

## УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ВОД ПРИДУНАЙСЬКИХ ОЗЕР НА ПРИКЛАДІ ОЗЕРА ЯЛПУГ-КУГУРЛУЙ

Т.В. Котова

Київський національний університет будівництва та архітектури, м. Київ  
e-mail: tvkotova@ukr.net

*У роботі представлені результати та використані математичні моделі для рішення задач водного і екологічного стану прісноводних водойм (на прикладі озера Ялпуг-Кугурлуй Придунайської озерної системи). Розглянуто актуальну задачу регулювання приходної і витратної складових водного балансу озер в цілях встановлення оптимальних відміток для підтримки якості води у водоймах. Побудовано графік мінливості мінералізації води оз. Ялпуг-Кугурлуй на часовому відрізку 1974 – 2011 роки. Запропоновано рівняння водного балансу для даної водойми.*

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

### Вступ

Якість води 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, у відповідності до яких він обмежується верхніми ННР (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 озер, які в свою чергу обмежені їх корисними об'ємами. Отже, актуальною є задача регулювання приходної і витратної складових водного балансу озер в цілях встановлення оптимальних відміток для підтримки якості води у водоймах.

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

Раніше проблеми оптимізації приходної і витратної складових водно-сольового балансу зазначених озер для підтримки оптимального (у відношенні 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 водойм, що підлягали спостереженням, 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.

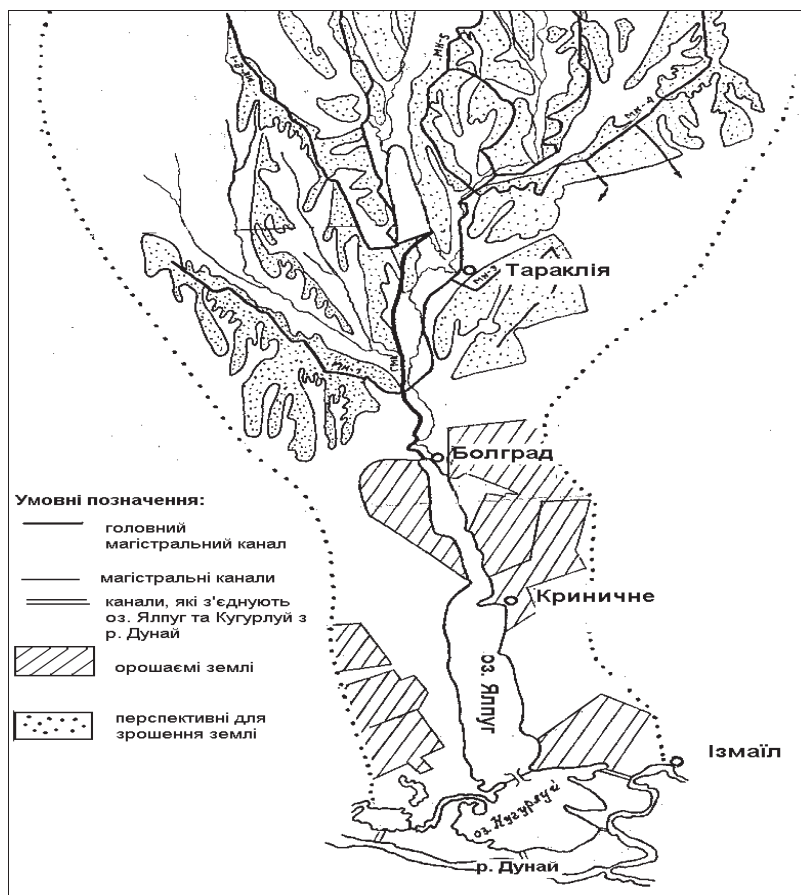


Рис. 1. Схема розташування Придунайських озер (оз. Ялпуг-Кугурлуй).

Озера Ялпуг-Кугурлуй - найбільша водойма Придунайської озерної системи (рис. 2, 3).



Рис. 2. Озеро Ялпуг-Кугурлуй.



Рис. 3. Фауна та флора озера Ялпуг-Кугурлуй.

### Результати та їх обговорення

Рівняння водного балансу водойми записується у вигляді:

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

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 понижились 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 озера 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.4). Вирішити проблему можна або шляхом удосконалення гідротехнічних споруд водойми, зокрема, будівництва насосних станцій, які дадуть можливість підтримувати оптимальні диспетчерські режими води в озерах (НПР), незалежно від рівня води в р. Дунай, або шляхом підкачки води у водойму.

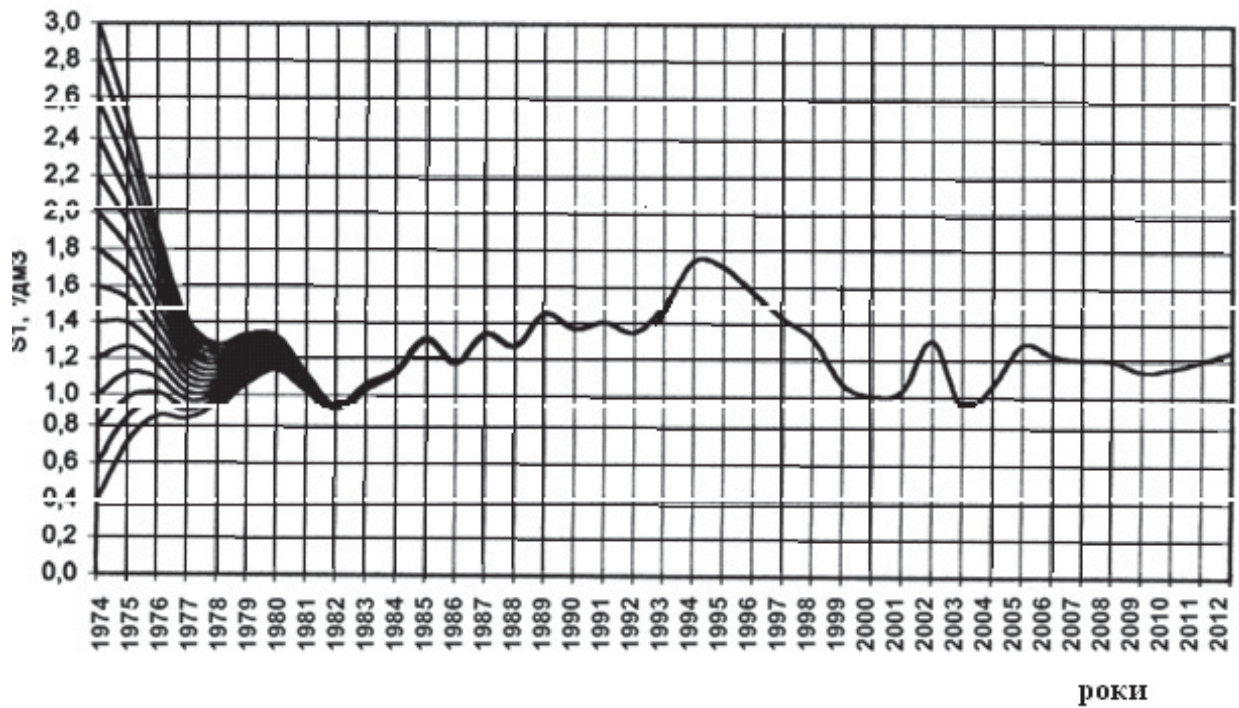


Рис. 4. Мінливість мінералізації води оз. Ялпуг-Кугурлуй, отримана при моделюванні на часовому відрізку 1974 - 2011 рр..

Моделювання водно-сольового балансу оз. Ялпуг-Кугурлуй з урахуванням підкачки слабомінералізованої дунайської води в озеро у вегетаційний період показало (рис.5) [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 НІР підтримувати за рахунок підкачки води на рівні 2,7 - 3,0 мБС (незалежно від водності р.Дунай).

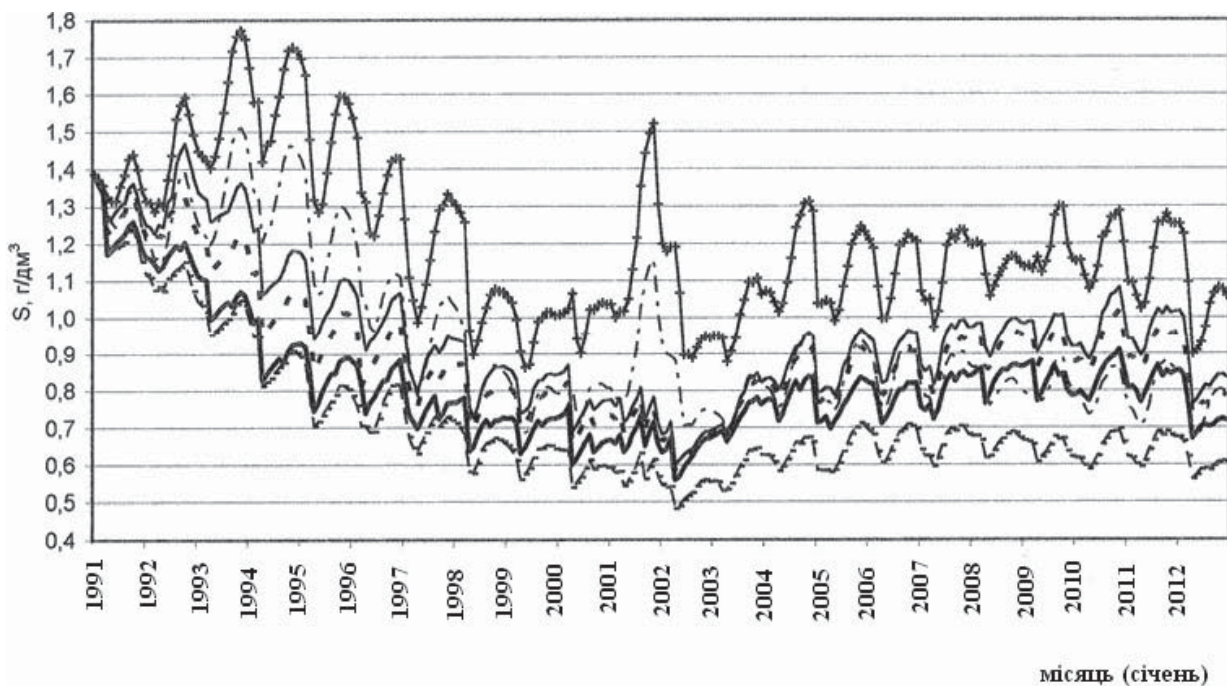


Рис. 5. Мінливість мінералізації води оз. Ялпуг-Кугурлуй, отримана при різних умовах моделювання водно-сольового балансу за період з 1991 по 2012 рр.: — по фактичним даним; - - - - з підкачкою до 2,8 мБС; - - - з підкачками до 2,8 мБС и без Ялпуга; - · - · без стоку р. Ялпуг; — з підкачками до 3 мБС; — підкачки до 2,7 мБС.

При цьому варіанті управління можна досягти значень мінералізації порядку 0,8 - 1,0 г/дм<sup>3</sup>. За умови додаткового відведення стоку р. Ялпуг, минаючи озеро, можливо підтримувати мінералізацію у водоймі близько 0,6 - 0,7 г/дм<sup>3</sup>. 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.

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 потрапляння 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, внаслідок чого вилучається з водойми органічна речовина, яка утворилася, і тим самим зменшується її кількість, що депонується в донних відкладеннях, та зменшується ризик виникнення гіпоксії.

### **Висновки**

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 серпні – на початку вересня.

## **УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ВОД ПРИДУНАЙСКИХ ОЗЕР НА ПРИМЕРЕ ОЗЕРА ЯЛПУГ-КУГУРЛУЙ**

**Т.В. Котова**

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, г. Киев  
e-mail: [tvkotova@ukr.net](mailto:tvkotova@ukr.net)

*В работе представлены результаты и использованные математические модели для решения задач водного и экологического состояния пресноводных водоемов (на примере озера Ялпуг-Кугурлуй Придунайской озерной системы). Рассмотрена актуальная задача регулирования приходной и расходной составляющих водного баланса озер в целях установления оптимальных отметок для поддержания качества воды в водоемах. Построен график изменчивости минерализации воды оз. Ялпуг-Кугурлуй на временном отрезке 1974 – 2011 годы. Предложено уравнение водного баланса для данного водоема.*

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

## QUALITY MANAGEMENT OF WATERS OF THE DANUBE LAKES ON EXAMPLE OF THE YALPUG-KUGURLUY LAKE

**T.V. Kotova**

Kiev National University of Building and Architecture, Kiev  
e-mail: tvkotova@ukr.net

*The paper presents the results and used mathematical models for solving water and freshwater ecological status (on example of the Ialpus-Kugurluy lake of Danubian lake system). An urgent task control incoming and outgoing components of the water balance of lakes in order to establish the optimal markers for maintaining the quality of water in the reservoirs was considered. Schedule changes in salinity for the Yalpus-Kugurluy lake was built for the time interval 1974 - 2011 years. The water balance equation for this reservoir was proposed.*

*Keywords: water-salt balance, quality management of waters, hydrochemical regime, normal water level, dead volume level.*

### **Список літератури**

1. Краевые экосистемы. Лиманы северо-западного Причерноморья. Северо-западная часть Черного моря: биология и экология.– Киев: Наукова думка, 2006.– С.351-427.
2. Гопченко Е.Д. Научно-методические подходы по обеспечению оптимального режима функционирования Придунайских озер / Е.Д. Гопченко, С.Д. Кузниченко // Метеорологія, кліматологія та гідрологія.– 2005.– № 49.– С.399-405.
3. Гопченко Е.Д. Солевой режим озера Кугурлуй-Ялпуг в условиях искусственного зарегулирования / Е.Д. Гопченко, С.Д. Кузниченко // Вісник Одеського державного екологічного університету.– Київ: КНТ, ОДЕКУ, 2005.– вип.1.– С.106–111.
4. Гопченко Е.Д. Сценарное моделирование водно-солевого режима Тузовских лиманов / Е.Д. Гопченко, Ю.С. Тучковенко // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2003.– Вып.10.– С.243–255.
5. Гопченко Е.Д. Стабилизация гидрологического и гидрохимического режимов Тузовских лиманов путем регулирования водообмена с морем / Е.Д. Гопченко, Ю.С. Тучковенко, Н.Г. Сербов, Г.Д. Бузиян // Вісник Одеського державного екологічного університету.– Київ: КНТ, ОДЕКУ, 2005.– Вип.1.– С.187–194.