

Є.Д. Гопченко, д.г.н., Ю.С. Медведєва  
Одеський державний екологічний університет

## МОДЕЛЮВАННЯ СОЛЬОВИХ БАЛАНСІВ ОЗ.КИТАЙ

*В статті наведені результати моделювання сольових балансів оз. Китай.*

**Ключові слова:** водний і сольовий баланси, мінералізація, надходження і витрата солей.

**Вступ.** Озеро Китай відноситься до групи придунайських водойм, які в середині 60-х років минулого століття були зарегульовані, а акумульована в них вода використовувалась на зрошення земель. Для підтримки експлуатаційних рівнів води відбувались підкачки слабомінералізованої (у середньому 380-410 мг/дм<sup>3</sup>) води з р. Дунай. Зокрема, з оз. Китай у період з 1979 по 1996 рр. об'єми заборів становили до 57 млн.м<sup>3</sup>, а об'єми підкачок – до 53 млн.м<sup>3</sup>. Тим самим вдавалось підтримувати більш-менш задовільну якість води у водоймі. У 90-х роках минулого століття відбувалося зменшення площ зрошення та відповідно і заборів води з оз. Китай, а головне – підкачок води до нього. Починаючи з 2000 р., забори води становлять усього до 1,5 млн.м<sup>3</sup> на рік, а регулярні підкачки повністю припинені. Це призвело до збільшення мінералізації води у водоймі, значення якої в останні роки (2000-2006 рр.) коливаються від 2200 до 3600 мг/дм<sup>3</sup>, а у маловодному 2007 р. – сягали 6300 мг/дм<sup>3</sup>, що перевищує встановлені вимоги щодо якості питної та зрошувальної води (до 1000 мг/дм<sup>3</sup>) у рази.

На цей час режим функціонування оз. Китай такий: навесні відкриваються шлюзи на каналах, що з'єднують водосховище з р. Дунай і відбувається наповнення водойми до відмітки НІР (чи меншої, в залежності від рівнів води у річці-донорі). У межений період шлюзи закриваються і вода з озера витрачається головним чином на випаровування та різні види її використання у комунально-побутовій сфері, а, частково, на зрошення. Восени, якщо рівні води в р. Дунай нижчі за рівні води у водоймі, відбуваються скиди мінералізованих вод до РМО. Після цього шлюзи знову закриваються на весь зимовий період. Такий цикл функціонування озера відбувається щорічно.

**Мета** дослідження полягає у моделюванні сольових балансів оз. Китай за різних умов функціонування з метою здійснення заходів щодо покращення екологічного стану водойми.

**Матеріали і методи дослідження.** Для розрахунку сольових балансів оз. Китай було використано рівняння водного балансу, записане таким чином [1]

$$V_p + V_r + V_b + V_g + V_{dr} + V_{ДП} \pm \Delta V_n = V_E + V_f + V_z + V_{DB}, \quad (1)$$

де  $V_p$  – об'єм опадів на поверхню озера;  $V_r$  – поверхневий стік невеликих річок, які впадають в озеро;  $V_b$  – боковий поверхневий приплив води до озера;  $V_g$  – приплив ґрунтових вод;  $V_{dr}$  – приплив дренажно-колекторних і зворотних комунально-побутових вод;  $V_{ДП}$  – стік річки Дунай при наповненні водойми;  $\Delta V_n$  – нев'язка водного балансу;  $V_E$  – об'єм випаровування з водної поверхні озера, з урахуванням транспірації водної рослинності;  $V_f$  – фільтрація води у береги по периметру озера;  $V_z$  – забір води на зрошення і комунально-побутове використання;  $V_{DB}$  – скиди води з озера у р. Дунай.

Спираючись на рівняння водного балансу (1), можна записати й рівняння сольового балансу [2]

$$\begin{aligned} W_1 S_1 + V_p S_p + V_r S_r + V_b S_b + V_g S_g + V_{dr} S_{dr} + V_{ДП} S_{ДП} = \\ = W_2 S_2 + V_f S_f + V_z S_z + V_{DB} S_{DB}, \end{aligned} \quad (2)$$

де  $S_1$  і  $S_2$  – середня по озеру мінералізація на початку та у кінці розрахункових місяців;  $W_1$  і  $W_2$  – об'єм води в озері на початку та у кінці розрахункових місяців;  $S_p, S_r, S_b, S_g, S_{dr}, S_{ДП}, S_f, S_z, S_{DB}$  – мінералізація складових водного балансу (атмосферних опадів, вод річок Киргиз-Китай і Аліяга, бічного припливу, ґрунтового стоку, дренажних вод та води, що надходить з р. Дунай, вод, що використовуються на зрошування, фільтрацію та скидів у р. Дунай).

За результатами розрахунків, які виконані раніше і наведені у [2,3,4], найбільший відсоток у прихідній частині сольових балансів оз. Китай за період 1979-2007 рр. складає надходження солей разом з річковим стоком – від 12 до 78 %, частка сумарного поверхневого припливу (річкового та бічного) – від 14 до 87 %. Дещо менший відсоток складає надходження солей разом з дунайською водою – від 6 % у роки, коли внесок поверхневого припливу значний, і до 56 % – у маловодні роки, коли стік річок Киргиз-Китай і Аліяга був майже відсутній. Надходження солей разом з дренажними водами складає до 27 % у роки, коли відбувались значні забори води з водосховища. На інші складові майже у всі роки припадає до 10 %.

Найбільший відсоток у витратній частині сольових балансів оз. Китай за період 1979-1997 рр. становлять витрати солей разом із забором води на зрошування (від 36 до 78 %), зі скидами води у р. Дунай – від 13 до 50 %, з фільтрацією – до 20 %. Наступне десятиріччя, у зв'язку зі зменшенням площ зрошування і майже повним припиненням заборів води для використання у сільськогосподарських цілях, характеризується іншим розподілом витрат води, а разом і солей. За період 1998-2007 рр. найбільший відсоток витрат солей припадає на скиди води до р. Дунай – від 15 до 75 %. Виняток – 2002 і 2007 рр., коли скиди не відбувались зовсім. Відсоток витрат на фільтрацію складає від 12 до 94 % (у роки, коли не було скидів води у р. Дунай), при заборах води на зрошування та інші види користування для цього ж періоду - від 1 до 26 %.

Для розробки та подальшого здійснення можливого управління водообміном з метою покращення якості води в оз. Китай за гідрохімічними показниками запропоновано декілька сценаріїв функціонування водойми. В основу моделювання покладені складові водних балансів 2000-2007 рр., тобто за сучасних умов функціонування оз. Китай. Ряди умовно подовжуються до 24 років шляхом повторювання восьмирічного періоду (2000-2007 рр.) три рази.

*Сценарій 1.* Він являє собою часовий хід мінералізації води за результатами моделювання на перспективу з урахуванням сучасних умов функціонування водойми.

*Сценарій 2.* Моделювання сольових балансів відбувалось за умови відведення стоку річок Киргиз-Китай і Аліяга, води яких найбільш мінералізовані з усіх складових сольового балансу і мають досить високу питому вагу (від 27 до 78%). При цьому враховувалось, що об'єми води, які відводились зі стоком річок Киргиз-Китай і Аліяга, компенсувалися підкачкою з р. Дунай з її мінералізацією ( $\approx 390$  мг/дм<sup>3</sup>).

*Сценарій 3.* Розрахунки здійснювались, виходячи з припущення, що скиди води можуть відбуватись з північної, а не з південної частини водойми по каналу Старотроянський, що будується вздовж західного берега оз. Китай. У північній частині водойми мінералізація  $S_{півн}$ , більша, ніж середня по озеру  $S$  та визначається співвідношенням  $S_{півн} = 1,34S$  [3].

*Сценарій 4.* При розрахунках за цим сценарієм припускалось, що втрати води на випаровування у літні місяці (червень, липень, серпень) будуть компенсуватись підкачкою з р. Дунай, мінералізація води якої в усі сезони значно нижча за мінералізацію води у водосховищі.

Об'єми води у літні місяці, які потрібно підкачувати, наведені у табл.1. Оскільки складові водних балансів, у тому числі й підкачки води, повторюються кожні вісім років, то ці роки наведені у дужках.

Річні об'єми підкачки до оз. Китай становитимуть протягом 24 умовних років від 25 до 33млн.м<sup>3</sup>, що становить від 40 до 53% до об'єму водойми при РМО (0,6 мБС) або від 51 до 67 % – до корисного об'єму відповідно.

*Сценарій 5.* За цим сценарієм передбачалось, що вода буде підкачуватись з р. Дунай до НПР=1,5 мБС у літні місяці (червень, липень, серпень) та за умови, що шлюзи закриті. Очевидно, що йдеться про компенсацію випаровування, як у попередньому варіанті, та з підтримкою постійного рівня води в озері.

*Сценарій 6.* Як і в попередньому варіанті, моделювання виконувалось за умови підкачки води з р. Дунай до НПР=1,5 мБС у літні місяці та скидів восени переважно з північної частини водойми.

*Сценарій 7.* Моделювання сольових балансів за умови відновлення зрошування (на рівні 80-х років). За цим варіантом зроблені такі припущення:

- вихідними є базові характеристики сучасного режиму функціонування водойми;
- забори води на зрошування встановлені на рівні 10; 20; 30; 40; 50 млн.м<sup>3</sup> у літні місяці (червень, липень, серпень);
- підкачка відбувається в об'ємах компенсації заборів води на зрошування у літні місяці (червень, липень, серпень).

Таблиця 1 - Об'єми підкачки до оз. Китай (у літні місяці) для компенсації випаровування, млн.м<sup>3</sup>

Рік \ Місяць	Червень	Липень	Серпень	Рік
1 (9, 17)	10.2	9.8	9.9	29.8
2 (10, 18)	6.9	9.1	10.1	26.2
3 (11, 19)	8.3	11.2	8.2	27.8
4 (12, 20)	11.3	9.3	8.6	29.2
5 (13, 21)	7.3	8.3	9.0	24.6
6 (14, 22)	7.8	7.8	7.5	23.2
7 (15, 23)	8.0	11.4	9.5	28.9
8 (16, 24)	11.4	13.1	8.7	33.2

Аналіз наведених на рис. 1 графіків часових змін мінералізації свідчать про те, що нормативні значення мінералізації (1000 мг/дм<sup>3</sup>) досягаються вже в перші роки при заборі води на зрошування на рівні 50 млн.м<sup>3</sup>. У подальшому, при зменшенні заборів на зрошування середня мінералізація по водоймі починає збільшуватись.

*Сценарій 8.* Розрахунки здійснювались за умов, які наведені у попередньому сценарії, та за умови скидів восени з північної частини водойми.

Як видно з рис. 2, мінералізація води значно зменшується, особливо при заборах і відповідних підкачках на рівні 50 млн.м<sup>3</sup>. Вже через три роки її значення коливаються близько 1000 мг/дм<sup>3</sup>, тобто на рівні встановленого нормативного значення відносно мінералізації питної та зрошувальної води.

**Результати дослідження та їх аналіз.** Комплексний графік результатів моделювання сольових балансів озера Китай, які можливо реалізувати та є найбільш корисними для здійснення як в екологічному, так і в економічному відношеннях, представлені на рис. 3.

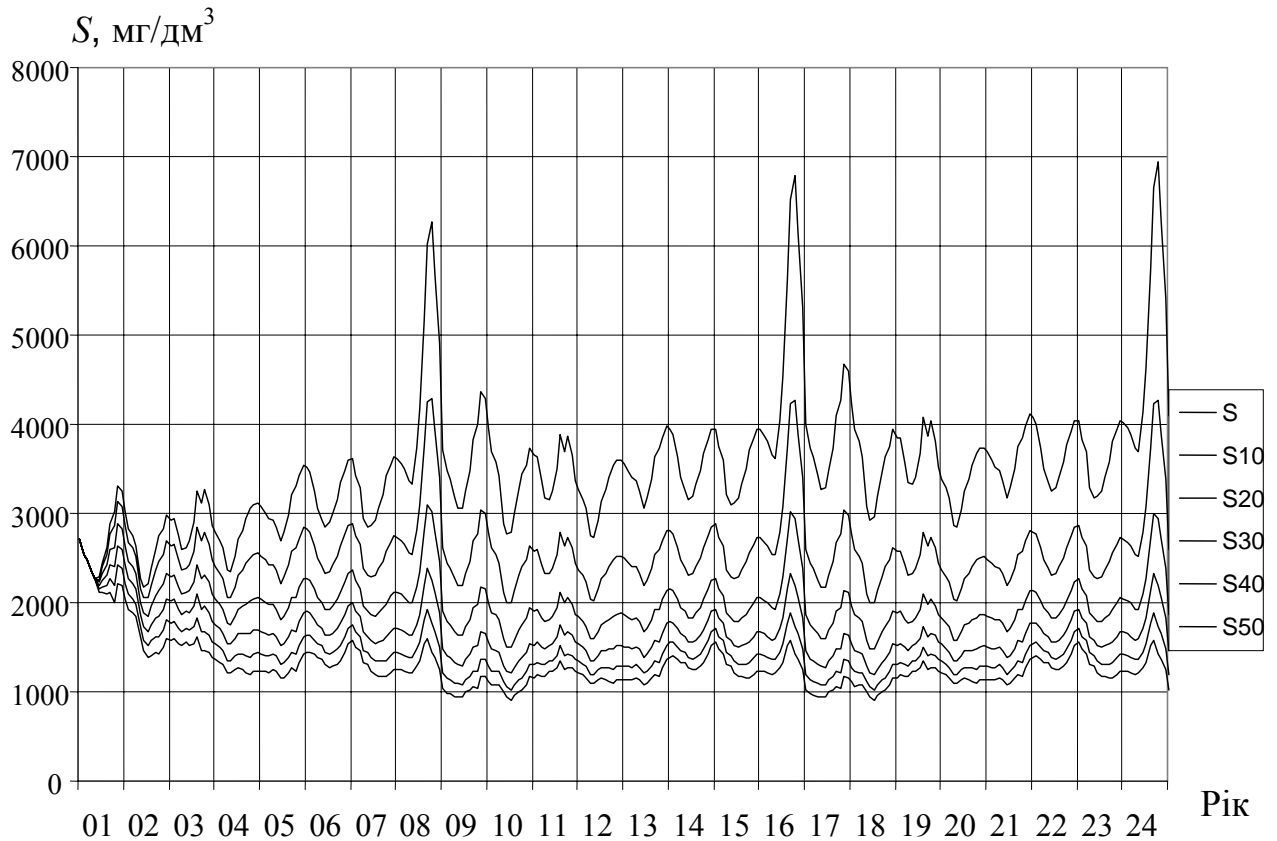


Рис. 1 - Змодельований часовий хід мінералізації за умови забору і підкачки води у розмірах 10,0; 20,0; 30,0; 40,0; 50,0 млн.м<sup>3</sup>.

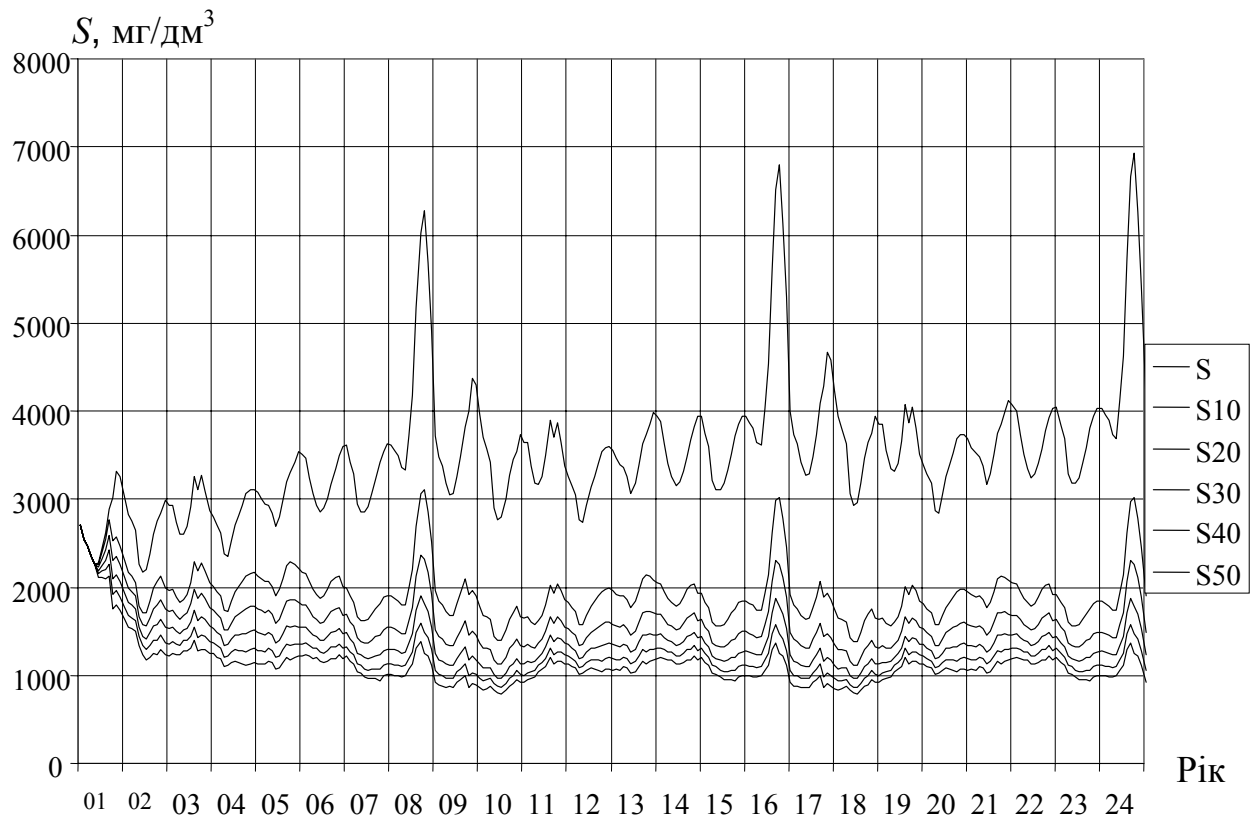


Рис. 2 - Змодельований часовий хід мінералізації за умови забору і підкачки води у розмірах 10,0; 20,0; 30,0; 40,0; 50,0 млн.м<sup>3</sup> та скидів з північної частини водойми.

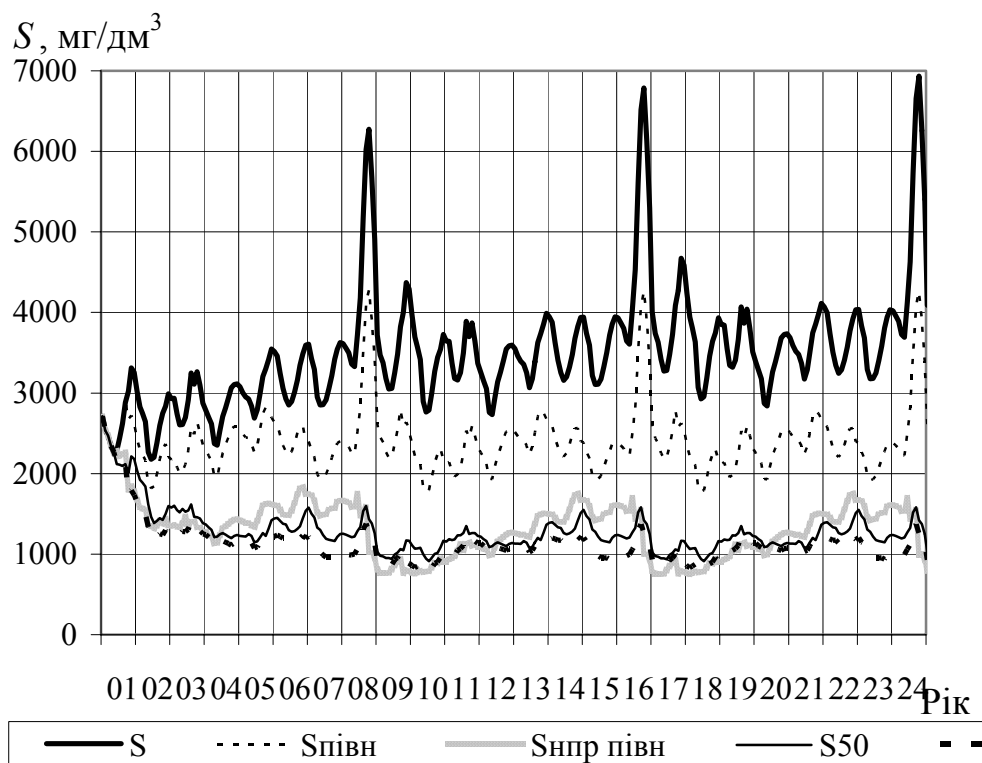


Рис.3 - Часова мінливість мінералізації води за різних умов функціонування оз. Китай.

Як видно з рис.3, за сучасних умов функціонування мінералізація води може коливатись від 2200 (на початку розрахункового періоду) до 6900 мг/дм<sup>3</sup> (у третьому періоді) в залежності від водності і пори року. За умови скидів води з північної частини водойми ( $S_{півн}$ ) середня мінералізація коливатиметься близько 2300 мг/дм<sup>3</sup>, за виключенням підвищення у маловодних умовних роках. За умови підкачки води з р. Дунай до НІР=1,5 мБС у літні місяці та скидів восени з північної частини водойми ( $S_{НІРпівн}$ ), мінералізація знижується та не перевищує 1700 мг/дм<sup>3</sup>. Аналіз наведеного графіка часової зміни мінералізації води за умови відновлення зрошування на рівні 50 млн.м<sup>3</sup> з відповідними підкачками та скидів води восени з північної частини водойми ( $S_{50півн}$ ) свідчать про те, що нормативні значення мінералізації (1000 мг/дм<sup>3</sup>) досягаються вже в перші роки і в залежності від пори та водності року не перевищують 1300 мг/дм<sup>3</sup>.

**Висновки.** При подальшому використанні вод озера Китай, розробляючи або корегуючи управлінські заходи, необхідно переглянути експлуатаційний режим водойми та слід визначитись, у тому числі й з його статусом стосовно водогосподарського використання у майбутньому. Може йтися про відновлення зрошування на існуювавшому раніше рівні 30-50 млн.м<sup>3</sup> і відповідних підкачок та добудови каналу Старотроянський для скидів більш мінералізованих вод з північної частини водойми безпосередньо у р. Дунай. Альтернативний варіант передбачає зміну призначення озера Китай на рибогосподарський об'єкт, що забезпечується сучасним водообміном.

#### Список літератури

1. Гопченко Є. Д., Блаш Ю. С. Водний баланс оз. Китай // Вісник ОДЕКУ. 2005. – Вип.1. – С. 119 – 126.
2. Гопченко Є. Д., Блаш Ю. С. Сучасний сольовий баланс оз. Китай // Вісник ОДЕКУ. – 2006. – Вип. 3. – С. 182 – 188.
3. Гопченко Є. Д., Медведєва Ю.С. Особливості водного і сольового режимів оз. Китай у 2005 та 2006 рр. // Вісник ОДЕКУ. – 2007. – Вип. 4. – С. 280 – 286.
4. Гопченко Є. Д., Медведєва Ю.С. Особливості водного і сольового режимів оз. Китай у 2007 р. // Вісник ОДЕКУ. – 2008. – Вип. 6. – С. 129 – 132.

**Моделирование солевых балансов оз. Китай.** Е.Д. Гопченко, Ю.С. Медведєва.

*В статье приведены результаты моделирования солевых балансов оз. Китай.*

**Ключевые слова:** водный и солевой балансы, минерализация, поступление и расход солей.

**Modeling of salt balances of Kitay Lake.** Gopchenko E., Medvedeva Y.

*In the article it was given the results of modeling of salt balances of Kitay Lake.*

**Keywords:** water and salt balances, mineralization, receipt and expense of salts.