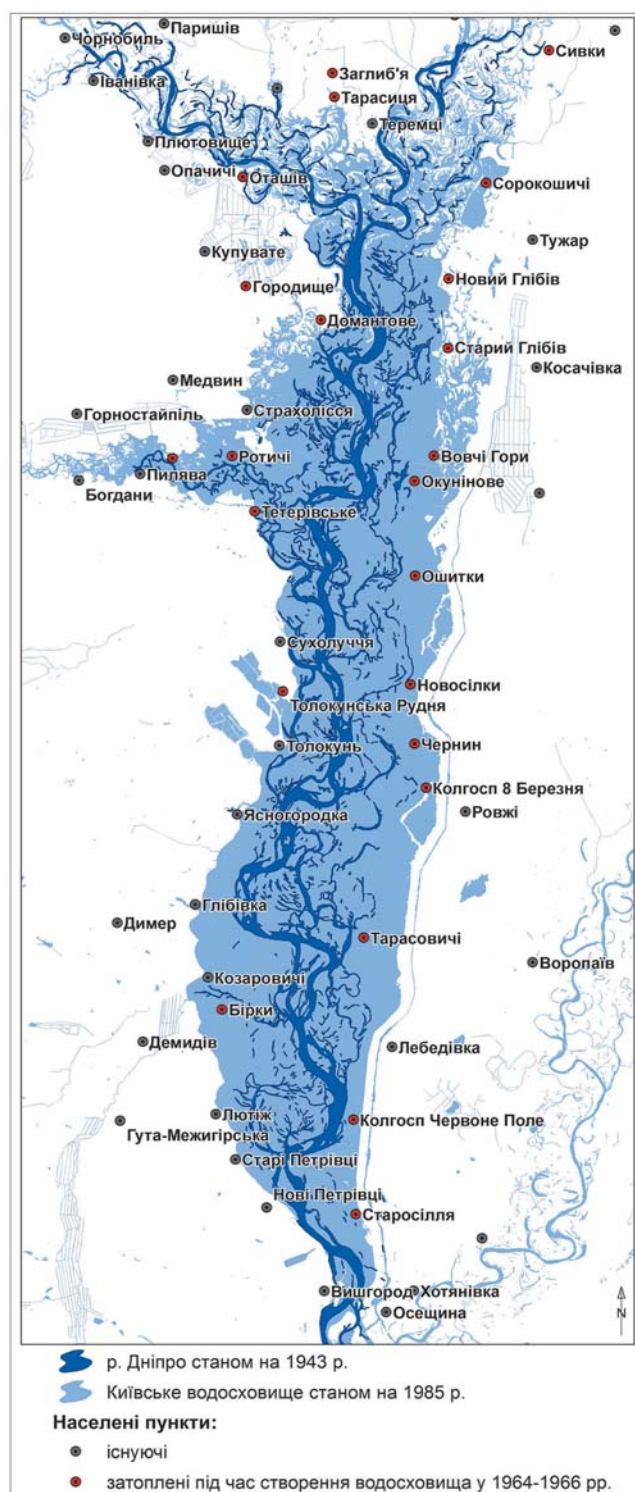
Київське водосховище є одним із шести водосховищ Дніпровського каскаду. Воно належить до водних об'єктів загальнодержавного значення. Уведено в експлуатацію в 1964 р. Загачено греблею Київської ГЕС на території Київської і Чернігівської областей України та Гомельської області Білорусі. Його площа за нормального підпірного рівня становить 92,2 тис. га, об'єм – 3,73 км³, довжина – 110 км. Найбільша ширина водосховища – 12 км, середня глибина – 4,1 м. Рівень води під час сезонного регулювання стоку коливається у межах 1,5 м [5].

Первинна рослинність поліських заплів Дніпра і нижніх течій Прип'яті й Тетерева до утворення Київського водосховища була представлена деревно-чагарниковими, лучними, болотними і прибережно-водними (земноводними) фітоценозами. На деревно-чагарникову рослинність припадало: в заплаві поліської частини Дніпра – 10-12 % усієї площі заплави, Прип'яті – 8-10 %, Тетерева – 14-17 %. Лучні фітоценози займали відповідно 70-90 %, 70-80 %, 70-80 %; болотні – 4-6 %, 12-15 %, 4-6 %; прибережно-водні – 1-2 %, 1-2 %, 1-1,5 % [1].

Водосховище внесло відчутні зміни у природні умови краю: гідрологічні, підґрунтово-ґрунтові та еколого-біологічні режими лучних ділянок, які опинилися під впливом мілководного затоплення і підґрунтово-ґрунтового підтоплення. Ці зміни позначились на формуванні, розвитку й становленні їх рослинних фітоценозів [1].

Отримані карти реконструкції старого русла Дніпра дозволили відтворити історичний вигляд річки до

утворення водосховища. Порівнявши ці матеріали з сучасними актуальними космічними знімками після їх дешифрування, ми змогли оцінити масштаби затоплення і трансформації заплави Дніпра, які відбулися внаслідок зарегулювання річки Київською ГЕС. Вигляд природного русла Дніпра та акваторії Київського водосховища в стані повного наповнення відтворено на мал. 1.



Мал. 1. Трансформація річища та заплавних комплексів р. Дніпро в результаті створення Київського водосховища

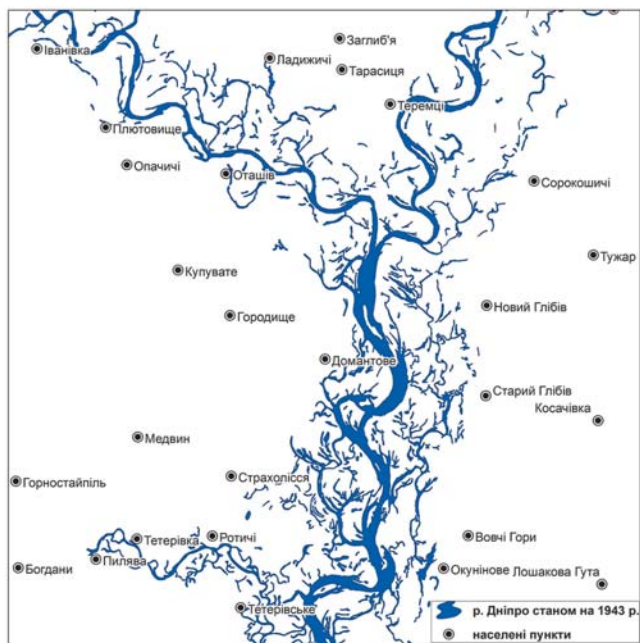


На мал. 2 детально показано поступову трансформацію найбільш динамічної ділянки водосховища, а саме його верхів'я. На зображеннях добре видно, що за досліджуваний період відбулося значне заростання акваторії водосховища вищою водною рослинністю, і хоча нині вона у видовому складі значно відрізняється від історично притаманної лучної, але помітно, що форма заплави поступово відновлюється.

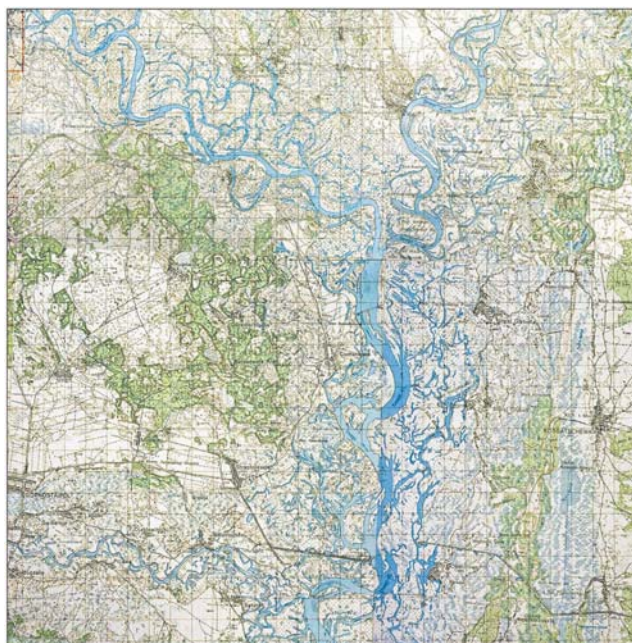
Канівське водосховище є наймолодшим у каскаді водосховищ, створених на Дніпрі. Його заповнення водою відбувалось протягом 1974-1976 рр.

Водосховище покриває площу 675 км² і вміщує близько 2,63 км³ води. Простягається приблизно на 123 км, максимальна ширина – 8 км. Найбільша глибина – 21 м. Біля берегів водосховище дуже мілке.

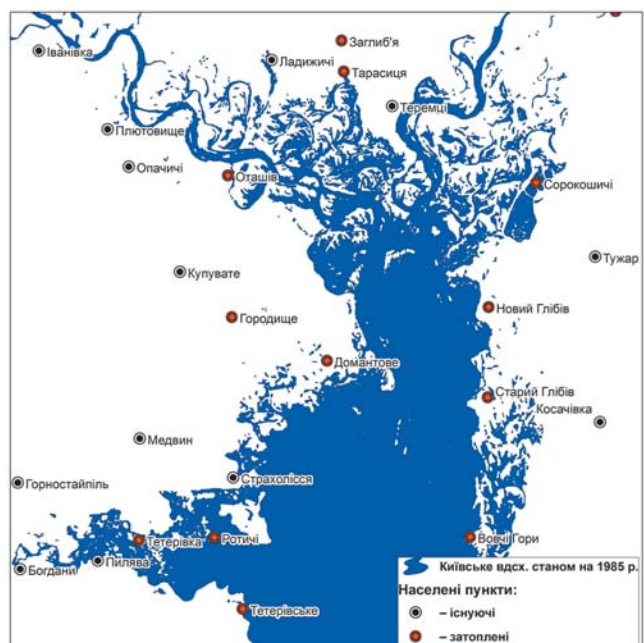
На ділянці Корчувате – Трипілля до будівництва Канівського водосховища вздовж берега Дніпра була розгалужена система стоячих водойм різних типів. Разом ці мілководні, добре прогрівані, зарослі водною рослинністю озера були цінними нерестовищами та нагульними угіддями. Дана місцевість з давніх-давен була відомою своїми рибними багатствами. Ловили тут навіть осетрів та стерлядь.



а



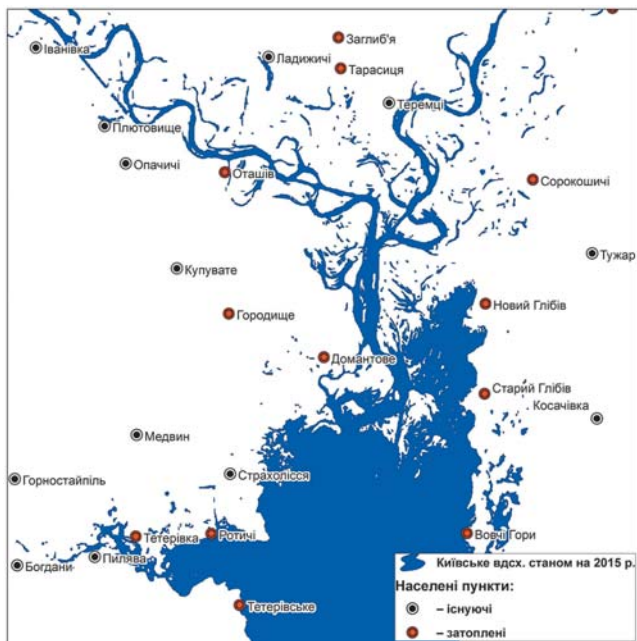
б



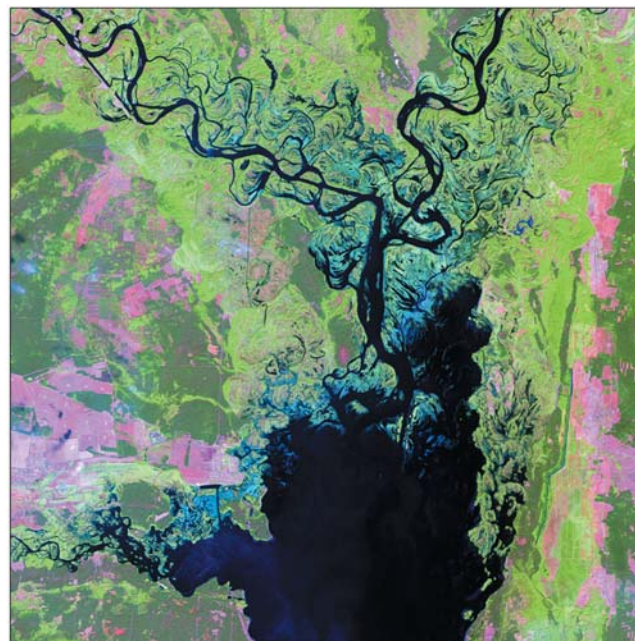
в



г

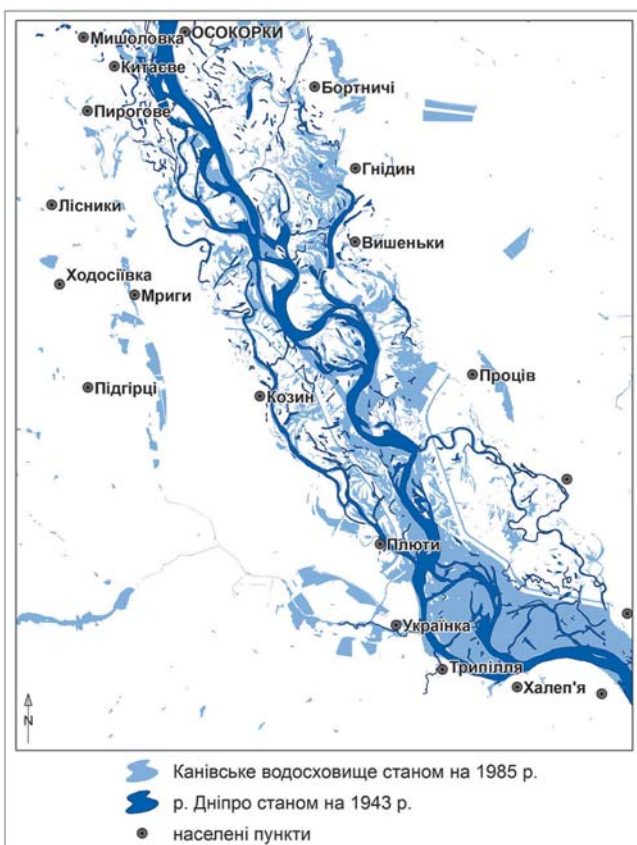


г

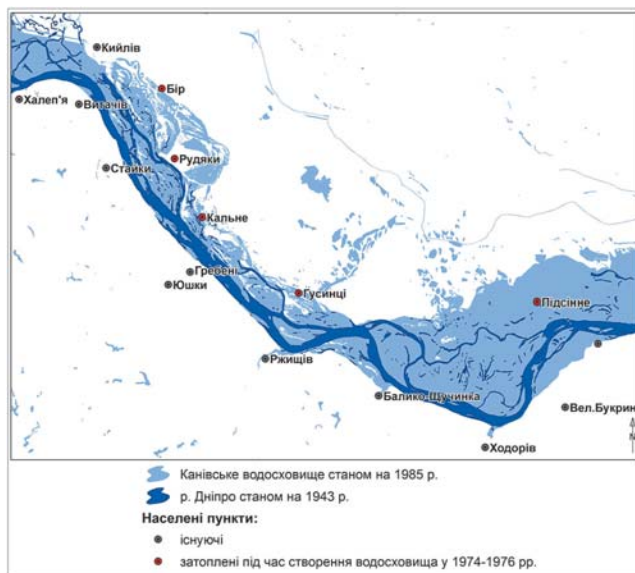


д

Мал. 2. Відновлення природного стану руслових і заплавних біотопів р. Дніпро у верхів'ях Київського водосховища. Вигляд досліджуваної ділянки на різні дати: 1943 р. – за німецькою топографічною картою (а і б); 1985 р. – за космічним знімком Landsat-5 (в і г); 2015 р. – за космічним знімком Landsat-8 (г і д)



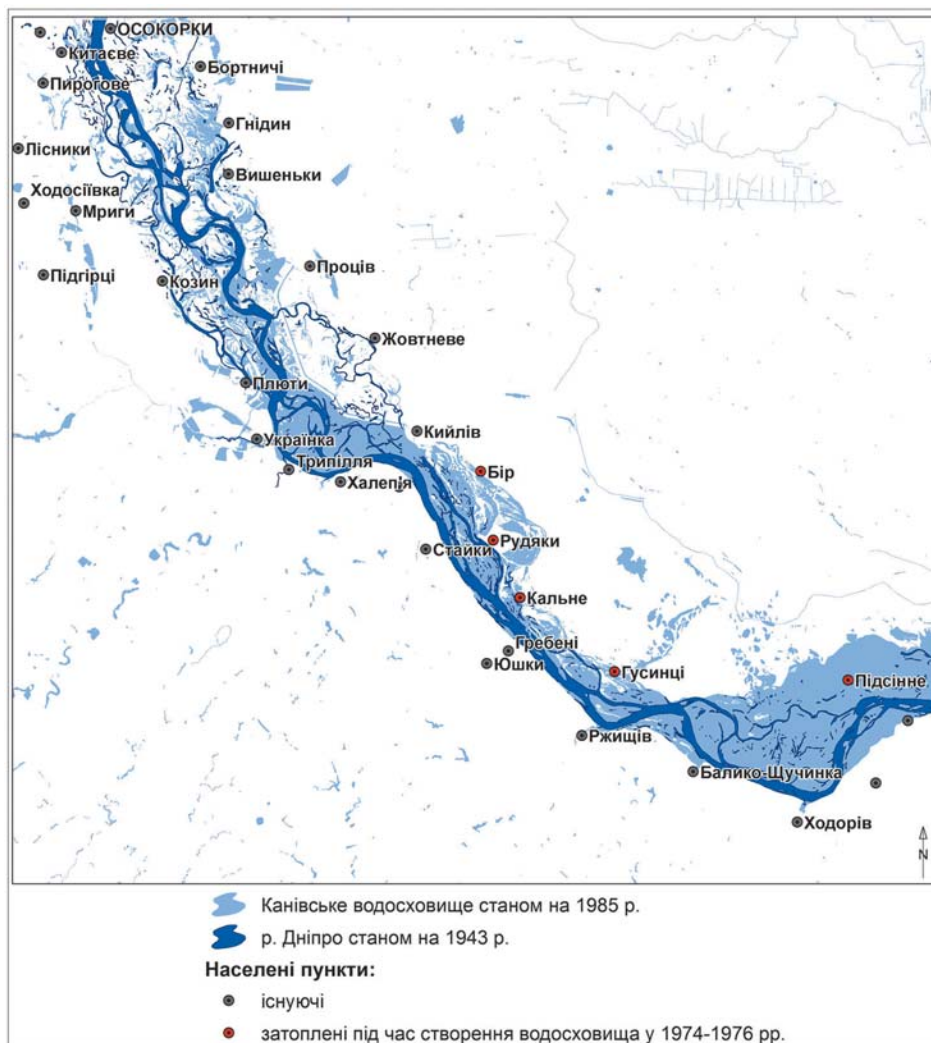
а



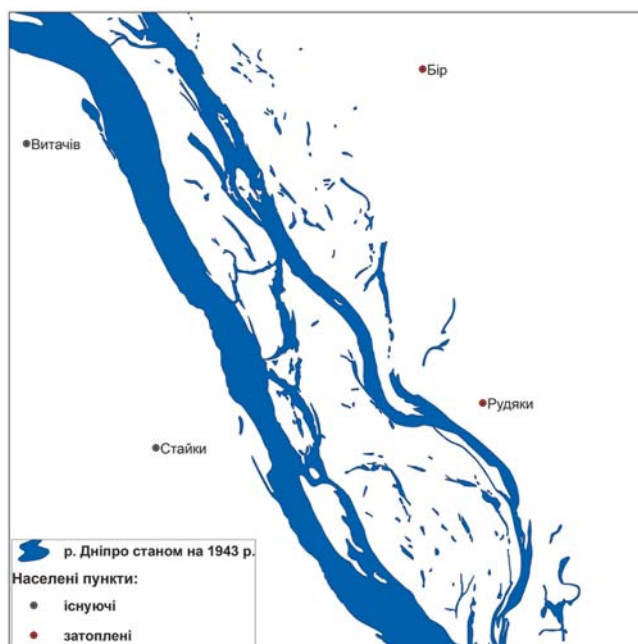
б

Мал. 3. Трансформація річища та заплавних комплексів р. Дніпро в результаті створення Канівського водосховища: а – верхів'я водосховища, б – середня його частина

Використавши вищеописану методику визначення водного індексу за космоснімками, ми побудували карти історичного вигляду верхньої та середньої ділянок Канівського водосховища (мал. 3). На них, як і на картах Київського водосховища, видно, як протягом досліджуваного періоду відбувається трансформація водойми, що візуально нагадує первісні контури природного русла (мал. 3-5).



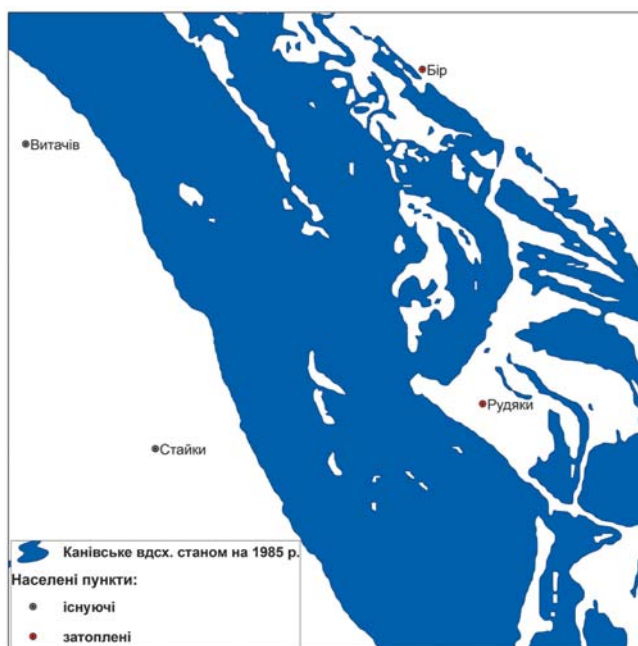
Мал. 4. Трансформація річища та заплавної комплексів р. Дніпро в результаті створення Канівського водосховища



а



б



b



v



g



r

Мал. 5. Відновлення природного стану руслових і заплавних біотопів р. Дніпро у середній ділянці Канівського водосховища (Київсько-Ржищівські водно-болотні угіддя). Вигляд досліджуваної ділянки на різні дати: 1943 р. – за німецькою топографічною картою (а і б); 1985 р. – за космічним знімком Landsat-5 (в і г); 2015 р. – за космічним знімком Landsat-8 (г і д)

Висновки. Здійснена реконструкція річища Дніпра та його заплави на ділянках Київського і Канівського водосховищ за картографічними матеріалами та даними ДЗЗ на різні дати виявила наявність тенденції до природного відтворення первісного вигляду річки. Результати роботи представлено у вигляді картографічних зображень, що наочно візуалізують про-

цеси трансформації обраних ділянок дослідження. Запропоновану методику у подальшому можна застосувати для оцінювання змін усєї водної поверхні Дніпровського каскаду водосховищ. Для можливого порівняння та оптимізації прогнозової оцінки доречно провести оцінювання змін із залученням різних методик математико-статистичного аналізу.



Література

1. *Афанасьев, Д.Я.* Про формування та розвиток земноводної рослинності мілководь у заплавах Дніпра, Прип'яті, Тетерева // Укр. бот. журн. – 1983. – Т. 30, № 1. – С. 96-103.
2. *Зуб, Л.М.* Оценка трансформации водно-болотных угодий с использованием космической информации ДЗЗ (на примере верховий Киевского водохранилища) / Л.М. Зуб, О.В. Томченко // Гидробиол. журн. – 2015. – Т. 51, № 6. – С. 29-40.
3. *Ковальчук, Л.* Киевское море: там, где сейчас лежит радиоактивный ил, прежде было 52 села // Сегодня. – 2002. – 25 мар. – С. 10.
4. *Кредо, В.* Дніпровський каскад ГЕС загрожує Європі? // Зел. світ. – 1996. – № 1. – С. 15-17.
5. *Мальцев, В.І.* Водно-болотні угіддя Дніпровського екологічного коридору / В.І. Мальцев, Л.М. Зуб, Г.О. Карпова [та ін.] – К.: Недерж. наук. устан. "Ін-т екол. "ІНЕКО"; Карадаз. прир. запов. НАН України, 2010. – 142 с.
6. *Томченко, О.В.* Обґрунтування методів системного аналізу стану водно-болотних угідь з використанням даних дистанційного зондування Землі і наземних спостережень (на прикладі верхів'я Київського водосховища): автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.07.12 "Дистанційні аерокосмічні дослідження" / О.В. Томченко. – К.: ДП "Укртехінформ", 2015. – 22 с.
7. *Gao, B.* NDWI – a normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space / B. Gao // Remote Sensing of Environment. – 1996. – № 58. – P. 257-266.

Надійшла 23.09.15

* * *

До уваги авторів

1. Матеріали до "Вісника геодезії та картографії" подаються у текстовому редакторі Microsoft Word з дотриманням таких вимог: параметри сторінки А4; всі поля на сторінці по 2 см; розмір шрифту 10 пт; інтервал одинарний; автоматичні переноси не застосовувати; абзац починати за допомогою клавіші "ENTER".
2. Формули набираються у редакторі формул програми Microsoft Word. Розміри шрифту для формул: звичайний – 10 пт, великий індекс – 7 пт, малий індекс – 6 пт, великий символ – 11 пт, малий символ – 8 пт. **Ширина формули не повинна перевищувати 8 см.**
3. Малюнки, фото та схеми подаються **окремими файлами у графічному вигляді** у форматах *.eps (векторний), *.tif, *.jpg (растровий) з роздільною здатністю не менше 300 dpi, у моделі СМУК. Графічні зображення, вставлені в Microsoft Word або в інші редактори, **не приймаються!**
4. Розмірність малюнків і таблиць (ширина/висота): 80 / до 230 мм, 130 / 230 мм, 170 / до 230 мм. Розмір шрифту для таблиць – 10 пт. Кожна таблиця повинна мати заголовок.
5. До статті мають входити такі елементи: шифр УДК; резюме та назва статті українською, російською та англійською мовами; основний текст відповідно до вимог ВАК України; список літератури, укладений за правилами стандартів і в алфавітному порядку; відомості про авторів (прізвище, повне ім'я та по батькові, посада в установі, де працює (вчиться) автор, вчений ступінь, вчене звання, домашня і службова адреси, телефон, електронна пошта, інтернет-сторінка для зв'язку).
6. Стаття і додатки подаються в електронному вигляді чи пересилаються електронною поштою на адресу visnykgeodez@gmail.com або nv@gki.com.ua.

Редакція