

УДК 627.8.034.7:004.9:681.883:528.8(282.247.32) + 504.064:504.

А.Г. ШАПАР, чл.-кор. НАН України, д-р техн. наук, проф., директор Інституту проблем природокористування та екології НАН України, м. Дніпропетровськ, Україна

О.О. СКРИПНИК, канд. біол. наук, старший науковий співробітник відділу екологічного нормування Інституту проблем природокористування та екології НАН України, м. Дніпропетровськ, Україна

О.С. ТАРАНЕНКО, провідний інженер відділу екологічного нормування Інституту проблем природокористування та екології НАН України, м. Дніпропетровськ, Україна

Д.Д. ДУБОВИК, інженер I кат. відділу екологічного нормування Інституту проблем природокористування та екології НАН України, м. Дніпропетровськ, Україна

ДО ПИТАННЯ ВИЗНАЧЕННЯ ІНТЕНСИВНОСТІ ЗАМУЛЕННЯ ДНІПРОВСЬКИХ ВОДОСХОВИЩ

Запропонований підхід до визначення показників акумуляції твердого стоку дніпровських водосховищ на основі гідроакустичних вимірів, даних ДЗЗ та архівного картографічного матеріалу в середовищі ГІС.

Ключові слова: показники акумуляції твердого стоку, батиметрична модель, геоінформаційний аналіз, гідроакустичні виміри.

Вступ

Акумуляція твердого стоку в межах акваторії водосховищ призводить до поступового зменшення повного об'єму водосховищ і, як наслідок, підвищується рівень концентрації забруднюючих речовин при збереженні темпів надходження останніх, що, в свою чергу, спричиняє погіршення якості поверхневих вод р. Дніпро. Крім того, замулення, в кінці кінців, призведе до перетворення річкової екосистеми в озерно-болотну систему. Тому актуальною задачею сьогодення є визначення інтенсивності накопичення донних відкладів в межах дніпровських водосховищ. На даний час існує декілька підходів до визначення показників акумуляції твердого стоку:

- на основі фактичних значень показників балансу твердого стоку [1];
- на основі різночасових батиметричних моделей [2 – 6];
- на основі тематичного дешифрування даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) високої та надвисокої роздільної здатності [2] (частково).

Отримання достовірних значень більшості показників балансу твердого стоку є утрудненим, в т.ч. із-за відсутності досконалих

підходів, методик та розрахунків стоку твердих речовин і абразії берегів, що не дозволяє зробити об'єктивну оцінку стану замулення водосховища. За такого підходу загальний об'єм донних відкладів може бути обрахований як сума значень показників твердого стоку за певний інтервал часу. Проте більшість таких показників визначається експертним шляхом та має наближені значення. Деякі кількісні характеристики твердого стоку для дніпровських водосховищ узагальнені в [1, 7].

В свою чергу, геоінформаційний аналіз різночасових батиметричних даних дозволяє визначити фактичні значення показників акумуляції твердого стоку. Батиметричні дані можуть бути отримані за результатами гідроакустичної зйомки, натурних спостережень, даних ДЗЗ (частково), або відтворені з топографічних та навігаційних карт. Саме наявність актуальних гідроакустичних вимірів забезпечує якість та достовірність аналізу. Дані ДЗЗ додатково деталізують існуючі глибинні характеристики дніпровських водосховищ (в частині визначення меж мілководних ділянок глибиною до 1 м) та забезпечують актуалізацію деяких гідроморфометричних характеристик водосховищ, – площа водного дзеркала, площа островів тощо [2].

Аналіз літературних джерел свідчить про наявність тенденцій до визначення кількісних характеристик стану замулення водосховищ на основі геоінформаційного аналізу результатів гідроакустичної зйомки та архі-

вних картографічних даних. Вирішення питання визначення актуальних показників акумуляції твердого стоку в межах дніпровських водосховищ знаходиться на початковій стадії.

Методи визначення показників замулення водосховища в середовищі ГІС

Показники акумуляції твердого стоку, які можуть бути розраховані в середовищі ГІС на основі різночасових цифрових батиметричних моделей та даних ДЗЗ, були визначені нами раніше в [3]. До таких показників відносяться:

- потужність донних відкладів (максимальна, середня);
- об'єм донних відкладів;
- інтенсивність накопичення донних відкладів;
- зменшення об'єму водного об'єкту;
- зменшення відміток глибин (максимальна, середня);
- зменшення площі водного дзеркала;
- збільшення площі островів;
- збільшення площі мілководних ділянок тощо.

Геоінформаційні технології є сучасним методом отримання і аналізу просторової інформації та дозволяють інтегрувати в єдиному інформаційному середовищі батиметричну інформацію та дані ДЗЗ. Інформаційною основою при визначенні показників акумуляції твердого стоку за допомогою ГІС є батиметричні моделі водосховища на певні моменти часу (t_1, t_2, \dots, t_n) та результати тематичного дешифрування космічних знімків високої та надвисокої роздільної здатності.

Як видно з рисунка 1, процес замулення водосховища характеризується зменшенням значень відміток глибин. Виходячи з цього, потужність донних відкладів пропонується визначати опосередковано, враховуючи динаміку глибинних характеристик водосховища.

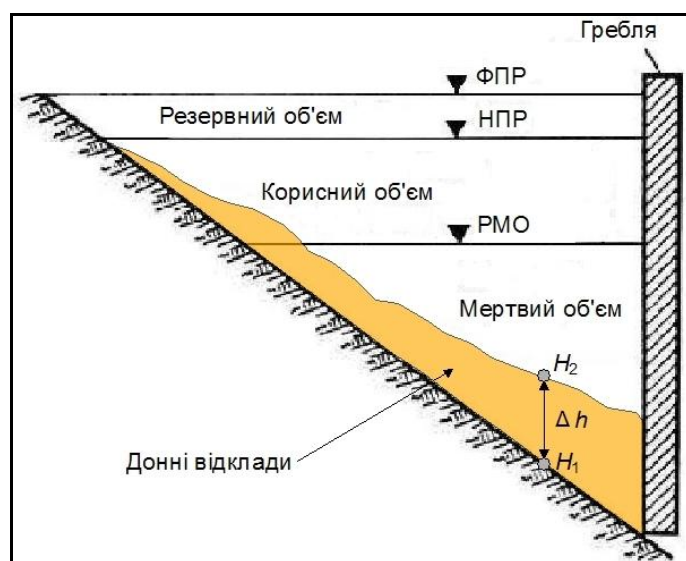


Рисунок 1 – Накопичення донних відкладів як основний фактор зменшення об'єму водосховища

В результаті гідроакустичних досліджень безпосередньо визначаються відмітки дна водосховища. Потужність донних відкладів може бути розрахована за формулою

$$\Delta h = H_2 - H_1,$$

де Δh – потужність донних відкладів, м; H_1, H_2 – відмітки глибин i -ої точки акваторії водосховища на моменти часу t_1, t_2 , м.

Слід зазначити, що Δh може набувати як додатних, так і від'ємних значень. Додатні значення характеризують інтенсивність накопичення донних відкладів, а від'ємні зна-

чення характеризують процеси розмиву та/чи виїмки донного матеріалу.

Гідроакустичні системи виміру глибини спираються на реєстрації часу проходження звукової хвилі у водному середовищі. Планова геоприв'язка наборів даних промірів глибин забезпечується засобами супутникових систем глобального позиціонування одночасно із проведенням гідроакустичних досліджень.

Дані гідроакустичної зйомки є інформаційною основою для побудови батиметричної моделі. Батиметричні моделі здебільшого мають растрову форму представлення даних у вигляді регулярного масиву z -значень. Для вузлових точок моделі відомі планові координати та відмітки глибин. Основні етапи побудови батиметричної моделі водосховища за картографічними матеріалами та даними ДЗЗ відзначені в [2].

Геоінформаційна модель розрахунку об'єму донних відкладів за акваторією водосховища на основі растрового представлення даних набуває наступного вигляду:

$$V_{bs} = \sum_{i=1}^n \Delta h_i * d^2,$$

де V_{bs} – об'єм донних відкладів, m^3 ; Δh_i – потужність донних відкладів i -ого елемента растрової моделі, m ; d – просторова роздільна здатність растрової моделі, m ; n – кількість елементів растрової моделі, для яких $\Delta h > 0$.

Практичні результати

Поєднання сучасних технологій гідроакустичних досліджень та супутникових систем глобального позиціонування забезпечує отримання актуальних та достовірних наборів даних промірів глибин. З метою уточнення та актуалізації батиметричних даних на окремих ділянках Дніпровського водосховища в вересні 2015 р. проведено вибіркове батиметричне обстеження акваторії Усть-Самарського плеса Самарської затоки з використанням гідроакустичного обладнання.

За результатами гідроакустичних досліджень акваторії Усть-Самарського плеса встановлені певні закономірності, що характеризують динаміку змін глибин та процеси акумуляції твердого стоку, а саме:

Об'єм донних відкладів (V_{bs}) також може бути обрахований за формулою

$$V_{bs} = V_2 - V_1,$$

де V_1, V_2 – повний об'єм водосховища на моменти часу t_1, t_2, m^3 .

Більшість показників акумуляції твердого стоку визначається на основі геоінформаційного аналізу різночасових батиметричних моделей водосховищ (рисунок 2). Тому важливою задачею є періодичне проведення гідроакустичних досліджень акваторії р. Дніпро в місцях інтенсивного накопичення донних відкладів.

Залучення даних ДЗЗ розширює можливості кількісної оцінки стану замулення дніпровських водосховищ та дозволяє визначити такі показники акумуляції твердого стоку як зменшення площі водного дзеркала, збільшення площі островів та збільшення площі мілководних ділянок. Відомо, що для отримання найбільш точних вимірів глибини для чистої води необхідно аналізувати дані ДЗЗ в спектральному діапазоні 0,43 – 0,49 мкм. Також можливості дослідження глибинних характеристик водних об'єктів залежать від значення показника мутності води та інтенсивності розвитку популяцій синьо-зелених водоростей. Нами виявлено, що найбільш інформативним для дистанційних досліджень глибинних характеристик дніпровських водосховищ є весняний період – до початку другої хвилі вегетації водної рослинності.

- гідроакустичні дослідження суттєво деталізують існуючі картографічні матеріали в частині глибинних характеристик (рисунок 3) та відбивають складність рельєфу дна за рахунок множини локальних знижень;
- інтенсивне накопичення донних відкладів спостерігається вздовж правого берега плеса (потужність відкладів місцями складає 2,0 – 2,5 м) (рисунок 4);
- середня глибина за повздовжнім профілем акваторії затоки зменшилась з – 5,32 м до –4,93 м у порівнянні з архівними даними;
- однозначна ідентифікація місць днопоглиблювальних робіт та ареалів розмиву донного матеріалу.

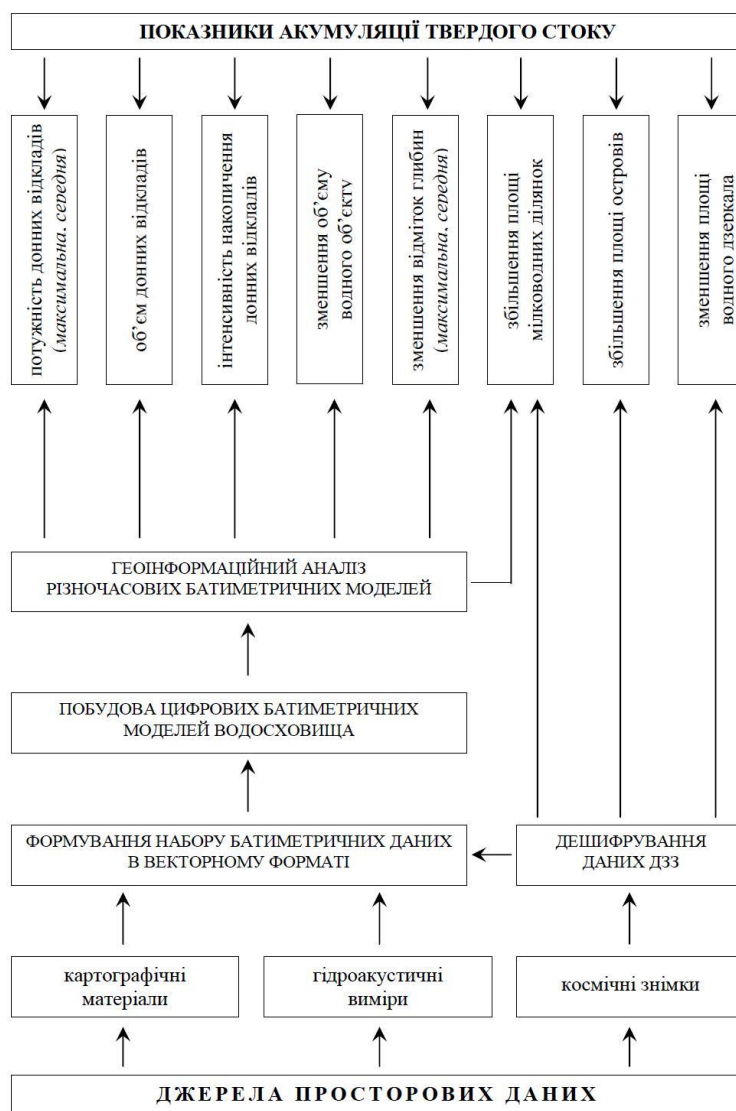


Рисунок 2 – Концептуальна схема визначення показників замулення водосховища за допомогою ГІС та ДЗЗ

Порівняльна характеристика часових змін глибинних характеристик Усть-Самарського

плеса графічно проілюстрована на рисунках. 3 та 4.

Висновки

1. Застосування методів ГІС – аналізу і залучення актуальних даних гідроакустичних вимірів та даних ДЗЗ забезпечує отримання достовірних результатів щодо поточного стану замулення водосховища. Геоінформаційні технології є ефективним програмним засобом при розрахунку об'єму донних відкладів за акваторією водосховища.

2. Сучасні гідроакустичні дослідження акваторії Усть-Самарського плеса Самарської затоки Дніпровського водосховища

(2015 р.) свідчать про нерівномірність у накопиченні донних відкладів за акваторією плеса (максимальна потужність складає 2,5 м), наявність місць розмиву/виїмки донного матеріалу та зменшення середньої глибини за повздовжнім профілем акваторії на 7,33 %.

3. Для забезпечення актуалізації показників акумуляції твердого стоку доцільним є проведення гідроакустичних досліджень рельєфу дна водосховищ з інтервалом 5 – 10 років.

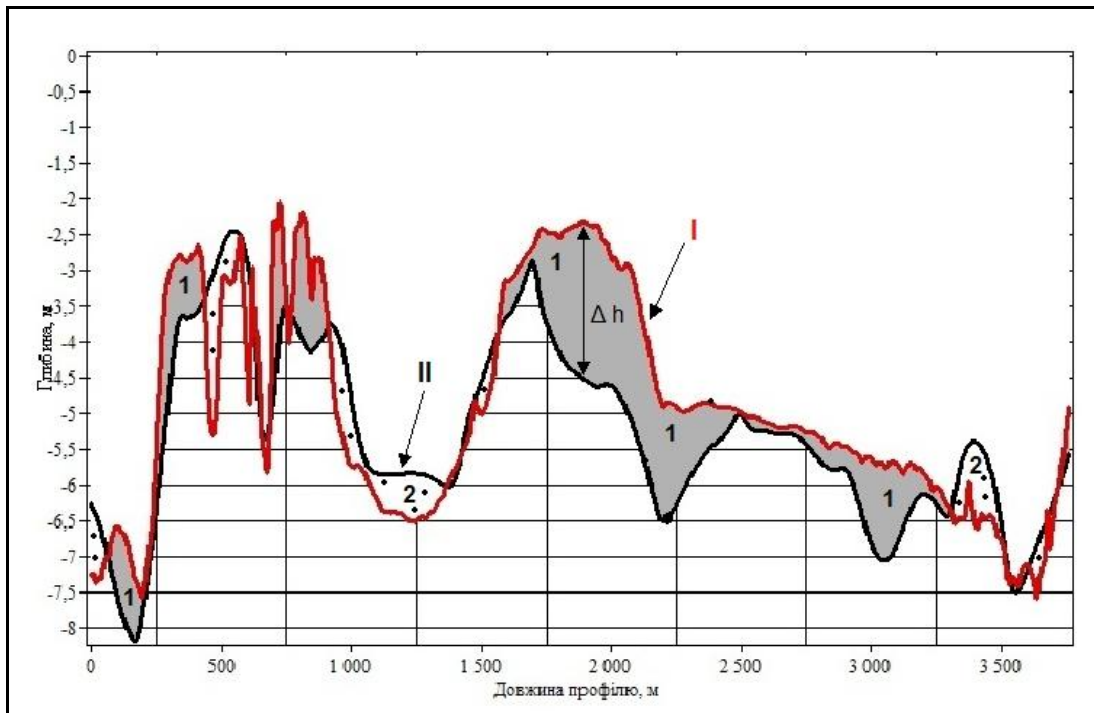


Рисунок 3 – Повздовжній профіль Усть-Самарського плеса Самарської затоки
(I – гідроакустичні виміри 2015р., II – архівні картографічні дані;
1 – донні відклади, 2 – області розмиву/виїмки донного матеріалу)

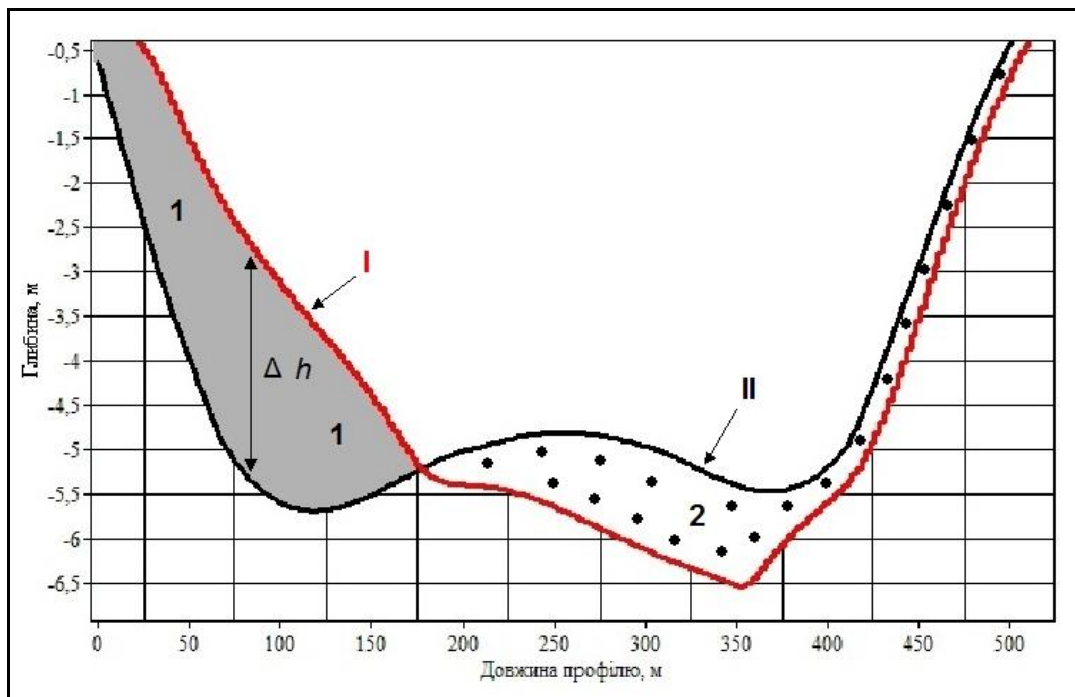


Рисунок 4 – Поперечний профіль Усть-Самарського плеса Самарської затоки
(I – гідроакустичні виміри 2015р., II – архівні картографічні дані;
1 – донні відклади, 2 – області розмиву/виїмки донного матеріалу)

Перелік посилань

1. Дем'янов В.В. Деякі проектні рішення щодо можливості оздоровлення р. Дніпро в межах м. Дніпропетровськ / В.В. Дем'янов // Екологія і природокористування. — 2013. — Вип. 16. — С. 100—112.
2. Визначення актуальних екологічних параметрів дніпровських водосховищ за допомогою геоінформаційних технологій / А.Г. Шапар, О.О. Скрипник, О.С. Тараненко, Д.Д. Дубовик // Екологія і природокористування. — 2014. — Вип. 18. — С. 139—146.
3. Determination of bottom sediments intensity accumulation in Samara gulf of Dnieper reservoirs using geographic information systems (GIS) / A. Shapar, O. Skrypnyk, O. Taranenko, D. Dubovik // Екологічна безпека. — 2015. — Вип. 19. — С. 33—36.
4. Ceylan A. A study on the assessment of bathymetric changes via GIS: Altınapa dam (Konya) example / A. Ceylan, I. Ekizoglu // FIG Working Week 2012. Knowing to manage the territory, protect the environment, evaluate the cultural heritage. Rome, Italy, 6-10 May 2012 — 15p.
5. Comparison of Preconstruction and 2003 Bathymetric and Topographic Surveys of Lake McConaughy, Nebraska / W. H. Kress, S. K. Seabee, G.R. Littin, M.A. Drain, M.E. Kling // Scientific Investigations Report, 2005-5040. Published by U.S. Department of the Interior and U.S. Geological Survey — 2005. — 19 p. Режим доступу: <http://pubs.usgs.gov/sir/2005/5040/sir2005-5040.pdf>.
6. Калинин В.Г. Методические аспекты исследования пространственно – временной динамики рельефа дна долинных водохранилищ / В.Г. Калинин, Д.Н. Гайнуллина // Географический вестник. Физическая география и геоморфология. — 2014. — № 4 (27). — С. 17—21.
7. Гидрология и гидрохимия Днепра и его водохранилищ / Денисова А.И., Тимченко В.М., Нахшина Е.П. [и др.]. — К. : 1989. — 216 с.

*Стаття надійшла до редколегії 18.11.2015 р. українською мовою
Стаття рекомендована членом редколегії д-ром геол. наук О.К. Тяпкіним*

А.Г. ШАПАРЬ, О.А. СКРИПНИК, О.С. ТАРАНЕНКО, Д.Д. ДУБОВИК
*Институт проблем природопользования и экологии НАН Украины,
г. Днепропетровск, Украина*

**К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ЗАИЛЕНИЯ
ДНЕПРОВСКИХ ВОДОХРАНИЛИЩ**

Предложен подход к определению показателей аккумуляции твердого стока днепровских водохранилищ на основе гидроакустических измерений, данных ДЗЗ и архивного картографического материала в среде ГИС.

Ключевые слова: показатели аккумуляции твердого стока, батиметрическая модель, геоинформационный анализ, гидроакустические измерения.

A.G. SHAPAR, O.O. SKRYPNYK, O.S. TARANENKO, D.D. DUBOVIK
*Institute for Nature Management Problems and Ecology of National Academy
of Sciences of Ukraine, Dnipropetrovsk, Ukraine*

**TO THE QUESTION OF DETERMINATION INTENSITY SILTING
OF THE DNIEPER RESERVOIRS**

The approach to determination of parameters of solid runoff accumulation of the Dnieper reservoirs was proposed based on hydroacoustic measurements, remote sensing data and archival maps of the GIS environment.

Keywords: parameters of solid runoff accumulation, bathymetric model, GIS analysis, hydroacoustic measurements.