

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

## СУЧАСНИЙ СОЛЬОВИЙ БАЛАНС ОЗ.КИТАЙ

*В статті запропоновані науково-методичні підходи до визначення складових сучасних сольових балансів оз.Китай.*

**Ключові слова:** сольовий і водний баланси, мінералізація, водообмін.

**Вступ.** Водний і сольовий режими оз. Китай багато в чому залежать від запроєктованих, а потім і запроваджених управлінських правил водокористування. Зокрема, акумульована у ньому вода у теплий період року головним чином використовувалась для зрошування земель (у межах 20-50 млн м<sup>3</sup> щорічно). 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. Тим часом з'ясувалося, що через декілька років за нових умов існування озер, у тому числі й Китаю, мало місце значне підвищення в них мінералізації води. Тому актуальним постає завдання дослідити усі складові водного і сольового балансів водойми з метою визначення шляхів, спрямованих на покращення її екологічного стану.

**Методи і матеріали дослідження.** Для розрахунку сольових балансів оз. Китай було використано рівняння водного балансу, записане таким чином

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

де  $V_p$  – об'єм опадів на поверхню озера;  $V_z$  – 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 скиди комунально-побутових вод;  $V_D$  – стік річки Дунай при наповненні водойми;  $\Delta V_n$  – нев'язка водного балансу;  $V_E$  – об'єм випаровування з водної поверхні озера;  $V_f$  – фільтрація води у береги по периметру озера;  $V_z$  – забір води на зрошування і комунально-побутове використання;  $V_{D'}$  – скиди води з озера у річку Дунай [1].

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

$$W_1 S_1 + V_p S_p + V_r S_r + V_b S_b + V_g S_g + V_{dr} S_{dr} + V_D S_D = W_2 S_2 + V_f S_f + V_z S_z + V_{D'} S_{D'}, \quad (2)$$

де  $S_1$  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.

При моделюванні сольових балансів у 2000-2004 рр. за даними Одеського облводгоспу за вихідну взята  $S_1 = 2.60$  г/дм<sup>3</sup> (на початок січня 2000 р.).

В опадах мінералізація  $S_p$  прийнята також за даними Одеського облводгоспу і становить 0.22 г/дм<sup>3</sup>.

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.1. 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 мінералізації, взятої на рівні фоновій для цього регіону (приблизно  $1 \text{ г/дм}^3$ ), було вирішене питання стосовно розрахунку однієї з прибуткових складових сольового балансу в усьому діапазоні  $V_r$ .

Таблиця 1 – Величини мінералізації води річок Киргиз-Китай і Аліяга в залежності від об'єму їх стоку

$V_r$ , $10^6 \text{ м}^3$	0.05	0.1	0.5	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	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

Розраховані об'єми і мінералізація води в річках Киргиз-Китай і Аліяга за 2000-2004 рр. представлені у табл.2, та проілюстровані рис.1.

Мінералізація води річок Киргиз-Китай і Аліяга на протязі 2000-2004 рр. змінювалась від 2.24 до 5.42  $\text{г/дм}^3$  (табл.2) в залежності від пори року (навесні вона зменшувалася, а восени – збільшувалася).

Таблиця 2–Об'єми і мінералізація води в річках Киргиз-Китай і Аліяга за 2000-2004 рр.

рік	мі- сяць	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	рік
2000	$V_r$ , $10^6 \text{ м}^3$	0.14	0.45	0.64	0.55	0.32	0.21	0.41	0.38	0.45	0.60	0.34	0.19	4.66
	$S_r$ , $\text{г/дм}^3$	5.38	5.16	5.03	5.08	5.25	5.33	5.19	5.21	5.16	5.05	5.24	5.34	
2001	$V_r$ , $10^6 \text{ м}^3$	0.25	0.82	1.17	1.02	0.58	0.38	0.74	0.70	0.82	1.09	0.62	0.34	8.54
	$S_r$ , $\text{г/дм}^3$	5.30	4.90	4.65	4.76	5.07	5.21	4.95	4.98	4.90	4.70	5.04	5.23	
2002	$V_r$ , $10^6 \text{ м}^3$	0.57	1.90	2.72	2.36	1.35	0.87	1.72	1.63	1.90	2.54	1.45	0.79	19.8
	$S_r$ , $\text{г/дм}^3$	5.07	4.13	3.56	3.81	4.52	4.86	4.26	4.33	4.13	3.68	4.45	4.92	
2003	$V_r$ , $10^6 \text{ м}^3$	0.08	0.27	0.38	0.33	0.19	0.12	0.24	0.23	0.27	0.36	0.20	0.11	2.78
	$S_r$ , $\text{г/дм}^3$	5.42	5.29	5.21	5.24	5.34	5.39	5.31	5.32	5.29	5.22	5.33	5.40	
2004	$V_r$ , $10^6 \text{ м}^3$	0.97	3.20	4.57	3.97	2.27	1.47	2.90	2.73	3.20	4.27	2.43	1.33	33.32
	$S_r$ , $\text{г/дм}^3$	4.79	3.21	2.24	2.67	3.87	4.44	3.42	3.54	3.21	2.46	3.75	4.53	

Мінералізація вод бічного припливу  $S_b$  встановлена за рівнянням

$$S_b = 0.57S_r \quad (3)$$

де  $S_r$  – мінералізація води в рр. Киргиз-Китай і Аліяга.

Коефіцієнт рівняння (3) визначений за матеріалами інтегрованого моніторингу Taccis-2001 р. у межах басейну оз. Ялпуг-Кугурлуй.

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

Мінералізація дренажних вод  $S_{dr}$  взята за даними Одеського облводгоспу і дорівнює  $2.00 \text{ г/дм}^3$  [2].

Мінералізація води р. Дунай  $S_D$  у 2000-2004 рр., за даними Дунайської гідрометеорологічної обсерваторії взята постійною і дорівнює  $0.40 \text{ г/дм}^3$ .

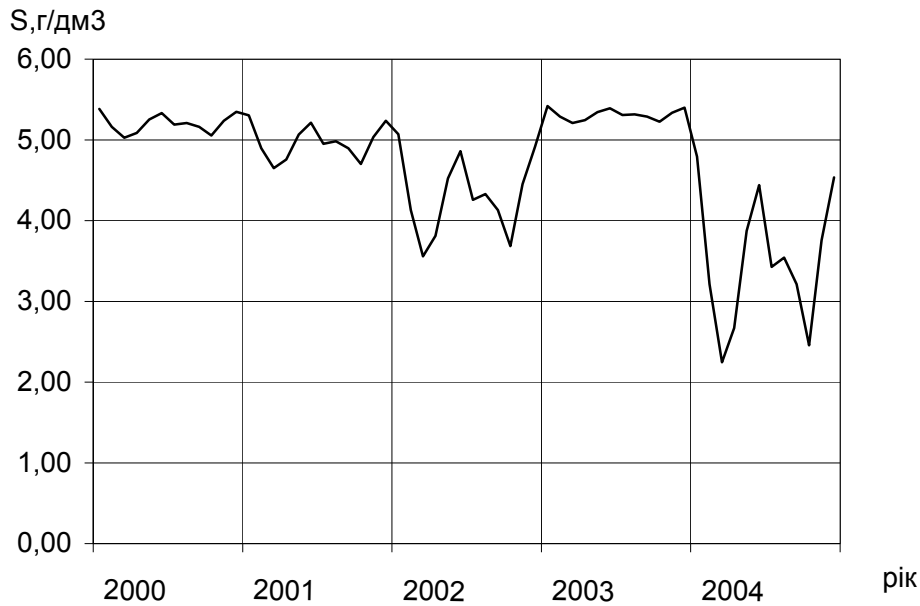


Рисунок 1 – Часова мінливість мінералізації річок Киргиз-Китай і Аляга за 2000-2004 рр.

Мінералізація води, що витрачається на фільтрацію  $S_f$ , на зрошування та інші види користування  $S_z$  і мінералізація води, що скидається до р.Дунай  $S_D$ , розраховувались як середні по озеру для розрахункових місяців наступним шляхом. На першому етапі приймається, що мінералізація на кінець 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.

**Результати дослідження та їх аналіз.** Для визначення найбільшої точності розрахунків сольових балансів оз. Китай вони виконувались за декількома варіантами:

1. Розрахунок щорічних сольових балансів за період 2000-2004 рр. при заданій початковій мінералізації на початку січня 2000 р.

Підсумкові дані надходження і витрат солей у 2000-2004 рр. наводяться у табл.3.

За даними табл.3 багаторічна мінливість складових прибуткової і витратної частин сольових балансів представлена на рис.2 і 3 відповідно.

Таблиця 3 – Складові сольових балансів оз. Китай (2000-2004 рр.)

Рік		Прибуткова частина						Витратна частина		
		$C_p$	$C_r$	$C_b$	$C_g$	$C_{dr}$	$C_D$	$C_f$	$C_z$	$C_{D'}$
2000	$10^3 T$	4.31	24.02	1.20	2.47	1.10	13.69	14.62	9.51	44.51
	%	9.20	51.33	2.57	5.28	2.35	29.26	21.31	13.86	64.84
2001	$10^3 T$	5.06	41.80	2.56	2.47	1.10	14.34	14.79	3.82	29.65
	%	7.52	62.08	3.80	3.67	1.63	21.29	30.64	7.92	61.44
2002	$10^3 T$	6.07	81.66	6.35	2.47	1.10	12.60	17.36	2.94	0.00
	%	5.51	74.06	5.76	2.24	1.00	11.43	85.50	14.50	0.00
2003	$10^3 T$	4.19	14.68	1.52	2.47	1.10	9.37	16.42	3.28	9.64
	%	12.57	44.04	4.57	7.41	3.30	28.11	55.96	11.18	32.86
2004	$10^3 T$	8.11	106.2	13.92	2.47	1.10	2.35	17.50	1.21	146.1
	%	6.05	79.16	10.38	1.84	0.82	1.76	10.62	0.73	88.65

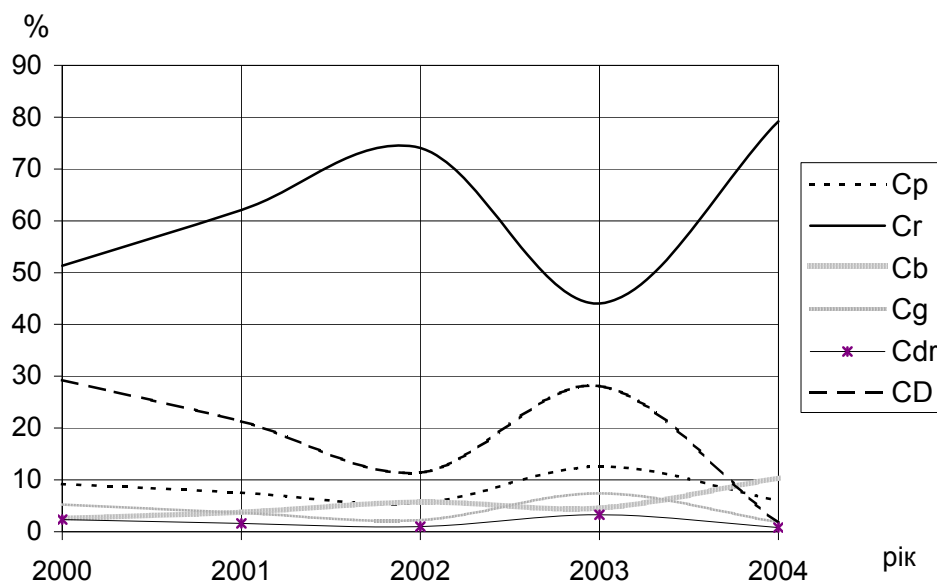


Рисунок 2 – Багаторічна мінливість головних складових прибуткової частини сольового балансу оз. Китай.

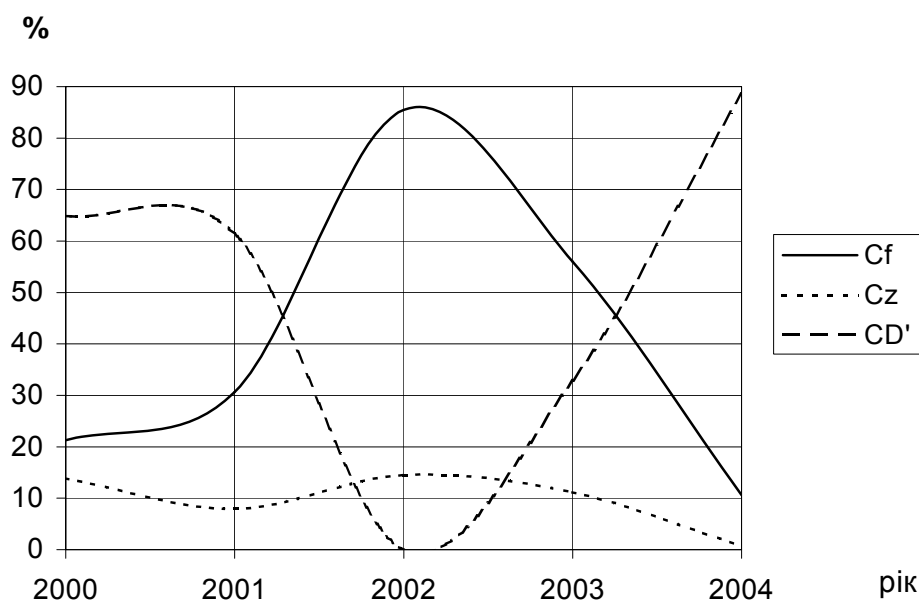


Рисунок 3 – Багаторічна мінливість головних складових витратної частини сольового балансу оз. Китай.

З табл.3 і рис.2 видно, що найбільший відсоток у прибуткових частинах сольових балансів складає надходження солей разом з поверхневим стоком річок Киргиз-Китай і Аліяга (від 44% – у 2003 р. до 79% – у 2004 р.), надходження солей разом з дунайською водою складає від 1.8 до 29.3%, з опадами – біля 10%. Приплив солей разом з іншими складовими незначний і складає не більш за 10%.

Витратна частина (табл.3, рис.3) у найбільшій мірі обумовлена скидами води (а разом і солей) у р. Дунай, за виключенням 2002 р., коли їх майже не було. У 2000–2004 рр. відсоток витрат солей разом зі скидами води до р. Дунай склав від 33 до майже 90%. Витрата солей з фільтрацією склала від 10 (у 2004р.) до 85% (у 2002р.). Витрати солей при заборі води на зрошення та інші види користування складають біля 10%.

Окрім даних по солях (за окремими складовими та місячними підсумковими значеннями), були розраховані величини мінералізації на кінець кожного місяця і для кожного року, причому мінералізація на початок наступного розрахункового року брались по її значенню на кінець розрахованого попереднього року.

На рис.4 для порівняння розрахункових і вимірених значень мінералізації подається графік відповідності між фактичною ( $S_f$ ) і розрахованою ( $S_p$ ) мінералізаціями.

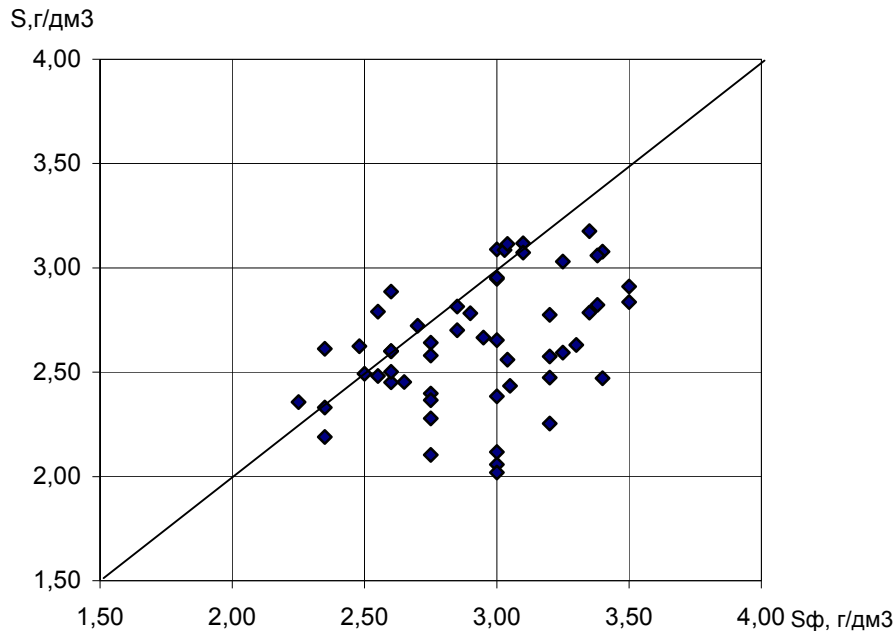


Рисунок 4 – Графік відповідності між фактичною і розрахованою мінералізаціями води в оз.Китай.

Як видно з рис.4, фактична мінералізація виявилася дещо більша за розрахункову. Це мабуть пов'язане з тим, що при розрахунку сольових балансів скиди води у р. Дунай бралися з мінералізацією води, середньою по озеру. Але це не зовсім вірно, бо високомінералізовані води річок Киргиз-Китай і Аліяга надходять до північної частини водойми, а водообмін з р. Дунай відбувається на її півдні. Взагалі ж, середнє відхилення складає 8-10%, що в цілому може вважатися допустимим результатом. Сольові баланси оз. Китай за умови скиду води з його південної частини розглядатимуться далі.

2. Розрахунок щорічних сольових балансів за період 2000-2004 рр. з початковою мінералізацією щорічно за станом на 1 січня.

Результати розрахунків у порівнянні з фактичною мінералізацією води ілюструються рис.5. З нього видно, що як і в попередньому випадку (рис.4), фактична мінералізація перевищує розрахункову, при цьому середнє відхилення складає дещо менше (8%). Однобічне відхилення може бути пов'язане, як вже відзначалось, з тим, що розрахунок скидів до р. Дунай відбувався за середньою по озеру мінералізацією води.

3. Розрахунок сольових балансів оз. Китай за період 2000-2004 рр. за умови урахування скидів переважно з південної частини озера.

Як вже відзначалось, високомінералізовані води річок Киргиз-Китай і Аліяга надходять до озера з півночі, а водообмін з р. Дунай відбувається на півдні. Таким чином, в південній частині озера мінералізація менша, ніж у середній та північній. Ураховуючи це, за допомогою рівняння (2) були розраховані сольові баланси оз. Китай

за період 2000-2004 рр. за умови скидів переважно з південної частини озера. Мінералізація води розраховувалась за співвідношенням

$$S_{півд} = 0.65S, \quad (4)$$

де  $S_{півд}$  – мінералізація води озера в його південній частині.

Коефіцієнт рівняння (4) визначений за даними гідрохімічних зйомок, які здійснювались працівниками Одеського облводгоспу [2].

За результатами розрахунків сольових балансів було побудовано графік відповідності між фактичною і розрахованою мінералізаціями води в озері (рис.6).

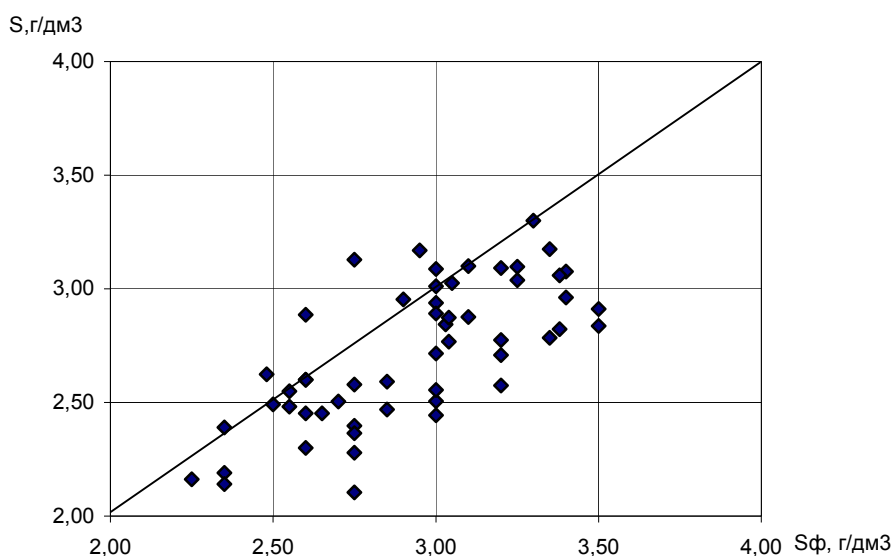


Рисунок 5 – Графік відповідності між фактичною і розрахованою мінералізаціями води в оз.Китай.

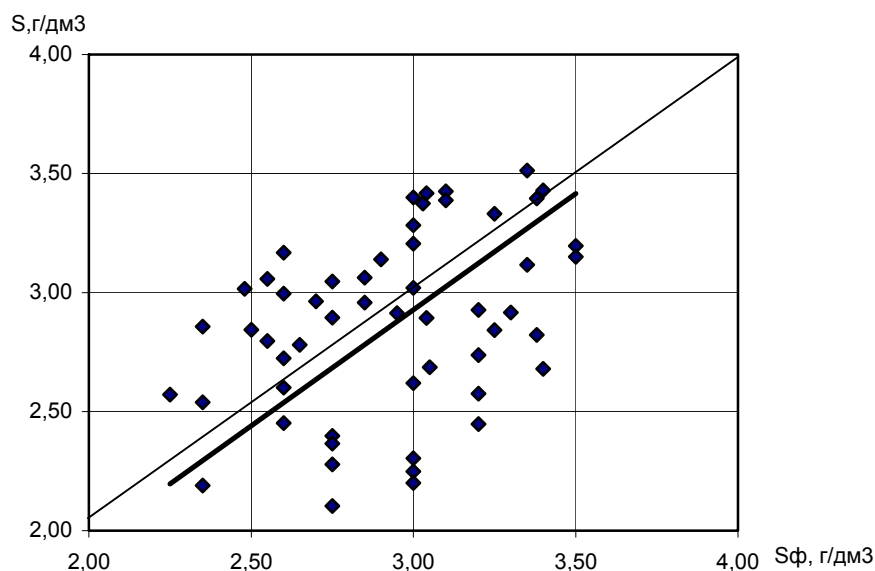


Рисунок 6 – Порівняння фактичної і розрахованої мінералізації в оз. Китай.

Як видно з рис.6, лінія рівних значень та лінія тренду майже співпадають, середнє відхилення складає біля 2%. Це свідчить про те, що скиди води до р. Дунай відбуваються з мінералізацією, яка дійсно відрізняється від середньої і складає 0.65 від неї.

**Висновки.** При розрахунках сольових балансів оз. Китай у 2000-2004 рр. було встановлено, що найбільше солей надходить з високомінералізованою водою річок Киргиз-Китай і Аліяга (від 44 до 79%), надходження солей разом з дунайською водою складає від 1,8 до 29,3%, з опадами – біля 10%, приплив солей разом з іншими складовими незначний і становить не більш за 10%.

Витратна частина у найбільшій мірі обумовлена скидами води (а разом і солей) у р. Дунай, за виключенням 2002 р., коли не було скидів зовсім. У 2000, 2001, 2003, 2004 рр. відсоток витрат солей разом зі скидами води до р. Дунай становив від 33 до майже 90%, витрати солей з фільтрацією склали від 10 (у 2004 р.) до 85% (у 2002 р.). Витрати солей при заборі води на зрошування та інші види користування складають біля 10%.

За результатами розрахунків сольових балансів і порівняння з існуючими даними, можна зробити ще й такий висновок, що запропонований варіант розрахунку функціонування водойми, коли скиди до р. Дунай відбуваються з її південної частини, є найбільш вірним, порівнюючи з тими, що використовуються зараз в Одеському облводгоспі.

### Список літератури

1. Гопченко Є.Д., Бєлаш Ю.С. Водний баланс оз.Китай // Вісник Одеського державного екологічного університету, вип. 1/2005 – С.119 – 126.
2. *Фондовые материалы* Одесского облводхоза по гидрологии гидрохимии придунайских озер. Одесса, 2000-2004 гг.

#### **Современный солевой баланс оз.Китай. Гопченко Е.Д. , Бєлаш Ю.С.**

*В статье излагаются научно-методические подходы для обоснования составляющих солевых балансов оз.Китай.*

**Ключевые слова:** солевой и водный балансы, минерализация, водообмен.

#### **Modern salt balance of Kitay lake. Gopchenko E.D. , Belash Y.S.**

*The scientific-methodical approaches for the ground of making salt balances of Kitay lake are expounded in this article.*

**Keywords:** salt and water balances, mineralization, exchange between different waters.