

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

## ОСОБЛИВОСТІ ВОДНОГО І СОЛЬОВОГО РЕЖИМІВ ОЗ. КИТАЙ У 2005 ТА 2006 РР.

*В статті наведені результати перевірки раніше запропонованої авторами моделі водно-сольового режиму оз. Китай на матеріалах 2005 та 2006 рр.*

**Ключові слова:** водний, сольовий режим, мінералізація, гідрохімічна зйомка, надходження і витрата солей.

**Вступ.** У перший період функціонування озера Китай водний і сольовий режими багато в чому залежали від запроектованих, а потім і запроваджених управлінських правил водокористування. Зокрема, акумульована у ньому вода у теплий період року головним чином використовувалась для зрошування земель. Підтримка експлуатаційних рівнів води у водоймі забезпечувалась підкачкою з річки Дунай. Завдяки порівняно невисокій мінералізації дунайської води, на протязі багатьох років удавалося дотримуватися більш-менш задовільного стану якості води у водоймі. Але наприкінці 80-х років минулого століття у зв'язку з економічним спадом у країні суттєво зменшились площі зрошуваних земель, а внаслідок цього і потреба у водовідведенні з Придунайських озер. Між тим з'ясувалося, що через декілька років за нових умов існування озер, у тому числі й Китаю, мало місце значне підвищення в них мінералізації води, яка в озері Китай на цей час досягає 3.5 г/дм<sup>3</sup> і більше, що не задовольняє вимоги щодо якості питної та зрошувальної води, які становлять 1 г/дм<sup>3</sup>. Тому актуальним постало завдання дослідити усі складові водного і сольового балансів водойми з метою визначення шляхів покращення її екологічного стану.

Раніше нами була розроблена модель водно-сольового балансу оз. Китай. На її основі виконано генерування ряду, починаючи з 1979 до 2004 р. Для цього були використані існуючі дані спостережень – рівні води в озері, опади на його поверхню, випаровування, забори води на зрошування. Інші параметри визначались розрахунковим шляхом. Перевірка результатів розрахунків за представленою моделлю виконувалась для 2000-2004 рр., коли існували, хоча б епізодичні дані вимірювань мінералізації води в оз. Китай. За цією перевіркою зроблено висновок, що модель добре адаптована по всіх складових і її можна використовувати для моделювання водно-сольових режимів оз. Китай у подальшому [1]. Зараз представляє інтерес перевірка моделі для розрахунку водно-сольових режимів оз. Китай у 2005 та 2006 рр.

**Матеріали і методи дослідження.** В роботі використані матеріали спостережень за складовими водного балансу Одеського облводгоспу, Дунайської гідрометеорологічної обсерваторії, а також запропоновані авторами методичні підходи при визначенні тих складових, які, на жаль, не вимірювались.

Прибуткову і витратну частини водного балансу оз. Китай можна представити у вигляді блок-схем (рис.1 та 2).

Рівняння водного балансу (розрахункова одиниця – місяць) для водойми записується наступним чином

$$V_p + V_r + V_b + V_g + V_{dr} + V_D \pm \Delta V_n = V_E + V_f + V_z + V'_D. \quad (1)$$

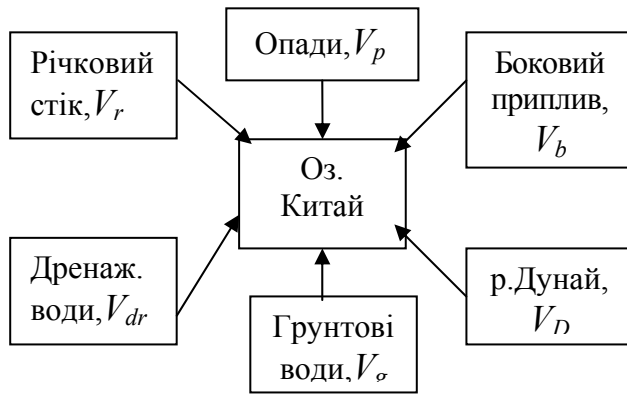


Рисунок 1 – Схема прибуткової частини водного балансу оз. Китай.

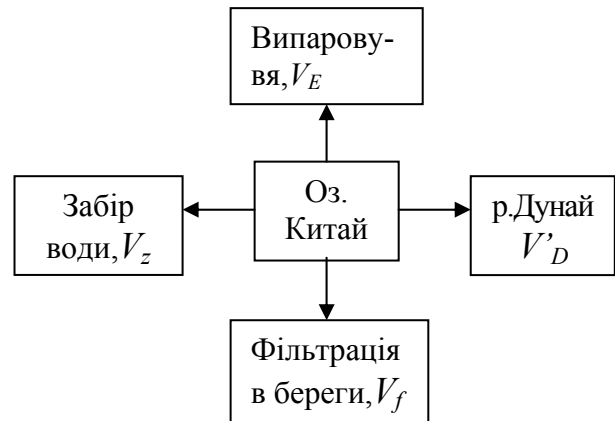


Рисунок 2 – Схема витратної частини водного балансу оз. Китай.

Надходження атмосферних опадів  $V_p$  розраховувалось за даними метеопункту Ізмаїл.

Об'єми річково стоку за відсутності вимірювань визначались за нормативним документом СНіП 2.01.14-83 [2], шляхом використання карт середнього річного стоку річок (л/(с\*км<sup>2</sup>)) та коефіцієнтів варіації, побудованих в масштабі 1:10 000 000.

Середні багаторічні значення стоку по картах установлюють для геометричних центрів тяжіння водозборів шляхом лінійної інтерполяції між ізолініями стоку та розраховують за виразом

$$\bar{Q} = \frac{\bar{q} * F}{10^3}, \quad (2)$$

де  $\bar{Q}$  – середня багатолітня витрата води, м<sup>3</sup>/с;  
 $\bar{q}$  – середній багатолітній модуль стоку, л/с\*км<sup>2</sup>;  
 $F$  – площа водозбору в км<sup>2</sup>.

Внутрішньорічний розподіл поверхневого стоку розраховувався за допомогою річок-аналогів, по яких накопичені багаторічні ряди спостережень. Зокрема, в якості аналогу нами використано р.Тараклія-с.Тараклія (ліва притока р.Ялпуг).

Бічний приплив поверхневих вод з прилеглий до озера території  $V_b$  розраховується за співвідношенням

$$V_b = 0.23V_r. \quad (3)$$

Надходження до водойми ґрунтових вод визначалось за формулою А.М.Бєфані[3]

$$Y_{zp} = u_0 th \left( a_z \varepsilon \sqrt{\frac{F}{F_{1,sp}} - 1} \right), \quad (4)$$

де  $Y_{zp}$  – шар стоку ґрунтового припливу води, мм;  
 $u_0$  – норма інфільтрації, яка, за даними В.Г.Сорокіна [4], для Придунайського регіону становить 2.5 мм;  
 $a_z$  – гідрогеологічний параметр, числове значення якого можна взяти на рівні 0.20;  
 $\varepsilon$  – параметр, що визначає інтенсивність дренавання водоносних горизонтів і складає він 0.25;

$F$  – площа водозбору;

$F_{1кр}$  – початкова площа витоку річок, яка на півдні України становить 60 км<sup>2</sup>.

Приплив дренажних вод з водозбору озера і побутово-комунальних скидів приймався за нормативами Одеського облводгоспу.

Витрати води на випаровування оцінювались за даними м/ст Болград.

Моделювання водного балансу завжди пов'язане зі зміною рівнів води у водному об'єкті. При відомих початкових і кінцевих рівнях води в озері ( $H_1$  і  $H_2$ ) і середній місячній величині фільтрації (0.44 млн м<sup>3</sup> в місяць) нескладно розподілити об'єми фільтрації  $V_f$  пропорційно величинам середньомісячних рівнів води в озері  $H_{срi}$ . Тобто в  $i$ -ому місяці

$$(V_f)_i = 0.44(k_f)_i, \quad (5)$$

де  $k_f$  – перехідний коефіцієнт для розрахунку фільтрації, який дорівнює

$$(k_f)_i = H_{срi} / H^*, \quad (6)$$

де  $H^*$  – середній річний рівень води в озері

$$H^* = 1/12 \sum_{s=1}^{12} (H_{срs})_i, \quad (7)$$

де  $H_{срi}$  – середньомісячні рівні води в озері.

В Одеському облводгоспі, на жаль, відсутні надійні і систематичні дані надходження води до озера Китай з річки Дунай весною  $V_D$  та скидів до неї восени  $V'_D$ . Тому обидві складові визначались зворотним шляхом з (1). Причому, в періоди відкритих шлюзів на каналах  $V_D$  і  $V'_D$  включають, крім того, також і нев'язку  $\Delta V_H$ . Контроль точності розрахунків  $V_D$  і  $V'_D$  здійснювався порівняльним аналізом нев'язок рівняння водного балансу у період простою озера, тобто за умов, коли шлюзи на каналах закриті. Задовільні результати цих нев'язок є підставою для того, щоб вважати розраховані зворотним шляхом  $V_D$  і  $V'_D$  надійними.

Місячні дані рівнів води в озері Китай за 2005-2006 рр. були отримані у відділі водних ресурсів Одеського облводгоспу. Розраховані величини складових водних балансів за 2005-2006 рр. наводяться у табл.1

Таблиця 1 – Складові водних балансів оз. Китай за 2005-2006 рр.

Рік	Роз-мірн	Прибуткова частина						Витратна частина			
		$V_p$	$V_r$	$V_b$	$V_g$	$V_{dr}$	$V_D$	$V_E$	$V_f$	$V_z$	$V'_D$
2005	10 <sup>6</sup> м <sup>3</sup>	31.7	27.1	6.23	0.95	0.08	18.6	41.3	5.28	0.39	35.8
	%	37.5	32.0	7.36	1.12	0.09	22.0	50.0	6.38	0.47	43.3
2006	10 <sup>6</sup> м <sup>3</sup>	20.1	2.70	0.62	0.95	0.08	31.5	45.7	5.28	0.39	6.99
	%	33.0	4.8	1.1	1.7	0.14	56.3	78.3	9.0	0.67	12.0

Як видно з табл.1, найбільший відсоток у прибуткових частинах водних балансів оз.Китай у 2005 та 2006 роках становить надходження води разом з опадами (37.5 та 33%, відповідно), дунайською водою (22 та 56%, відповідно) та у 2005 р. разом з поверхневим припливом (32%). Інші складові становлять незначний відсоток.

Витратна частина у найбільшій мірі обумовлена витратами води на випаровування (50% у 2005 р. та 78% – у 2006 р.) та скидами у р. Дунай (43 та 12% відповідно у 2005 та 2006 рр.).

При визначенні складових рівняння сольового балансу за базове було взято рівняння водного балансу (1). Окремі величини водного балансу, які входять до нього, перемножувались на відповідні значення мінералізації

$$W_1 S_1 + V_p S_p + V_r S_r + V_b S_b + V_g S_g + V_{dr} S_{dr} + V_D S_D = W_2 S_2 + V_f S_f + V_z S_z + V_D S_D, \quad (8)$$

де  $W_1$  – об'єм води в озері на початок розрахункового періоду;

$W_2$  – об'єм води в озері на кінець розрахункового періоду;

$S_1$  і  $S_2$  – середня по озеру мінералізація води на початку і в кінці розрахункового місяця;

$S_p, S_r, S_b, S_g, S_{dr}, S_D, S_f, S_z, S_D$  – мінералізація складових водного балансу.

В опадах мінералізація  $S_p$  прийнята також за даними Одеського облводгоспу і становить  $0.22 \text{ г/дм}^3$ .

Мінералізація води в річках Киргизж-Китай і Аліяга  $S_r$  визначена за матеріалами Одеського облводгоспу в залежності від об'єму стоку і наведена у табл.2. Оскільки вихідні дані головним чином охоплюють порівняно невеликі витрати води в річках, то в роботі було побудовано залежність  $S=f(V_r)$ . Шляхом екстраполяції цієї залежності на максимальні значення  $V_r$  і мінералізацію, яка прийнята на рівні фонові для цього регіону (приблизно  $1 \text{ г/дм}^3$ ), було вирішено питання стосовно розрахунку однієї з основних прибуткових складових сольового балансу в усьому діапазоні  $V_r$ .

Таблиця 2 – Величини мінералізації води річок Киргизж-Китай і Аліяга в залежності від об'єму їхнього стоку

$V_r, 10^6 \text{ м}^3$	0.05	0.1	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	$\geq 6.0$
$S_r, \text{ г/дм}^3$	5.44	5.41	5.12	4.77	4.06	3.35	2.65	1.94	1.0

Мінералізація вод бічного припливу  $S_b$  встановлена за співвідношенням, визначеним за матеріалами інтегрованого моніторингу Tacis-2001 р. у межах басейну оз. Ялпуг-Кугурлуй

$$S_b = 0.57 S_r, \quad (9)$$

де  $S_r$  – мінералізація води в рр. Киргизж-Китай і Аліяга,  $\text{г/дм}^3$ .

Мінералізація ґрунтових вод  $S_g$  визначена за даними моніторингу ґрунтових вод, який здійснюється обласною гідрогеолого-меліоративною експедицією. Для розрахунку сольових балансів прийнято середнє значення для території  $S_g = 2.60 \text{ г/дм}^3$ .

Мінералізація дренажних вод  $S_{dr}$  прийнята за даними Одеського облводгоспу і дорівнює  $2.00 \text{ г/дм}^3$ .

Мінералізація води р. Дунай  $S_D$  у 2005-2006 рр. за даними Дунайської гідрометеорологічної обсерваторії прийнята постійною і дорівнює  $0.39 \text{ г/дм}^3$ .

Мінералізація води, що витрачається на фільтрацію  $S_f$ , на зрошення та інші види користування, розраховувалась як середня по озеру для розрахункових місяців наступним шляхом. На першому етапі приймається, що мінералізація наприкінці місяця

дорівнює початковій. Таким чином, середня мінералізація також дорівнює початковій. В результаті розрахунку знаходиться її кінцеве значення. На другому етапі при відомій початковій мінералізації і розрахованій на першому етапі кінцевій розраховується середня мінералізація і друга розрахункова кінцева. За цією схемою мінералізація обчислюється, аж поки її середнє місячне значення не буде суттєво змінюватися.

Мінералізація води, що скидається до р. Дунай  $S_D$ , розраховувалась за допомогою перехідного коефіцієнта, що дорівнює 0.63 від середньої по озеру мінералізації, який був визначений при аналізі гідрохімічних зйомок оз. Китай (табл.3).

Таблиця 3 – Гідрохімічні зйомки оз. Китай 29.07.1987 р. та 29.08.1987 р.

№ точки	мінерал., г/дм <sup>3</sup>	№ точки	мінерал., г/дм <sup>3</sup>
29.07.1987		29.08.1987	
середня мінералізація у північній частині озера			
$S_{півн}$	1.41	$S_{півн}$	1.67
середня мінералізація у південній частині озера			
$S_{півд}$	0.80	$S_{півд}$	0.65
середня мінералізація озера в цілому			
$S_{сер}$	1.10	$S_{сер}$	1.20
$S_{півн}/S_{сер}$	1.28	$S_{півн}/S_{сер}$	1.40
$S_{півд}/S_{сер}$	0.72	$S_{півд}/S_{сер}$	0.54
осереднені значення			
$S_{півн}/S_{сер}$		1.34	
$S_{півд}/S_{сер}$		0.63	

**Результати дослідження та їх аналіз.** Підсумкові дані надходження і витрат солей у 2005-2006рр. наводяться у табл.4 та на рис.3. Як видно з них, у ці роки найбільша кількість солі надійшла разом з водою річок Киргиз-Китай та Аліяга (71.3% у 2005 р. та 38.3% – у 2006 р.). Разом з атмосферними опадами надійшло 7.2 та 12.4% у 2005 та 2006 роках, відповідно, з дунайською водою – 8.6 та 34.3%. У витратній частині сольових балансів за 2005 і 2006 рр. найбільший відсоток складає витрата солей разом з водою, яка скидається до р. Дунай (81 та 45.7%) та витрачається на фільтрацію (17.8 та 51%).

Таблиця 4 – Складові сольових балансів оз. Китай (2005-2006 рр.)

Рік	Роз-мірн	Прибуткова частина						Витратна частина		
		$C_p$	$C_r$	$C_b$	$C_g$	$C_{dr}$	$C_D$	$C_f$	$C_z$	$C_{D'}$
2005	10 <sup>3</sup> т	7.0	69.5	9.1	2.5	1.1	8.34	17.1	1.1	77.8
	%	7.2	71.3	9.4	2.5	1.1	8.56	17.8	1.2	81.0
2006	10 <sup>3</sup> т	4.3	13.7	1.8	2.5	1.1	12.3	17.0	1.1	15.3
	%	12.4	38.3	5.0	6.9	3.1	34.3	51.0	3.3	45.7

Для визначення точності розрахунків водно-сольових балансів оз.Китай у 2005-2006 рр. був побудований графік відповідності між розрахунковою та фактичною мінералізаціями (рис.4).

Як видно з рис.4, при порівнянні фактичної і розрахованої мінералізацій лінія тренда та лінія рівних значень майже співпадають, середнє відхилення складає близько 2%. Таким чином, можна відзначити добрий збіг результатів, особливо враховуючи те, що розрахункові і фактичні величини відносяться до різних розрахункових інтервалів (фактичні – це точкові значення, а розрахункові – місячні величини).

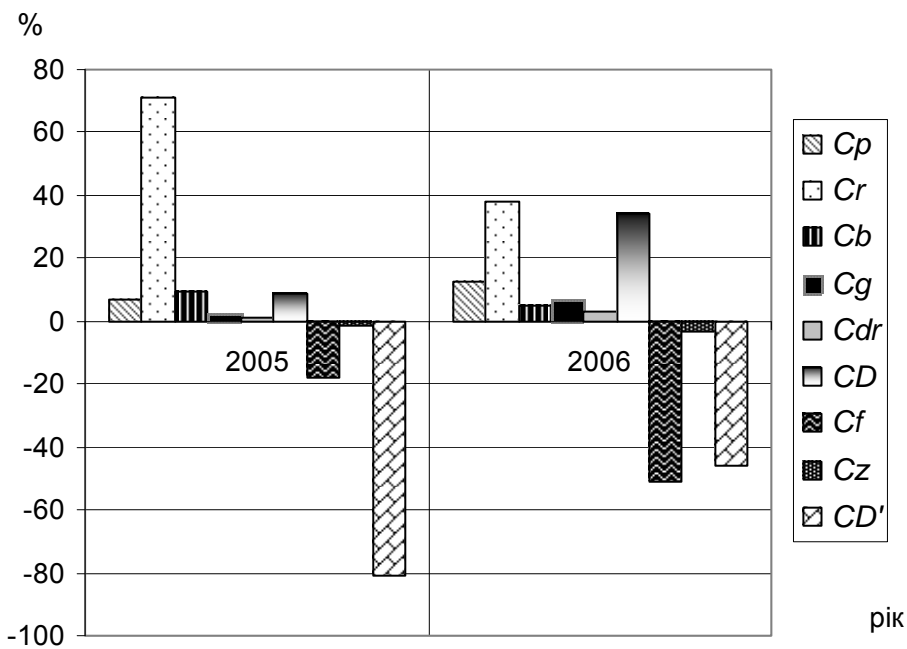


Рисунок 3 – Складові сольового балансу оз. Китай у 2005 та 2006 рр.

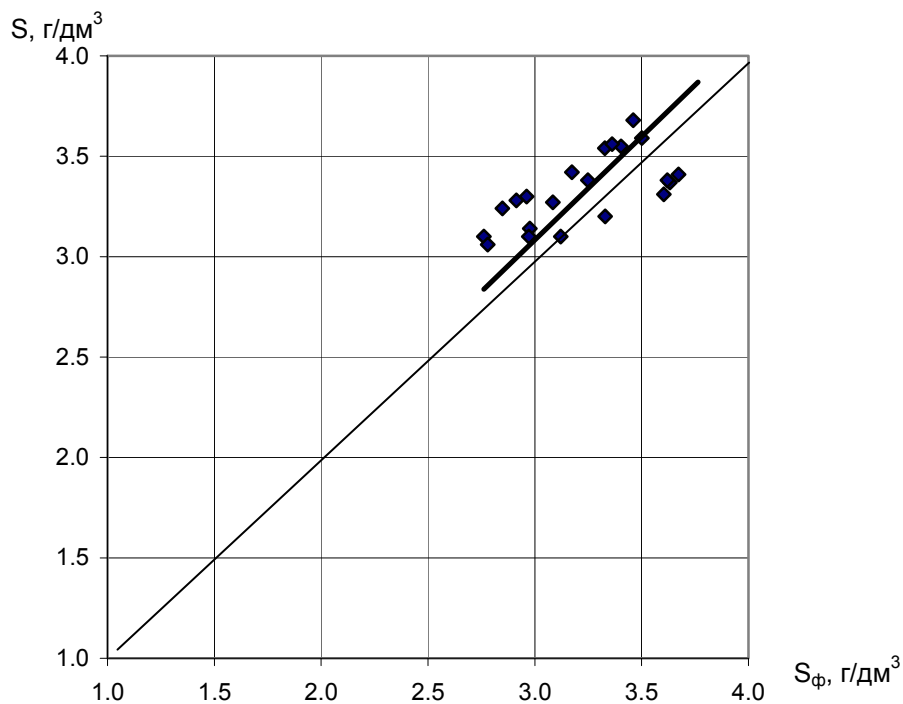


Рисунок 4 – Порівняння фактичної та розрахованої мінералізації води в оз.Китай у 2005-2006 рр.

**Висновки.** Перевірка запропонованої моделі на матеріалах 2005-2006 рр. свідчить про її надійність і можливість подальшого використання при визначенні складових водного і сольового балансів оз. Китай. На її основі можливо прогнозувати подальший стан водойми та моделювати можливі варіанти функціонування озера з метою покращення якості води в ньому.

### Список літератури

1. Гопченко Є.Д., Бєлаш Ю.С. Сучасний сольовий баланс оз.Китай // Вісник Одеського державного екологічного університету, вип. 3/2006 – С.182 – 188.
2. *Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик.* Л., Гидрометеиздат, 1984. – 448 с.
3. Бєфани А.Н. Основные положения речного стока. Тр.ОГМИ, вып.ХІІ, 1958, с.99-164.
4. Сорочкин В.Г. Средний многолетний сток рек орошаемых регионов юга Европейской территории Союза. Метеорология, климатология и гидрология, вып.10, 1974, с.121 – 129.

#### **Особенности водного и солевого режимов оз. Китай в 2005 и 2006гг.**

**Гопченко Е.Д., Медведєва Ю.С.**

*В статье приведены результаты проверки ранее предложенной авторами модели водно-солевого режима оз. Китай на материалах 2005 и 2006 гг.*

**Ключевые слова:** *водный, солевой режим, минерализация, гидрохимическая съемка, поступление и расход солей.*

#### **Features of the water and salt regimes of Kitay lake in 2005 and 2006 years.**

**Gopchenko E., Medvedeva Y.**

*In article led results (with the use of 2005 and 2006 data ) of verification of the model, which was offered by authors, of the water-salt regime of Kitay Lake.*

**Keywords:** *salt, water regime, mineralization, hydrochemical survey, receipt and expense of salts.*