

На правах рукопису

ДУБНЯК СЕРГІЙ СЕРГІЙОВИЧ

УДК [556.55:53] (282.247.32)

**ГІДРОДИНАМІКА МІЛКОВОДЬ ДНІПРОВСЬКИХ
ВОДОСХОВИЩ, ЇЇ ЕКОЛОГІЧНА РОЛЬ**

11.00.07 - гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія

А в т о р е ф е р а т

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата географічних наук

Дисертація є рукописом

Робота виконана у відділі гідрології та управління водними екосистемами Інституту гідробіології НАН України

Науковий керівник: доктор географічних наук
ТІМЧЕНКО В.М.

Офіційні опоненти: доктор географічних наук
МОЛЬЧАК Я.О.
кандидат технічних наук
ШЕРЕШЕВСЬКИЙ А.І.

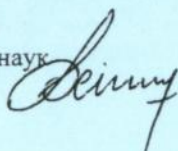
Провідна установа: Одеський гідрометеорологічний інститут

Захист відбудеться 25 грудня 1997 р. о 14 год.
на засіданні спеціалізованої Ради Д 01.01.02
при географічному факультеті Київського університету ім. Тараса
Шевченка за адресою: 252022, Київ-22, вул. Васильківська, 90

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці
географічного факультету Київського університету
ім. Тараса Шевченка

Автореферат розісланий "25" листопада 1997 р.

Вчений секретар
спеціалізованої Ради,
доктор географічних наук



В.К.Хільчевський

ЛНБ України ім.В.Стефаника



00737640 (R)

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. У Національній програмі екологічного оздоровлення басейну Дніпра та поліпшення якості питної води поставлено завдання забезпечення екологічно безпечного функціонування Дніпровського каскаду водосховищ, що включає, в першу чергу, наукове обґрунтування оптимального режиму їх експлуатації, як водних екосистем. Ця проблема розробляється в останні роки спеціалістами Інституту гідробіології НАН України (Оксіюк, Тімченко і ін., 1996, Тімченко, 1997). При цьому мілководдя розглядаються як невід'ємний елемент нормально функціонуючої екосистеми водосховища.

Визначальним абіотичним фактором формування екологічного стану мілководь є внутрішньоводоймна гідродинаміка, яка залежить від режиму експлуатації водосховищ. Але за оцінками спеціалістів (Зімбалева і ін., 1987; Сіренко і ін., 1989; Денисова і ін., 1990) рівень знань про гідродинамічні процеси на мілководдях дніпровських водосховищ не достатній для ґрунтовних узагальнень і не відповідає потребам екосистемного підходу до управління водосховищами. Тому на сучасному етапі актуальним є накопичення інформації про внутрішньоводоймну гідродинаміку мілководь дніпровських водосховищ, її аналіз, систематизація та розробка методів оцінки ролі гідродинамічних процесів у формуванні стану екосистем мілководь та якості води.

Робота виконувалася в рамках декількох науково-дослідних і виробничих тем та проєктів, зокрема:

- держбюджетної роботи Інституту гідробіології НАН України "Опрацювання гідроекологічних основ управління станом екосистем та якістю води великих річок України на ділянках впливу гідротехнічних об'єктів";
- чотирьох тем Науково-виробничого центру Дніпровського басейнового водогосподарського об'єднання, які проводяться за програмою природоохоронних заходів Кабінету Міністрів України і присвячені еколого-гідрологічним дослідженням мілководь Канівського і Кременчуцького водосховищ;
- науково-дослідницького проєкту Програми екологічного менеджменту в Україні Центру досліджень міжнародного розвитку (Канада) "Розробка та практичне впровадження технологій з поліпшення екологічного стану прибережних територій дніпровських водосховищ".

Мета і завдання роботи. Мета роботи полягає у вивченні гідродинамічних процесів в мілководдях дніпровських водосховищ та оцінці їх впливу на стан екосистем та якість води. Для її досягнення необхідно було вирішити наступні завдання:

ІНСТИТУТ
ім. В. Стефанівського
АН України

1. Встановити екологічно найбільш значущі (ключові) елементи динаміки вод на мілководдях рівнинних водосховищ.

2. Визначити та удосконалити найбільш прийнятні методи оцінки гідродинамічних процесів на мілководдях.

3. Дослідити ключові гідродинамічні процеси на мілководдях дніпровських водосховищ. Встановити закономірності та особливості їх просторового розподілу.

4. Виявити і оцінити механізми впливу ключових гідродинамічних процесів на основні показники стану екосистем та якості води.

5. Визначити можливості регулювання гідродинамічних процесів з метою покращення екологічного стану мілководь та якості води.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що гідродинамічні процеси, характерні для мілководних ділянок водосховищ, вперше розглядаються і оцінюються як абіотичні фактори формування стану їх екосистем та якості води. До елементів новизни відносяться наступні положення і розробки дисертації:

1. Удосконалена методика натурних досліджень основних гідродинамічних процесів на мілководдях.

2. Результати натурних досліджень особливостей режиму течій на мілководдях дніпровських водосховищ.

3. Застосування методу математичного моделювання для оцінки режиму течій і процесів водообміну в мілководдях.

4. Результати досліджень специфіки турбулентного перемішування в мілководдях. Формули і рекомендації по розрахунку горизонтальної і вертикальної складових коефіцієнта турбулентного перемішування.

5. Дослідження трансформації хвиль попусків ГЕС і впливу попускових коливань рівня на водообмін (водооновлення) в мілководдях.

6. Еколого-гідрологічне обґрунтування поняття і меж мілководь водосховищ.

7. Методика еколого-гідродинамічного районування водосховищ і їх мілководь та її реалізація на прикладі Канівського водосховища.

8. Дослідження впливу попусків ГЕС на динаміку вмісту у воді мілководь легкодоступної органічної речовини як інтегрального показника стану їх екосистем та на формування водних мас у верхніх ділянках водосховищ.

9. Аналіз впливу глибоких спрацювань водосховищ на загальний екологічний стан мілководь.

10. Виявлення можливостей регулювання гідродинамічних процесів на мілководдях.

Практичне значення роботи. Розроблені в дисертаційній роботі методичні прийоми використані для організації і проведення еколого-гідрологічних досліджень мілководь Канівського і Кременчуцького водосховищ, а також при обґрунтуванні заходів по поліпшенню екологічного стану прибережних територій і оздоровленню дніпровських водосховищ.

Розроблені і удосконалені методики натурних досліджень основних гідродинамічних процесів на мілководдях та їх еколого-гідродинамічного районування рекомендуються до використання в системі регіонального моніторингу водосховищ, що виконується спеціалізованими організаціями Мінекобезпеки і Держводгоспу України.

Методика математичного моделювання течій і рекомендації по розрахунку коефіцієнтів турбулентного перемішування можуть бути використані для визначення гідродинамічних умов на інших мілководних водоймах.

Отримані дані про режим течій і турбулентне перемішування на мілководдях Канівського і Кременчуцького водосховищ, а також про трансформацію хвиль попусків Київської ГЕС і її вплив на водообмін та формування водних мас будуть використані для екологічної регламентації режиму роботи Київської і Кременчуцької ГЕС.

Особистий вклад автора. Автор виконав натурні дослідження режиму течій і турбулентного перемішування на мілководдях Канівського і Кременчуцького водосховищ, математичне моделювання течій на ділянці Канівського водосховища та узагальнив результати цих досліджень; проаналізував можливості регулювання гідродинамічних процесів на мілководдях; розробив еколого-гідрологічне обґрунтування поняття і меж мілководь водосховищ та методику їх районування і виконав еколого-гідродинамічне районування Канівського водосховища; взяв участь в дослідженнях трансформації хвиль попусків ГЕС і їх впливу на процеси продукції-деструкції легкодоступної органічної речовини та на формування водних мас.

Апробація роботи. За матеріалами дисертації опубліковано 12 робіт. Основні результати представлялися і доповідалися на:

- Першому з'їзді Гідроекологічного товариства України, Київ, 1993 р.;
- Четвертій конференції "Динаміка і терміка річок, водосховищ і внутрішніх морів" Міжнародної асоціації гідралічних досліджень, Москва, Росія, 1994р.;
- XVIII Конференції Придунайських країн по гідрологічних прогнозах і гідрологічних основах водного менеджменту, Грац, Австрія, 1996 р.;
- Міжнародній конференції "Вплив атомних електростанцій і інших радіаційно-небезпечних об'єктів на гідрологічний цикл і водні ресурси", Обнінськ, Росія, 1996 р.;

- Науково-практичній конференції Держкомводгоспу України та Української академії аграрних наук "Проблеми ефективного використання водних ресурсів та меліорації земель", Київ, 1996 р.;

- Міжнародному симпозиумі по екогідрології, Дьсентен, Австрія, 1997 р.;

- Другому з'їзді Гідроекологічного товариства України, Київ, 1997 р.

Структура і об'єм роботи. Дисертація викладена на 187 сторінках машинописного тексту і складається з вступу, п'яти глав, висновків та списку літератури, що нараховує 153 найменування. В роботі наведені 34 рисунки і 7 таблиць.

ЗМІСТ РОБОТИ

В першій главі дисертації на основі літературних, довідникових і фондових джерел зроблено загальний огляд об'єкту дослідження - мілководь дніпровських водосховищ в першу чергу під кутом зору предмету дослідження - гідродинаміки і її екологічної ролі. При цьому були розглянуті морфометричні параметри мілководь і специфіка їх розташування у кожному з водосховищ; особливості гідрологічного режиму; роль вищої водної рослинності як основного біотичного компонента їх екосистем. Проаналізовано заходи, що планувалися і проводилися на мілководдях з метою покращення їх санітарно-біологічного стану.

Друга глава присвячена аналізу основних елементів гідродинаміки водосховищ і їх мілководь і методичним аспектам їх вивчення. Дослідження гідродинаміки розглядається як один з пріоритетів екогідрології - наукового напрямку, присвяченого вивченню гідрологічних процесів як абіотичних компонентів водних екосистем та факторів формування якості води. Встановлено, що ключовими (екологічно найбільш значущими) процесами на мілководдях є: течії, турбулентне перемішування, коливання рівня води та вітрове хвилювання. Показано екологічні прояви гідродинаміки і окремих її елементів. Проаналізовано методичну базу натурних і теоретичних досліджень гідродинаміки. Вказано на проблеми, які виникають при дослідженнях в мілководдях, пов'язані з малими глибинами, невисокою інтенсивністю гідродинамічних процесів, наявністю вищої водної рослинності. Запропоновані шляхи вирішення цих проблем: використання спеціальних методів натурних досліджень (пневматичний метод, дифундуючі індикатори і т.ін.), застосування розрахункових методів і математичного моделювання.

В третій главі викладені результати досліджень основних елементів

гідродинаміки мілководь дніпровських водосховищ.

Короткий огляд за літературними даними основних видів течій, які спостерігаються у дніпровських водосховищах показав, що режим течій на мілководдях залежить (в різній мірі на різних типах мілководь) від загальної циркуляції води у водосховищі. В прибережній частині зони мілководь мають місце специфічні види течій, пов'язані з вітро-хвильовою дією.

Натурні дослідження режиму течій проводилися протягом літньо-осінніх періодів 1994-1996 рр. на мілководних полігонах Канівського і Кременчуцького водосховищ, вибраних, виходячи з необхідності найбільш повного врахування різноманітності гідродинамічних умов на мілководдях.

В результаті, встановлено, що загальна циркуляція на мілководдях формується переважно під дією стокових і вітрових течій, причому роль останніх збільшується по мірі наближення до нижньої озеровидної частини водосховища. Режим стокових течій змінюється протягом доби і залежить від попусків вище розташованих ГЕС. При цьому перепад швидкостей течій у протічних ділянках становить 3-5 разів.

Середні швидкості течій на мілководдях коливаються від 1 до 5 см/с, максимальні (в протоках) досягають 30 см/с. На відгороджених від основної акваторії мілководдях швидкості течій знижуються до нуля, але під час інтенсивного підйому і спаду рівнів, викликаних добіганням хвиль попусків ГЕС, можуть досягати 10-12 см/с.

На ділянках мілководь, зайнятих повітряно-водяною рослинністю, швидкості течій в середньому в 2-3 рази менші ніж на чистоводдях, а в заростях рослинності з плаваючим листям або зануреної - в 2 рази.

Спостереження, проведені на Кременчуцькому водосховищі, показали, що значне його спрацювання (більш як на 1,5 м від НПР) призводить до утворення в зоні мілководь застійних явищ.

Натурні вимірювання параметрів течій є першоосновою інформації про режим течій на мілководдях. Але вони не дають можливості оцінити водообмін на великих ділянках або в прогнозних умовах. Вирішувати цю проблему пропонується шляхом математичного моделювання течій.

З цією метою нами була використана гідродинамічна модель А.І.Фельзенбаума, яка широко застосовувалася на різних водоймах України і Росії, в тому числі при еколого-гідрологічних дослідженнях. Вона дозволяє вивчати просторову структуру течій при різних вітрових умовах з урахуванням протічності водойми і впливу дна та берегів.

Суть моделювання полягає у визначенні функції інтегрального гори-

зонтального переносу води (повних потоків). Горизонтальні складові швидкості течії пов'язуються з функцією повних потоків через динамічні нахили водної поверхні.

Як об'єкт моделювання була вибрана велика мілководна ділянка Канівського водосховища (в районі м. Українка). Розрахунки проводилися для різних вітрових умов і режимів протічності.

В результаті було встановлено, що в момент проходження попуску ГЕС і в період між попусками на мілководдях формуються принципово різні схеми циркуляції (рис. 1). В першому випадку (рис. 1а), коли витрати води через поперечний переріз водосховища досягають $2200 \text{ м}^3/\text{с}$, мілководдя захоплює транзитний потік потужністю до $1000 \text{ м}^3/\text{с}$. При цьому вітрові умови практично не впливають на загальну циркуляцію. За відсутності попуску (рис. 1б), навпаки, зростає роль циркуляцій, пов'язаних з дією вітру, що проявляється у формуванні поперечних і замкнутих течій, але їх інтенсивність порівняно не висока.

З метою перевірки можливості застосування моделі на невеликих ділянках мілководь, а також для її верифікації, було проведено більш детальне моделювання на частині досліджуваної ділянки, що включає полігон натурних спостережень. Виявилось, що модель дає адекватні натурним даним результати на чистоводдях, але завищує швидкості течій на мілководдях, зайнятих вищою водною рослинністю.

В цілому, наші дослідження показали, що гідродинамічна модель Фельзенбаума може використовуватися на мілководдях для визначення зовнішнього і внутрішнього водообміну, середніх швидкостей течій, але потребує подальшого удосконалення - розробки показників, які б враховували інтегральну дію різних типів водної рослинності.

Дослідження процесу турбулентного перемішування виконувалося в рамках напівемпіричної теорії турбулентності. При цьому основним завданням було визначення на мілководдях вертикальної K_z і горизонтальної K_L складових коефіцієнта турбулентної дифузії, які залежать в першу чергу від масштабу явища l - розміру хмари розсіювання домішки (розчину, тепла), дифузія якої досліджується.

В умовах мілководь процес турбулентного перемішування стає анізотропним (з постійним значенням K_z і зростаючим, залежно від масштабу явища, коефіцієнтом K_L) уже при порівняно малих масштабах явища. Тому коефіцієнт K_L рекомендовано визначати за конкретними емпіричними формулами, а для встановлення коефіцієнта K_L були проведені спеціальні дослідження на полігонах Канівського і Кременчуцького водосховищ. Вони полягали у спостереженні за розсіюванням штучно введеної у водну масу

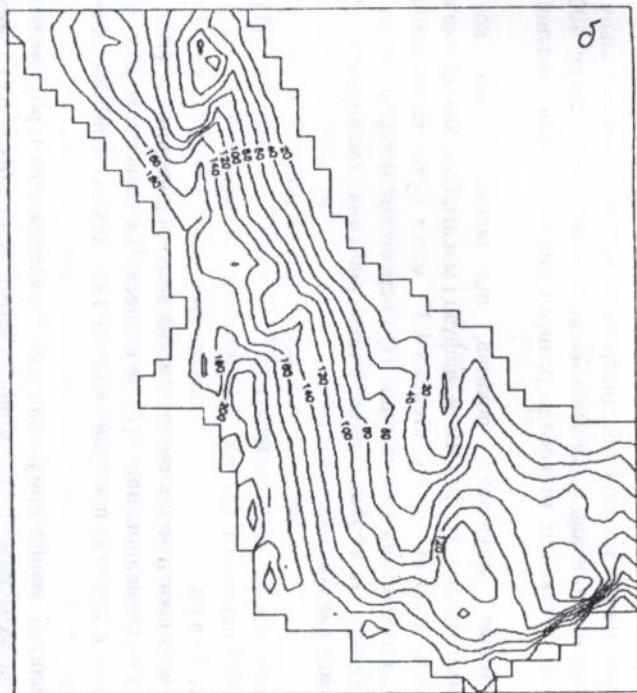
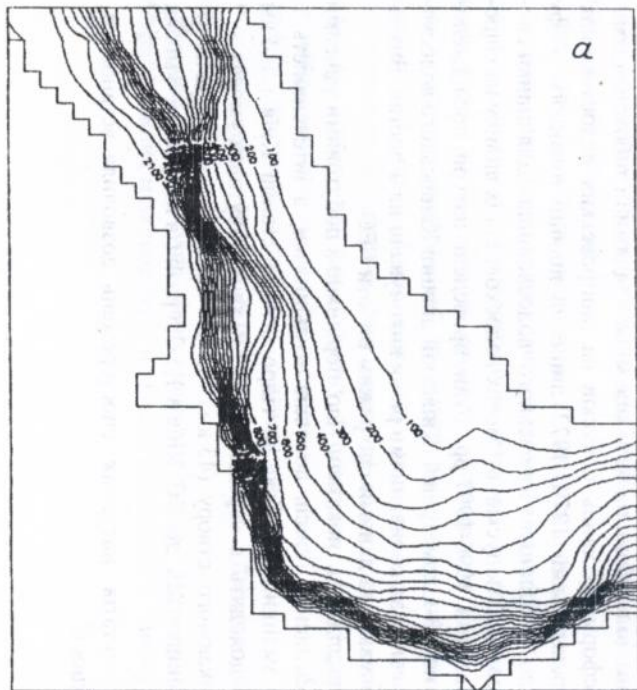


Рис. 1 Схеми циркуляцій води (функції токів, м³/с) на досліджуваній ділянці Канівського водосховища при північному вітрі швидкістю 5 м/с і транзитному стоці 2200 м³/с (а) і 200 м³/с (б).

пасивної консервативної домішки або дискретних часток. Горизонтальну турбулентну дифузію вивчали в діапазоні масштабів явищ від 5 см до 400 м з урахуванням зайнятості мілководь різними типами вищої водної рослинності.

Аналіз отриманих результатів показав, що залежність між коефіцієнтом горизонтальної турбулентної дифузії і масштабом явища, яка в океанології отримала назву закону "степеня 4/3", може бути застосована і для мілководь дніпровських водосховищ. При пересічних морфологічних, гідрометеорологічних та геоботанічних умовах рівняння, яке апроксимує цю залежність, має вигляд:

$$K_L = 0,0216 l^{1,33} \quad (1)$$

де K_L - в $\text{см}^2/\text{с}$, l - в см.

Однозначно встановити вплив характеристик водної рослинності (тип, густина, вік і ін.) на співвідношення $K_L(l)$ не вдалося. Відзначається лише деяке його зниження в заростях повітряно-водної і з плаваючим листям рослинності.

Вихідний масштаб явища при розрахунку горизонтальної турбулентної дифузії на відкритих мілководдях сумірний з розмірами самих мілководних ділянок, а при перемішуванні, яке виникає внаслідок підняття рівня, може бути близьким до глибини на межі між мілководдями і глибоководдями.

Явища трансформації хвиль попусків на дніпровських водосховищах вивчалися (Шерешевський 1970, 1972) лише на ділянці нижнього б'єфу Київської ГЕС до будівництва Канівського водосховища. Для оцінки специфіки трансформації попусків в умовах водосховищ і їх впливу на гідродинаміку мілководь в 1996-1997 рр. були проведені натурні дослідження цього процесу на 43-кілометровій Київській ділянці Канівського водосховища. Спостереження за коливаннями рівня виконували на 4 постах. Витрати води розраховували за даними про режим роботи ГЕС.

Результати досліджень показали, що порівняно з побутовими умовами швидкість переміщення хвиль попусків збільшилася, а інтенсивність їх розпластування зменшилася. Так, до гідрологічної станції Київ (20,4 км від ГЕС) хвилі доходять в середньому за 30 хв (в побутових умовах - 2 год), а до замикаючого створу (43 км) - за 1,0-1,5 год. Амплітуда коливання рівня зменшується до ГС Київ в 1,5-2,5 рази (в побутових умовах - 3-4 рази).

Обробка результатів натурних спостережень дозволила встановити емпіричні залежності:

$$A_{ГЕС} = 2,3 \cdot 10^{-4} \cdot Q_{max} t_{max}^{0,3} \quad (2)$$

$$T = L^{1,15} - 1 \quad (3)$$

$$A_L = A_{ГЕС} \cdot e^{-0,03L} \quad (4)$$

де $A_{ГЕС}$, м - амплітуда коливання рівнів води в нижньому б'єфі Київської ГЕС; Q_{max} , м³/с і t_{max} , год - максимальні витрати і тривалість їх проходження; T , год-час і L , км - відстань переміщення хвилі попуску; A_L , м - амплітуда коливання рівня в будь-якому створі.

Розрахунки за формулою (4) показали, що розпластування хвилі попуску відбувається на відстані 120 км від Київської ГЕС, тобто вдвічі далі, ніж це було в побутових умовах.

Отримані дані про трансформацію хвиль попусків дають можливість оцінити водообмін за рахунок попускового коливання рівня на будь-якій ділянці мілководь Канівського водосховища.

Четверта глава присвячена аналізу закономірностей просторової диференціації ключових гідродинамічних факторів та їх екологічних проявів. Ця диференціація виражається в еколого-гідродинамічному районуванні водосховищ та їх мілководь, яке, в свою чергу, розглядається як метод вивчення просторової класифікації гідродинамічно обумовлених відмінностей біоценозів.

Виходячи із сформульованого в дисертації постулату про те, що зона мілководь рівнинних водосховищ є моделлю (аналогом) літоралі озер, а ключові (лімітуючі) гідродинамічні фактори її розвитку - це коливання рівнів води і вітро-хвильові процеси, обгрунтовані поняття "зона мілководь рівнинних водосховищ" та інтегральний гідродинамічний критерій її акваторійної межі. Зона мілководь водосховища (екосистема літоралі) розглядається як частина його акваторії, де існують або можуть виникнути умови, сприятливі для розвитку фітоценозів. Акваторійна межа зони мілководь визначається глибиною розмиваючої дії хвиль 15%-ї забезпеченості H_p , для розрахунку якої рекомендовані формули: $H_p = f(h_{15\%}, \lambda, d, \varepsilon)$, де $h_{15\%}$ і λ - висота і пологість хвиль; d, ε - діаметр і пористість ґрунтів дна.

Верхню, з боку суші, межу зони мілководь пропонується визначати на прибережних мілководдях - по висоті капілярного замочування ґрунтів,

а на акваторії - по лінії виходу затоплення на заплаву.

На водосховищах сезонного та багаторічного регулювання межі зони мілководь мігрують, утворюючи відповідні смуги міграції.

Критичний аналіз існуючих підходів до районування і класифікації акваторій водосховищ і їх мілководь (Вендров, 1958, 1979; Матарзін, Новосельський, 1983; Зімбалецька і ін., 1987; Піддубний, 1990; Успенський, 1990 та ін.) і застосування еколого-гідродинамічних принципів дозволили запропонувати наступну схему районування рівнинних водосховищ: екосистеми річкоподібної і озеровидної частин водосховища - екосистеми літоралі (зона мілководь), субліторалі і профундалі - райони - підрайони - ділянки - біотопи.

Зона мілководь при дрібномасштабному (1:100 000 і менше) районуванні поділяється на крупні еколого-гідродинамічні райони: перехідні річково-острівні, мілководно-озерні, мілководно-острівні, літоральні, які, в свою чергу, розділяються на підрайони: правобережні, лівобережні та затопленого русла. У межах літоральних районів пропонується виділяти підрайони прибережних відмілин та мілководно-острівні.

Крупномасштабне районування зони мілководь водосховищ рекомендується виконувати для окремих її частин на основі розробленої еколого-гідродинамічної класифікації мілководь. В залежності від інтегральної дії течій і хвилювання на формування фітоценозів виділяється 9 типів мілководь (захищені від хвилювання - закриті від дії течій; незахищені-напівзакриті і т.д.). Типи мілководь включають їх види, обумовлені відмінностями процесів розмиву - транспорту - седиментації, ґрунтів дна, заростання рослинністю. В схемі районування видам мілководь відповідають окремі біотопи, зайняті певними фітоценозами.

Розроблена схема районування втілена на Канівському водосховищі (рис.2), що дозволило уточнити межі і площі його зони мілководь та окремих її частин, а також об'єми зарегульованої на них води.

В п'ятій главі проаналізовано вплив окремих гідродинамічних факторів і умов на екологічний стан мілководь і якість води. При цьому до розгляду були залучені ті фактори, які реально можна регулювати, а саме - попуски ГЕС і сезонні коливання рівня.

З метою виявлення впливу попускових коливань рівня на процеси водообміну в мілководдях і, як наслідок, на формування якості води і функціонування їх екосистем, в жовтні 1996 року були проведені комплексні гідроекологічні дослідження на мілководному полігоні Канівського водосховища. В період спостережень відбувався інтенсивний розклад вищої водяної рослинності і пов'язане з ним забруднення води органічною речо-

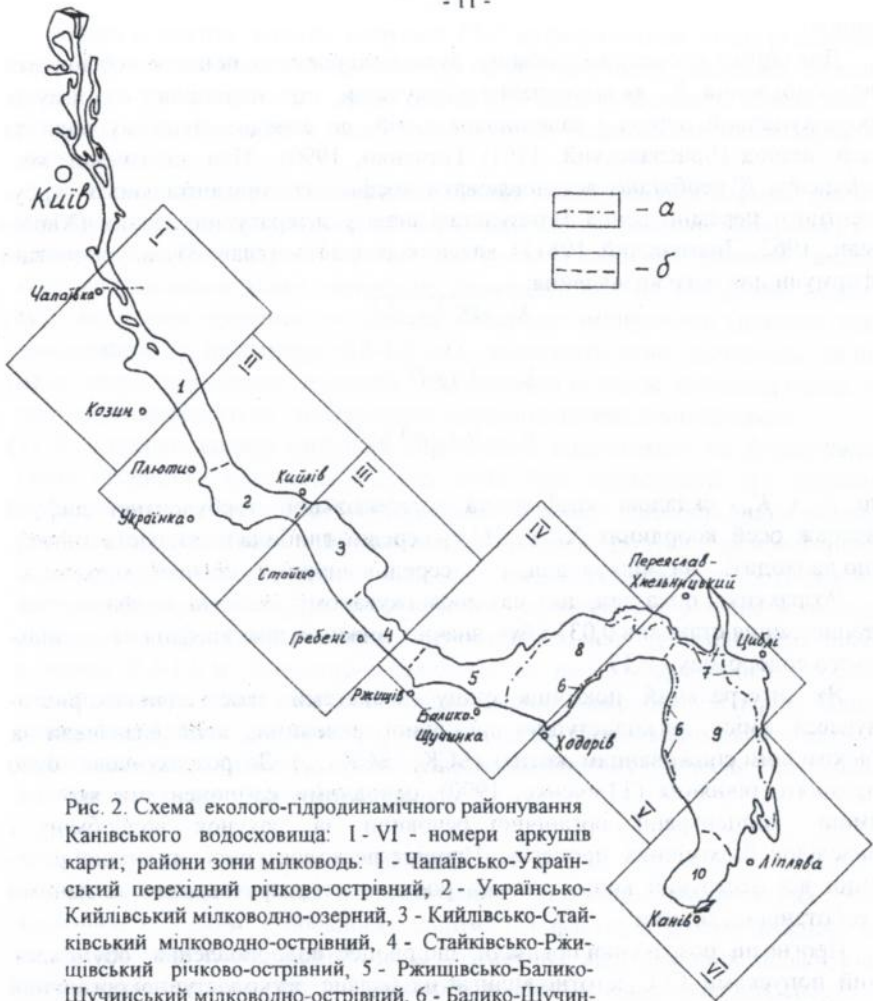


Рис. 2. Схема еколого-гідродинамічного районування Канівського водосховища: I - VI - номери аркушів карти; райони зони мілководь: 1 - Чапаївсько-Український перехідний річково-острівний, 2 - Українсько-Київський мілководно-озерний, 3 - Київсько-Стійківський мілководно-острівний, 4 - Стійківсько-Ржищівський річково-острівний, 5 - Ржищівсько-Балико-Щучинський мілководно-острівний, 6 - Балико-Щучинко-Канівський літоральний, 7 - Стовп'язько-Ліплявський літоральний; глибоководні ілеса: 8 - Ходорівсько-Переяславське, 9 - Переяславсько-Ліплявське, 10 - пригреблеве; а - межі зони мілководь, б - межі районів (плесів).

виною.

Для оцінки процесу водообміну було використано поняття коефіцієнта водооновлення B' , як відношення об'єму води, що надійшла у водойму за розрахунковий період і залишилася в ній, до середнього об'єму води за цей період (Браславський, 1961; Тімченко, 1990). При визначенні коефіцієнта B' необхідно встановлювати коефіцієнт горизонтального турбулентного перемішування. В результаті аналізу літературних даних (Харлеман, 1962; Знаменский, 1981) і власних розробок (глава 3) запропоновані формули для його визначення:

$$K_t = \sqrt{K_x^2 + K_y^2} \quad (5)$$

$$K_x = 1,13 \cdot H \cdot v \quad (6)$$

$$K_y = 8,1 \cdot 10^{-5} \cdot b^{1,33} \quad (7)$$

де K_x і K_y - складові коефіцієнта горизонтальної турбулентної дифузії вздовж осей координат X , Y ; H і v - середні глибина і швидкість потоку, що надходить на мілководдя, b - середня ширина ділянки мілководь.

Розрахунки показали, що на досліджуваному полігоні коефіцієнт водооновлення становив 0,031 і був значно нижчим, ніж коефіцієнт зовнішнього водообміну - 0,19.

Як інтегральний показник стану екосистеми і якості води використовувався вміст легкодоступної органічної речовини, який визначали за біохімічним споживанням кисню (БСК₅ і БСК_{повн.}). За розрахункове було прийнято рівняння (Тімченко, 1990), основними компонентами якого є зміни концентрації органічної речовини за рахунок водообміну і внаслідок біохімічних процесів. Приріст легкодоступної органічної речовини від деструкції вищої водяної рослинності розраховували за даними геоботанічної зйомки.

Прогнозні розрахунки показали, що процес водооновлення, обумовлений попусками ГЕС істотно впливає на баланс легкодоступної органічної речовини в мілководдях і дозволяє підтримувати якість води в межах ГДК. В разі збільшення забруднення, проаналізовані можливості посилення водообмінних процесів шляхом регулювання роботи Київської ГЕС. Запропоновано методику (з використанням формул (2), (4)), яка дозволяє розраховувати параметри попуску, що забезпечував би необхідний водообмін.

Іншим аспектом впливу попусків ГЕС на формування стану екосистем мілководь є нерівномірне переміщення по водосховищах фізичних об'ємів води, яке призводить до формування у їх верхніх частинах водних мас з різними гідрофізичними, гідрохімічними та гідробіологічними характеристиками.

На Канівському водосховищі цей процес ускладнюється значним притоком води з Десни. Розрахунки трансформації хвиль попусків Київської ГЕС і руслових запасів води показали, що в межах Київської ділянки Канівського водосховища може одночасно спостерігатися до 6-8 різних водних мас, які переміщуються по ділянці і частково змішуються (ширина зони змішування не перевищує 0,5-1,0 км), досягають зони мілководь, де під дією гідродинамічних процесів відбувається їх повне перемішування. Ці дані підтверджуються матеріалами гідробіологічних спостережень.

Для оцінки впливу глибоких спрацювань водосховищ на формування стану екосистем мілководь і якість води був проведений (на прикладі Кременчуцького водосховища) порівняльний аналіз здатності вищої водної рослинності поглинати забруднюючі речовини, її продукції, фенологічного спектру та динаміки рівня води протягом періоду вегетації. В результаті встановлено, що для забезпечення самоочисних функцій мілководь оптимально допустимим протягом вегетаційного періоду є коливання рівня в межах 0,5-1,0 м. Зниження рівня більш як на 1,5 м призводить до обсихання значних площ мілководь і відключення макрофітів, в першу чергу, повітряно-водної рослинності, від процесів формування якості води у водосховищах, а також до послаблення водообмінних процесів і погіршення якості води на обводнених ділянках.

ВИСНОВКИ

1. Внутрішньоводоймна гідродинаміка мілководь дніпровських водосховищ є одним з провідних абіотичних факторів функціонування їх екосистем. На сьогоднішній день посилення водообмінних процесів в мілководдях шляхом регулювання роботи наявних гідротехнічних споруд - найбільш ефективний та екологічно обґрунтований засіб управління якістю води в водосховищах.

2. Серед усього різноманіття гідродинамічних процесів визначальними на мілководдях є: стокові і вітрові течії, турбулентне перемішування, коливання рівня, вітрове хвилювання.

3. Використані при натурних дослідженнях і обробці їх результатів методики показали свою значимість і рекомендуються до використання при проведенні подібних досліджень на мілководдях річкових водосховищ.

4. Натурні дослідження течій показали, що загальна циркуляція в зоні мілководь формується переважно під дією стокових і вітрових течій. Причому, їх співвідношення змінюється на користь останніх по мірі наближення до озеровидної частини водосховища. Вплив стокових течій змінюється протягом доби і залежить від режиму попусків розташованих вище ГЕС. Середні швидкості течій на мілководдях коливаються від 1 до 5 см/с. В заростях повітряно-водяної рослинності швидкість течії в 2 - 3 рази, а зануреної і з плаваючим листям - в 2 рази менша, ніж на чисто-воддях.

5. Математичне моделювання течій, окрім підтвердження і уточнення відзначених вище особливостей їх режиму, продемонструвало його науково-методичну і практичну значимість для оцінки водообмінних процесів в мілководдях в будь-яких умовах. Порівняння результатів моделювання з натурними даними дає можливість зробити висновок, що гідродинамічна модель Фельзенбаума цілком прийнятна для оцінки зовнішнього і внутрішнього водообміну мілководь та середніх швидкостей течій.

6. Натурні спостереження за процесом турбулентного перемішування показали, що для умов мілководь дніпровських водосховищ правомірним є застосування закону "степеня 4/3". Виведена формула для визначення K_L може бути використана при моделюванні процесів масо- і теплопереносу в мілководдях. Запропоновано підходи до визначення вихідного масштабу явища при оцінці горизонтального турбулентного перемішування. Рекомендовані формули для визначення на мілководдях коефіцієнта вертикального турбулентного перемішування K_z .

7. Дослідження трансформації хвиль попусків ГЕС виявили, що порівняно з побутовими умовами збільшується швидкість переміщення хвилі і зменшується інтенсивність її розпластування. На основі натурних спостережень за трансформацією хвиль попусків на Київській ділянці Канівського водосховища встановлено емпіричні залежності: між часом і відстанню переміщення хвиль; амплітудою коливання рівня в будь-якому створі і створі Київської ГЕС; між останньою і витратою води в створі ГЕС, що в кінцевому підсумку дозволяє розраховувати водообмін, викликаний попусківими коливаннями рівня на будь-якій ділянці мілководь при будь-якому режимі роботи ГЕС.

8. Під зоною мілководь водосховища пропонується розуміти частину акваторії, на якій існують чи можуть виникнути умови, сприятливі для розвитку фітоценозів. Встановлено, що акваторійною межею зони мілководь є глибина розмиваючої дії хвиль 15%-ї забезпеченості. Рекомендовано формули для її визначення.

9. При еколого-гідродинамічному районуванні водосховищ, запропонованому в роботі, зона мілководь розглядається як окремий структурний елемент екосистеми водосховища, в межах якого виділяються крупні райони і підрайони із специфічними гідродинамічними умовами і угрупованнями вищої водної рослинності. Підрайони діляться на ділянки і біотопи на основі еколого-гідродинамічної класифікації мілководь, розробленої автором.

10. Встановлено, що водообмін, обумовлений попусковими коливаннями рівня, активно впливає на функціонування екосистем і формування якості води у мілководдях верхніх частин водосховищ. Застосовано методику розрахунку зовнішнього водообміну (водооновлення) з урахуванням специфіки гідродинамічних умов мілководь для оцінки, прогнозу і пропозицій по регулюванню динаміки вмісту у воді мілководь легкодоступної органічної речовини як інтегрального показника стану їх екосистем.

11. Виявлено, що неусталений (попусковий) режим роботи ГЕС обумовлює формування у верхніх частинах внутрішньокаскадних водосховищ водних мас різного генезису, повне перемішування яких відбувається в межах зони мілководь.

12. Порівняльний аналіз характеристик вищої водної рослинності та динаміки рівня води на водосховищах глибокого регулювання (на прикладі Кременчуцького) показав, що для забезпечення самоочисних функцій мілководь оптимально допустимим протягом вегетаційного періоду є коливання рівня в межах 0,5-1,0 м.

13. Виконані в дисертації дослідження гідродинаміки можуть бути покладені в основу еколого-гідрологічного моніторингу мілководь і розробки методів управління їх екологічним станом і якістю води.

Матеріали дисертації викладені в таких публікаціях:

1. Дубняк С.С. Еколого-гідрологіческий подход к определению границ мелководий на водохранилищах // Гидробиол. журн. - 1996. - 32, N 5. - С. 102-107.

2. Тимченко В.М., Дубняк С.С. Исследование турбулентного перемешивания в мелководьях внутренних водоемов // Гидробиол. журн. - 1996. - 32, N 6. - С. 52-60.

3. Дубняк С.С. Исследование течений на мелководьях днепровских водохранилищ // Гидробиол. журн. - 1997. - 33, N 3. - С. 101-105.

4. Ярошевич О.Є., Дубняк С.С. Гідрологічні умови функціонування екосистем озер Шацького національного природного парку // Перший з'їзд Гідроекологічного товариства України, Київ, 16-19 листопада 1993 р. Те-

зи доповідей. - Київ, 1994. - С. 150.

5. Тимченко В.М., Дубняк С.С. Динамика вод как абиотический компонент экосистем мелководий водохранилищ // Четвертая конференция "Динамика и термика рек, водохранилищ, внутренних и окраинных морей". Тезисы докладов. - Том 1. - Москва, 1994. - С. 144-146.

6. Dubnyak S.S., Timchenko V.M. Currents mathematical modelling - a key to evaluation and regulation of water quality in reservoirs / Document of XVIII-th Conference of the Danube Countries. - Graz, 1996. - V.19 / 2. - P. E-121-125.

7. Тимченко В.М., Дубняк С.С. Роль мелководий в миграции радионуклидов по каскаду днепровских водохранилищ // Международная конференция "Воздействие атомных электрических станций и других радиационно-опасных объектов на гидрологический цикл и водные ресурсы. Тезисы докладов. - Обнинск (Россия), 1996. - С.29.


8. Дубняк С.С. Результати досліджень динаміки вод в мілководдях дніпровських водосховищ як фактора формування якості води // Проблеми ефективного використання водних ресурсів та меліорації земель (науково-практична конференція). Збірник тез. - Київ, 1996. - С. 28-29.

9. Дубняк С.С. Еколого-гідрологічне районування дніпровських водоймищ (на прикладі Канівського водоймища) // Другий з'їзд гідроекологічного товариства України. Тези доповідей. - Том другий. - Київ, 1997. - С. 201-202.

10. Дубняк С.С., Коробка А.А. Динаміка вод як фактор функціонування екосистем прибережних зон дніпровських водоймищ та засіб управління їх станом // Там же. - С. 202-203.

11. Тимченко В. М., Окснюк О. П., Давидов О. А., Поліщук В. С., Цапліна К.М., Дубняк С.С. Управління кисневим режимом заплавних водойм гирлової ділянки Дніпра попусками Каховської ГЕС // Там же. - С. 224-226.

12. Тимченко В.М., Окснюк О.П., Давидов О.А., Цапліна К.М., Петренко Л.В., Меленчук Г.В., Дубняк С.С. Вплив режиму роботи Київської ГЕС на якість води Київської ділянки Канівського водоймища // Там же. - С. 226-227.



Анотація

Дубняк С. С. Гідродинаміка мілководь дніпровських водосховищ, її екологічна роль.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата географічних наук за спеціальністю 11.00.07 - гідрологія суші, водні ресурси, гідрохімія. Географічний факультет Київського Національного університету імені Тараса Шевченка, Київ, 1997.

В роботі наведені результати досліджень екологічно найбільш значущих елементів гідродинаміки мілководь дніпровських водосховищ - течій, турбулентного перемішування, коливання рівня води і хвильових явищ. Вдосконалена методика натурних спостережень, розрахунків і математичного моделювання елементів динаміки вод на мілководдях.

Запропоновано еколого-гідродинамічний підхід до визначення меж мілководь і їх районування. Встановлені і оцінені механізми впливу гідродинамічних процесів на основні показники стану екосистем мілководь і якість води.

Ключові слова: мілководдя, гідродинаміка, течії, турбулентне перемішування, коливання рівня, хвильові процеси, районування, водооновлення,

Аннотация

Дубняк С.С. Гидродинамика мелководий днепровских водохранилищ, её экологическая роль.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 11.00.07 - гидрология суши, водные ресурсы, гидрохимия. Географический факультет Киевского Национального университета имени Тараса Шевченко, Киев, 1997.

В работе представлены результаты исследований экологически наиболее значимых элементов гидродинамики мелководий днепровских водохранилищ: течений, турбулентного перемешивания, колебаний уровня воды и волновых явлений. Усовершенствована методика натурных наблюдений, расчетов и математического моделирования элементов динамики вод в мелководьях.

Предложен эколого-гидродинамический подход к определению границ мелководий и их районированию. Установлены и оценены механизмы влияния гидродинамических процессов на основные показатели состояния экосистем мелководий и качество воды.

Ключевые слова: мелководья, гидродинамика, течения, турбулентное перемешивание, колебания уровня, волновые процессы, районирование, водообновление.

Dubnyak S.S. Hydrodynamics of the Dnieper reservoir shallows, its ecological role.

Thesis for candidate's degree (Geography) on the speciality 11.00.07 - Hydrology of land, water resources, hydrochemistry. Geographical faculty of the Kyiv National University by name of Taras Shevchenko, Kyiv, 1997.

In the thesis the results of investigation of the most ecologically significant elements of the Dnieper reservoir shallows hydrodynamics: currents, turbulent mixing, water level change and wave processes have been presented. The methods of observation, calculation and mathematical modelling of hydrodynamical processes have been improved.

Eco-hydrodynamic approach to shallow border determination and its regionalization has been proposed. Hydrodynamic processes influence on the basic indexes of shallow ecosystem state and of water quality has been found out and estimated.

Key words: shallows, hydrodynamics, currents, turbulent mix, water level change, wave processes, regionalization, water renovation.

Підписано до друку

Друк офсетний.

Зам. № 7-067

Формат 60x84/16.

Умовн. друк. арк.

Тираж 100

Надруковано у "Поліграфцентрі Київського університету
ім. Тараса Шевченка"

252017, Київ, бульвар Т.Шевченка, 14

тел.: 224-01-05