

## УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ВОД ПРИДУНАЙСЬКИХ ОЗЕР ШЛЯХОМ РЕГУЛЮВАННЯ ВОДНОГО БАЛАНСУ

*Представлені математичні моделі та результати рішення задач водного і екологічного стану прісноводних водойм (на прикладі озера Ялпуг-Кугурлуй Придунайської озерної системи). Побудовано графік мінливості мінералізації води оз. Ялпуг-Кугурлуй на часовому відрізку 1974–2011 рр.*

**Ключові слова:** водно-сольовий баланс; управління якістю вод; гідрохімічний режим; нормальний підпірний рівень; рівень мертвого об'єму.

*Представлены математические модели и результаты решения задач водного и экологического состояния пресноводных водоемов (на примере озера Ялпуг-Кугурлуй Придунайской озерной системы). Построен график изменчивости минерализации воды оз. Ялпуг-Кугурлуй на часовом отрезке 1974 – 2011 годы.*

**Ключевые слова:** водно-солевой баланс; управление качеством вод; гидрохимический режим; нормальный подпорный уровень; уровень мертвого объема.

*The mathematical models and results of the decision of tasks of the water and ecological state of freshwater reservoirs (on the example of lake of Yalpug-Kugurluy of the Pridunayskoy lacustrine system) are presented. The chart of changeability of mineralization of water oz. Yalrug-Kugurluy on a sentinel segment 1974 – 2011 is built.*

**Keywords:** water-salt balance; quality management of waters; hydrochemical conditions; normal back pressure level; dead volume level.

### Вступ

Якість озер Нижнього Дунаю (Ялпуг, Кугурлуй, Кагул, Китай та Катлабух) в теперішній час визначається регулюванням водообміну з р. Дунай. До 60-х рр. минулого століття озера щорічно наповнювалися водою в період паводків на Дунаї та висушувалися при падінні рівнів води в Дунаї до позначок порогів. Разом з водою з озер видалялися залишки солей, забруднюючі речовини, органіка, що перешкоджало їхньому накопичуванню.

В теперішній час водообмін з р. Дунай здійснюється через шлюзові канали, причому рівень води в озерах регулюється правилами експлуатації, відповідно яким він обмежується верхніми НПР (нормальний підпірний рівень)

та нижніми РМО (рівень мертвого об'єму) значеннями їх наповнення, встановленими виходячи з вимог галузевих водокористувачів. Гідрохімічний режим Придунайських озер залежить від об'ємів наповнення, які в свою чергу обмежені їх корисними об'ємами. Отже, актуальною є задача регулювання приходної і витратної складових водного балансу озер з метою встановлення оптимальних відміток для підтримки якості води у водоймах.

Мета даної роботи полягає в представленні результатів і узагальненні досвіду використання математичних моделей для рішення задач водного та екологічного стану прісноводних водойм з штучно підтримуваним і регульованим водооновленням (на прикладі озера Ялпуг-Кугурлуй).

Раніше проблеми оптимізації приходної і витратної складових водно-сольового балансу зазначених озер для підтримки оптимальної (щодо мінералізації і евтрофікації) якості їх вод були розглянуті в [2, 3]. Питання стабілізації гідрологічного і, як наслідок, гідрохімічного режимів обговорювалися в [4, 5].

Вихідні матеріали та методика розрахунку

У роботі використовувалися моделі водно-сольового балансу системи озер Ялпуг-Кугурлуй.

Детальний опис методів оцінки приходних і витратних балансових складових цих водойм, а також використаних вихідних матеріалів наведено в роботах [2] і [6]. Для озера Ялпуг-Кугурлуй використовувалися дані спостережень за 39 років. На основі моделі водного балансу для озер була розроблена точкова модель евтрофікації вод.

Слід зазначити, що при водно-балансових розрахунках для спостережуваних водойм водообмін, а також приплив дунайської води в озера (навесні) і її стік у річку (восени), оцінювалися як залишкові члени балансових рівнянь.

Рекомендації по управлінню якістю вод Придунайських озер

Придунайські озера, розташовані в українській частині дельти річки Дунай (рис.1), є джерелом водопостачання прилеглих населених пунктів і визначають розвиток в даному регіоні зрошувального землеробства і рибного господарства. В даний час водний режим водойм визначається надходженням води за рахунок опадів, стоком малих річок, випаровуванням з поверхні водойм і самопливним водообміном з р. Дунай через канали.

Озера Ялпуг-Кугурлуй – найбільша водойма Придунайської озерної системи (фото 1, 2).

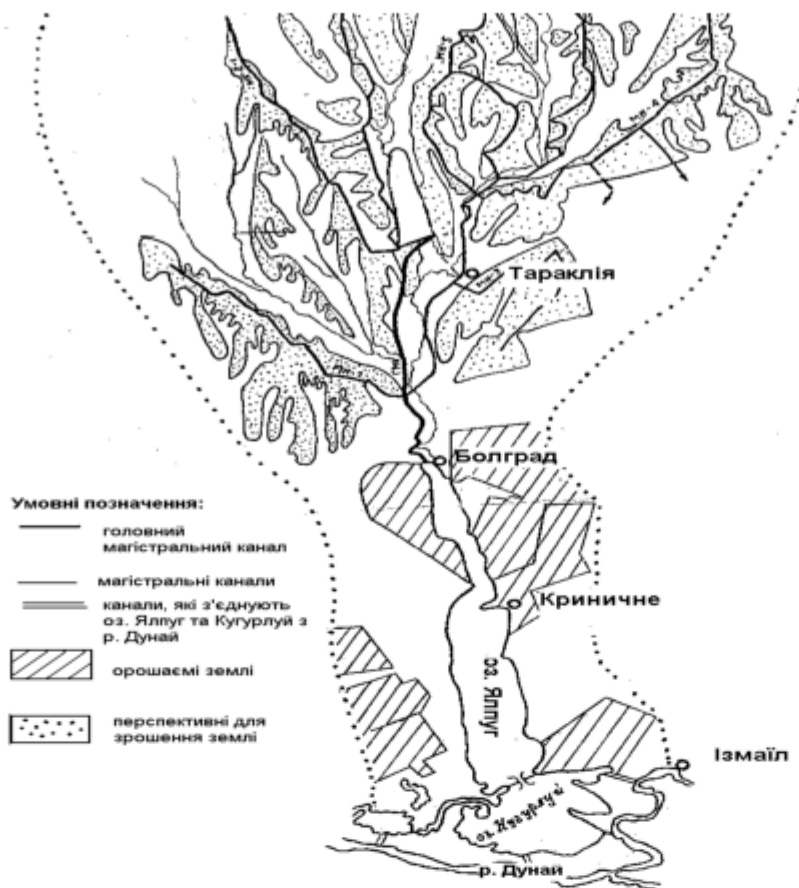


Рис. 1. Схема розташування Придунайських озер (оз. Ялпуг-Кугурлуй)



Фото 1. Озеро Ялпуг-Кугурлуй



Фото 2. Фауна та флора озера Ялпуг-Кугурлуй

## Результати

Рівняння водного балансу водойми записується у вигляді:

$$\frac{dW}{dt} = Q_{pr} + Q_{gr} + Q_{dr} + Q_d^{in} + Q_b + Q_{jr} - Q_{ev} - Q_f - Q_{tr} - Q_{ir} - Q_d^{out}, \quad (1)$$

де  $W$  – об'єм води у водоймі;  $t$  – час;  $Q_d^{in}$ ,  $Q_{pr}$ ,  $Q_{gr}$ ,  $Q_{dr}$ ,  $Q_b$  – приток вод у водойму з річки Дунай, у результаті випадання атмосферних опадів, надходження ґрунтових, дренажних та комунально-побутових вод, бічного припливу з прилеглих територій ( $S = 1220 \text{ км}^2$ ), стоку р. Ялпуг ( $S = 3180 \text{ км}^2$ ) відповідно;  $Q_{ev}$ ,  $Q_f - Q_{tr} - Q_{ir} - Q_d^{out}$  – втрати води на випаровування, фільтрацію по периметру водойми, транспірацію надводної водної рослинності, паркан на зрошення і комунально-побутове споживання (з північної частини оз. Ялпуг), скид води в р. Дунай, відповідно.

Мінералізація вод озер залежить від можливості їх наповнення слабомінералізованою ( $\approx 0,4 \text{ г/дм}^3$ ) дунайської водою, яка, в свою чергу, визначається перепадом рівнів води між р. Дунай і водоймою, тобто водністю р. Дунай. Мали місце випадки, коли через дуже низькі рівні води на Дунаї наповнення озер не проводилося протягом усього року, і рівні води у водоймі понижались на 70...80 см нижче РМО (рівня мертвого об'єму). Навпаки, в багатоводні на Дунаї роки досить проблематичним є скидання мінералізованих вод озер в р. Дунай.

Результати моделювання водно-сольового балансу оз. Ялпуг-Кугурлуй в умовах самопливного водообміну при сучасних відмітках НПР = 2,8 мБС та РМО = 1,5 мБС в період з 1963 по 2001 рр., наведені в [2], свідчать, що навіть при найсприятливішому режимі р. Дунай досягти оптимальних для іригаційних цілей величин мінералізації вод озер (близько  $1,0 \text{ г/дм}^3$ ) протягом вегетаційного періоду (травень–вересень) вдається тільки в багатоводні роки (рис.2). Вирішити проблему можна або шляхом удосконалення гідротехнічних споруд водойми, зокрема, будівництва насосних станцій. Це дасть можливість підтримувати оптимальні диспетчерські режими води в озерах (НПР), незалежно від рівня води в р. Дунай, шляхом підкачки води у водойму.

Моделювання водно-сольового балансу оз. Ялпуг-Кугурлуй з урахуванням підкачки слабомінералізованої дунайської води в озеро у вегетаційний період показало (рис.3) [3], що бажано збільшити РМО з 1,5 до 1,8...1,9 мБС (щоб уникнути падіння рівня води в маловодні роки нижче 1 мБС), а НПР підтримувати за рахунок підкачки води на рівні 2,7...3,0 мБС (незалежно від водності р. Дунай). При цьому варіанті управління можна досягти значень мінералізації порядку  $0,8...1,0 \text{ г/дм}^3$ . За умови додаткового відведення стоку р. Ялпуг, минаючи озеро, можливо підтримувати мінералізацію у водоймі близько  $0,6...0,7 \text{ г/дм}^3$ . Однак за відсутності підкачки вод насосною станцією, відведення стоку р. Ялпуг недоцільно, т.к. в умовах маловодного року він відіграє важливу роль у підтримці рівнів води у водоймі вище 1 мБС.

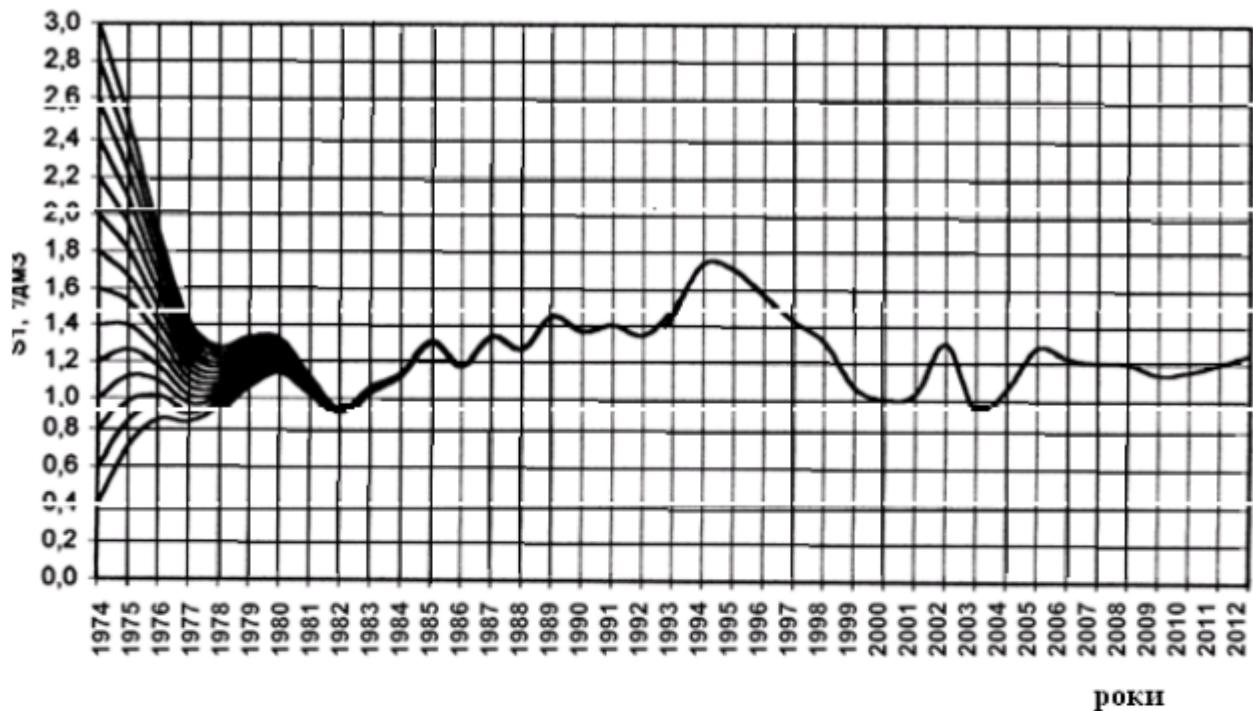
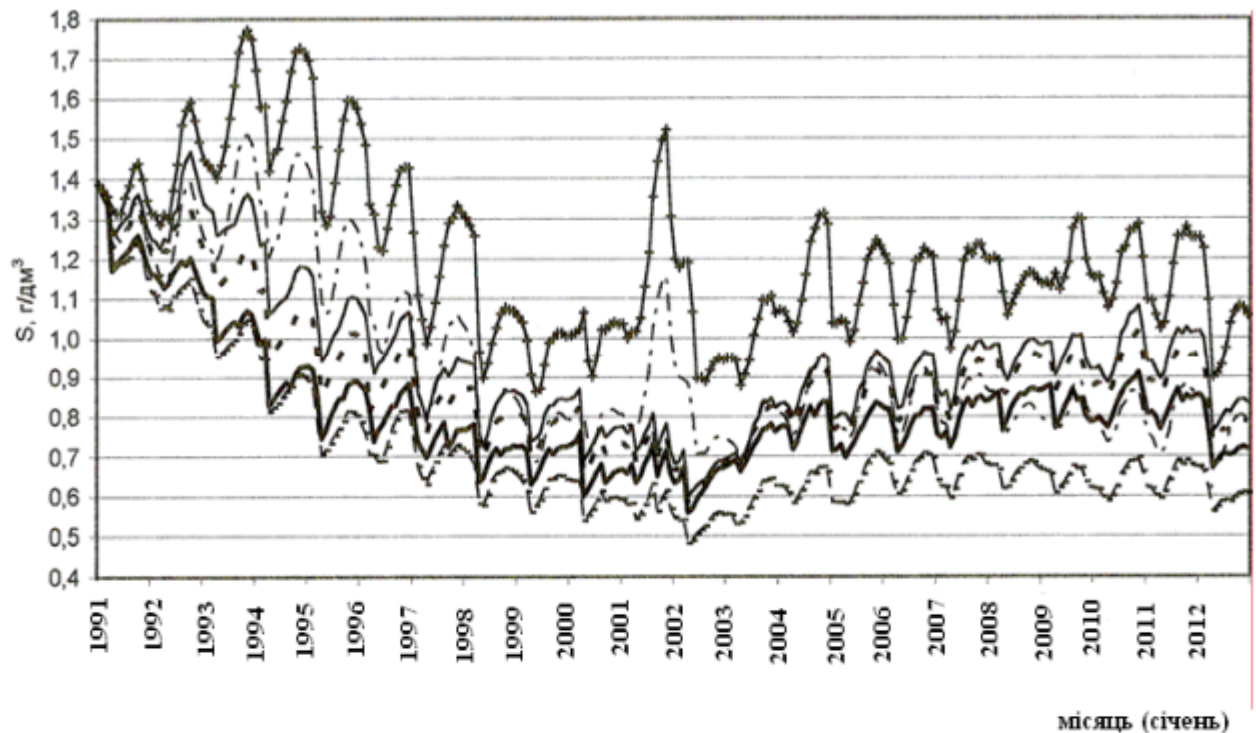


Рис. 2. Мінливість мінералізації води оз. Ялпуг-Курурлуй, отримана при моделюванні на часовому відрізку 1974-2011 рр.

Найбільш небезпечним для екосистеми водойми оз. Ялпуг-Кугурлуй є його обміління в маловодні роки, коли через низькі рівні р. Дунай не вдається наповнити водойму до НПР. Падіння рівня води в літній період року супроводжується зменшенням вмісту біогенних речовин і ростом концентрації. Тобто запаси біогенних речовин у водоймі трансформуються в запаси органічної речовини. При цьому небезпека полягає в тому, що ця органічна речовина, внаслідок гравітаційного осадження, депонується в донних відкладеннях і на її біохімічне розкладання витрачається кисень, який знаходиться у воді.

Концентрація органічної речовини, що утворюється в оз. Ялпуг-Кугурлуй в літній період року, залежить також від концентрації біогенних речовин у водах річки Дунай у весняні місяці, коли має місце їх надходження у водойму у великих обсягах. Чисельні експерименти з моделлю показали, що високий вміст біогенних речовин у водах р. Дунай в період наповнення водойми тягне за собою більш раннє цвітіння фітопланктону і посилення піку його біомаси на початку літа, коли біомаса зоопланктону ще не досягла тих значень, щоб стримувати зростання фітопланктону. Встановлено, що на трофічному статусі водойми позитивно позначається забір води на зрошення полів або скидання води у р. Дунай в період цвітіння фітопланктону в серпні – на початку вересня. При цьому вилучається з водойми органічна речовина, яка утворилася, і тим самим зменшується його кількість, що депонуються в донних відкладеннях, і зменшується ризик виникнення гіпоксії.



- ▲— по фактичним даним
- - - з підкачкою до 2,8 мБС
- · - · з підкачками до 2,8 мБС и без Ялпуга
- · - · без стоку р. Ялпуг
- з підкачками до 3 мБС
- підкачки до 2,7 мБС

Рис. 3. Мінливість мінералізації води оз. Ялпуг-Кугурлуй, отримана при різних умовах моделювання водно-сольового балансу за період з 1991 по 2012 рр..

### Висновок

Отже, управління якістю вод оз. Ялпуг-Кугурлуй можливо шляхом регулювання надходження у водойму вод р. Дунай навесні, в залежності від концентрації в них біогенних речовин, і шляхом вилучення вод з підвищеним вмістом органічної речовини в кінці серпня – на початку вересня.

### Список літератури

1. *Краевые экосистемы. Лиманы северо-западного Причерноморья / Северо-западная часть Черного моря: биология и экология.*– К.: Наукова думка, 2006.– С.351-427.
2. *Гопченко Е.Д., Кузниченко С.Д.* Научно-методические подходы по обеспечению оптимального режима функционирования Придунайских озер //

Метеорологія, кліматологія та гідрологія.– 2005.– № 49.– С.399-405.

3. *Голченко Е.Д., Кузниченко С.Д.* Солевой режим озера Кугурлуй-Ялпуг в условиях искусственного зарегулирования // Вісник Одеського державного екологічного університету.– К.: КНТ, ОДЕКУ, 2005.– Вип.1.– С.106-111.

4. *Голченко Е.Д., Тучковенко Ю.С.* Сценарное моделирование водно-солевого режима Тузовских лиманов // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003.– Вып.10.– С.243-255.

5. *Голченко Е.Д., Тучковенко Ю.С., Сербов Н.Г., Бузиян Г.Д.* Стабилизация гидрологического и гидрохимического режимов Тузовских лиманов путем регулирования водообмена с морем // Вісник Одеського державного екологічного університету.– К.: КНТ, ОДЕКУ, 2005.– Вип.1.– С.187-194.

Стаття надійшла до редакції 05.12.2013