

УДК 556.532.4

Є. Д. Гопченко, д.г.н., М. Є. Романчук, к.г.н., Ю. С. Тучковенко, к.ф.-м.н.

Одеський державний екологічний університет

Г. Д. Бузіян

Одеське виробниче управління водного господарства

СОЛЬОВИЙ БАЛАНС ТУЗЛОВСЬКИХ ЛИМАНІВ В УМОВАХ ЇХ РИБОГОСПОДАРСЬКОГО ВИКОРИСТАННЯ

В статті наводяться характеристики складових водного і сольового балансів групи Тузловських лиманів (Шагани, Алібей і Бурнас) в умовах їх рибогосподарського використання.

Ключові слова: Тузловські лимани, водний і сольовий баланс, сценарне моделювання.

Вступ. Проблеми раціонального використання природних ресурсів специфічних областей шельфу – лагун і лиманів є досить складними для гідрології, океанології і гідробіології. Особливе місце серед лиманів займають природні утворення, які знаходяться у прибережній зоні північно-західної частини Чорного моря і межиріччя Дунай-Дністер. У цих лиманах відбуваються складні процеси динамічної і хімічної взаємодії морських і річкових вод. Разом з антропогенними чинниками вони визначають формування закономірностей і еволюцію природних і водних ресурсів лиманів.

Для групи Тузловських лиманів основним напрямом господарського використання є кероване кефальне рибицтво. Значне місце серед умов, які сприяють збереженню продуктивності цих лиманів, займає режим солоності води в них. Рослинний і тваринний світ лиманів характеризується досить високими показниками видової різноманітності, біомаси і продукції водних організмів [1]. Кормова база риб була і залишається у Тузловських лиманах достатньо високою. За різними підрахунками [1] вона може забезпечити отримання іхтіомаси від 50 до 300 кг/га в рік. Але реальна рибопроductивність лиманів набагато менша, що пояснюється специфічними природними характеристиками Тузловських лиманів.

Лиманове кефальоводство здійснюється на використанні біологічних особливостей чорноморської кефалі заходити весною в лимани для нагулу, восени – мігрувати до моря. Зарибнення відбувається головним чином шляхом забезпечення заходу риб з моря через штучні у пересипу канали і природні промоїни. Після зарибнення (кінець червня – початок липня) канали і промоїни перекриваються і риба нагулюється в лиманах до осені. Відкриваються канали десь у середині вересня. І так щорічно.

Вихідні матеріали. У статті узагальнені епізодичні і стаціонарні спостереження Дунайської гідрометеорологічної обсерваторії, різні літературні джерела попередніх досліджень [1,2,3], а також матеріали польових експедицій, проведених у 2003 і 2004 роках, за участю авторів, Одеським державним екологічним університетом.

Визначення складових сольових балансів здійснювалось на підставі використання рівняння водного балансу. Важливими параметрами при складанні водних балансів водойм, у том числі й лиманів, є їх морфометричні характеристики, бо від них багато в чому залежить гідрологічний і гідрохімічний режими, прогрівання і охолодження, гідробіологічний стан. Батиметрична зйомка акваторії групи Тузловських лиманів була здійснена у 2003 році. При побудуванні карти ізобат використана топографічна основа масштабом 1:100 000. Загальний об'єм води, що знаходиться у лимані Шагани, становить 62.6 млн.м³, у лимані Алібей – 83.2 млн.м³ і у лимані Бурнас – 15.4 млн.м³. Одночасно з батиметричними роботами були здійснені й роботи, пов'язані з гідрохімічним

станом лиманів. У серпні мала місце наступна солоність (у середньому): у Шаганах 39.0 ‰, Алібей – 39.2 ‰, Бурнасі – 40.8 ‰, у північному куті лиману Шагани – 23.1 ‰, в озері Солоне – 43.1 ‰, у морі – 15.7 ‰, у Малому Сасику – 8.64 ‰. Порівнюючи ці дані з величинами солоності (у 1945 і 1968 рр.), що надані у монографічному виданні [2], можна прийти до таких висновків: у межах узбережжя і лиманів дещо зменшився вміст хлору та відбулося зростання сульфатів. За показником SO_4^{2-} / Cl^- Тузовські лимани (напівзакритого типу) за водогосподарським спрямуванням наблизились до таких лиманів відкритого типу як Тілігульський і Дністровський. Щодо зростання сульфатів у лиманській, навіть, у прибережній морській, воді, то це скоріше за все обумовлено скидовими водами, які вміщують значну кількість сульфат – іонів.

Науково-методична база дослідження. Рівняння водно-сольового балансу Тузовських лиманів схематично можна представити рис.1.

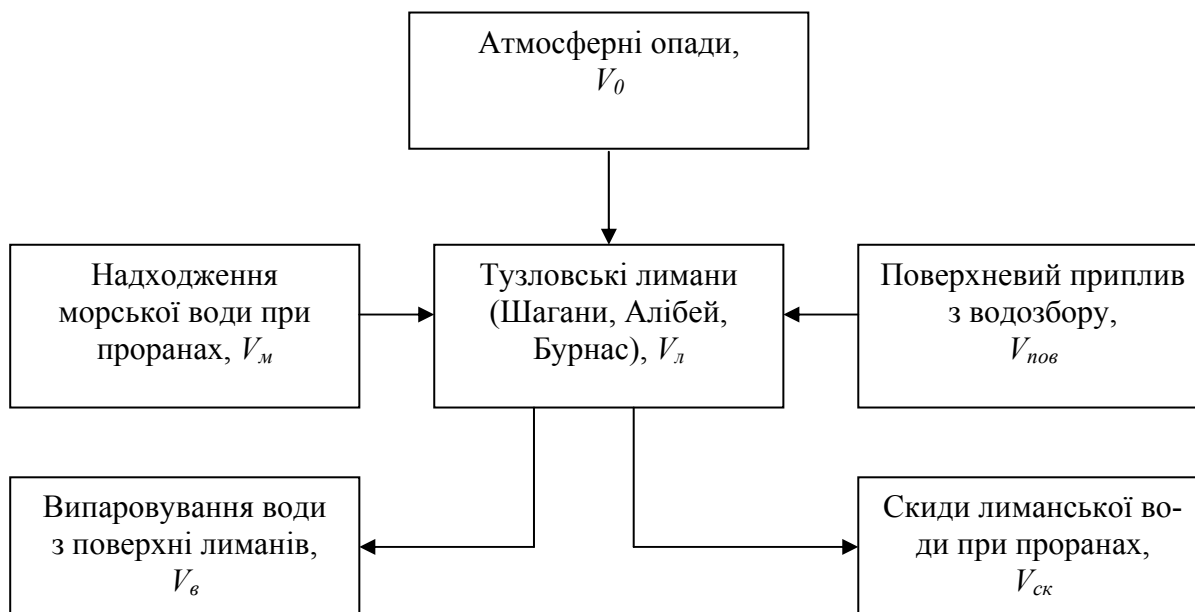


Рис.1 – Блок-схема прибуткової і витратної частин водно-сольового балансу Тузовських лиманів

До прибуткової частини, як видно з рис.1, входять: атмосферні опади V_0 , приплив до лиманів поверхневих вод (річкових і бічних) $V_{нов}$, а також надходження морської води по штучних каналах при осінніх і весняних сполученнях лиманів з морем $V_м$. В останньому випадку водообмін з морем буде прибутковим, коли рівні води в лиманах перед розкриттям відокремлюючої піщаної коси будуть нижчими за рівні води у морі. Через відсутність спостережень за рівнями води в лиманах визначитись з напрямками потоків лимано-морського водообміну можна лише орієнтовно, виходячи з розрахованих складових водних балансів.

До витратної частини рівняння водно-сольового балансу входять: випаровування $V_в$ та скиди лиманської води в море при проранах $V_{ск}$. Таким чином, загальні рівняння водного і сольового балансів набудуть вигляду:

а) водного балансу

$$V_1 + V_0 + V_{нов} + V_м = V_2 + V_в + V_{ск} \pm \Delta V' ; \quad (1)$$

б) сольового балансу

$$V_1 S_1 + V_0 S_0 + V_{нов} S_{нов} + V_M S_M = V_2 S_2 + V_6 S_6 + V_{СК} S_{СК} \pm \Delta S', \quad (2)$$

де V_1 і V_2 – об’єми води в лиманах на початку і в кінці розрахункових інтервалів (місяців);

$\Delta V'$ - нев’язка водного балансу;

S_1 і S_2 – солоність води в лиманах на початку і в кінці розрахункових інтервалів;

$S_0, S_{нов}, S_M, S_{СК}$ – мінералізація (чи солоність) в опадах, поверхневих водах, у морській і лиманській воді;

$\Delta S'$ - нев’язка сольового балансу.

Оскільки спостереження за рівнями води моря і лиманів в районі Тузловських лиманів не проводяться, то нев’язки водного і сольового балансів будуть входити до V_M і $V_{СК}$ або $V_M S_M$ і $V_{СК} S_{СК}$.

Атмосферні опади, розраховані по даних метеорологічної станції Болград різної ймовірності перевищення, наведені у табл.1.

Таблиця 1 – Внутрішньорічний розподіл опадів (у мм) для років різної забезпеченості

Водність, %	Місяці												Рік
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
5.0	49.9	38.6	41.9	49.1	64.4	102	55.2	70.1	98.4	33.8	53.8	42.6	656
50.0	25.6	28.5	32.4	37.5	55.7	47.1	62.2	51.7	50.7	29.8	40.4	35.9	498
95.0	18.4	29.9	18.0	23.6	34.5	49.0	35.9	35.9	33.4	14.9	23.0	29.8	345

Через відсутність спостережень за стоком річок Алкалія і Хаджідер надходження води від них до лиманів визначалось за методикою СНіП 2.01.14-83. Зокрема, при загальній площі водозборів цих річок $F=2080 \text{ км}^2$ середня багаторічна витрата води їх становить $0.73 \text{ м}^3/\text{с}$ (або $\bar{V}_{нов} = 23 \cdot 10^6 \text{ м}^3$).

Внутрішньорічний розподіл $V_{нов}$ по місяцях різної ймовірності перевищення (при коефіцієнті варіації $Cv=0.95$ і співвідношенні $Cs/Cv=2.0$) наводиться у табл.2.

Таблиця 2 – Внутрішньорічний розподіл поверхневої складової водного балансу ($V_{нов} \cdot 10^6 \text{ м}^3$) у роки різної забезпеченості

Водність, %	Місяці												Рік
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
5.0	5.92	9.2	21.7	16.9	9.0	16.8	3.7	2.3	0.6	2.4	4.4	7.1	66.4
50.0	0.76	2.2	4.8	3.5	0.8	1.2	0.5	0.1	0.04	0.2	0.8	1.4	16.5
95.0	0.08	0.1	0.46	0.24	0.08	0.14	0.01	0	0	0.04	0.16	0.14	1.49

Випаровування є не лише головною складовою витратної частини, але й усього водного балансу лиманів. При цьому слід мати на увазі, що йдеться про випаровування не з прісноводних, а з солоних водойм. У регіоні ж є матеріали спостережень за випаровуванням з водної поверхні озера Ялпуг, мінералізація у якому знаходиться у межах до $2-3 \text{ ‰}$.

У той же час, по даних М. Ш. Розенгурта [2], річна солоність у Тузловських лиманах коливається за звичайних умов від 20 до 40 ‰ . Для солоних лиманів Одеської області В.М. Бицілі у 1953 році запропонував емпіричне рівняння:

$$E = 0.085 \cdot n(k_c e'_0 - e_{200})(a + b \cdot V_{1800}), \quad (3)$$

де E – величина випаровування (у мм);
 n – кількість днів у місяці;
 e'_0 – пружність насиченої водяної пари над солоною поверхнею;
 e_{200} - пружність пари з водної поверхні;
 V_{1800} – швидкість вітру на висоті 18 м;
 a і b - параметри рівняння;
 k_c – коефіцієнт, за допомогою якого ураховується зменшення пружності над водною поверхнею.

Стосовно k_c було отримано залежність:

$$k_c = 0.00072 \cdot S . \quad (4)$$

Реалізувати на практиці рівняння (3) не завжди вдається через те, що детальна метеорологічна інформація по його складових, не завжди є у наявності. Тому заслуговує уваги підхід, який був запропонований С. Н. Бобровим [4]. На підставі матеріалів спостережень у Каспійському морі ним у 1960 р. було обґрунтовано перехідні коефіцієнти k_E до випаровування прісної води (табл.3)

Таблиця 3 – коефіцієнти для розрахунку випаровування з поверхні Тузовських лиманів

$S, ‰$	0	10	20	30	40	50	60
k_E	1.0	0.97	0.93	0.90	0.87	0.84	0.82

Розподіл місячних величин E , розрахованих з використанням матеріалів спостережень на оз. Ялпуг і перехідного коефіцієнта k_E , надається у табл.4.

Таблиця 4 – Внутрішньорічний розподіл випаровування з поверхні Тузовських лиманів (у мм) для років різної забезпеченості

Водність, %	Місяці								Рік
	4	5	6	7	8	9	10	11	
5.0	56.7	93.1	119	140	128	79.8	56.0	21.0	948
50.0	61.0	99.5	122	146	151	98.7	58.3	23.2	754
95.0	77.8	120	162	177	171	119	67.3	52.2	700

Надходження (V_m) та скидання ($V_{ск}$) вод у системі море-лиман-море визначалися зворотнім шляхом, виходячи з рівняння водного балансу (1). При цьому приймалося, що весною і восени в кінці періодів відкритого сполучення лиманів і моря рівні води у морі і лиманах були однакові.

Моделювання водних балансів Тузовських лиманів. Здійснювалося воно за методикою, яка викладена вище, та наступними сценаріями:

- а) для середнього за водністю року:
 - при розкритті піщаної коси двічі на рік (у травні і жовтні), тобто при заході риби в лиман і при її вилові;
 - при розкритті піщаної коси лише один раз (для заходу риби в лиман у травні);
- б) для маловодних років:
 - при дворазовому розкритті піщаної коси (травень і жовтень);
 - при одноразовому розкритті коси (тільки у травні);
 - при послідовній наявності підряд двох маловодних років забезпеченістю $P=95\%$ без розкриття піщаної коси на протязі усього року.

У зв'язку з тим, що спостереження за рівнями води в лиманах не ведуться, реалізувати безпосередньо рівняння (1) неможливо. Тому воно записується у дещо іншому вигляді, а саме:

$$V_0 + V_{нов} + V_M = V_в + V_{СК} \pm \Delta V, \quad (5)$$

де ΔV - зміна об'єму води в лиманах.

Виходячи з (5) та залежностей $\omega = f(h)$ і $V_L = f(h)$, де ω - площа водної поверхні лиманів, h – їхня глибина, на кожний розрахунковий період визначається ΔV , а потім й поточні значення ω і V_L , і так по місяцях у межах кожного року.

Моделювання сольових балансів Тузловських лиманів. Воно здійснювалось за сценаріями, які були перераховані вище. Вихідне рівняння (2), так само як і (1), було записане у більш зручній формі:

$$V_0 S_0 + V_{нов} S_{нов} + V_M S_M = V_{СК} S_{СК} \pm \Delta S, \quad (6)$$

де ΔS - зміна величини солей за розрахований період (місяць).

Щоб підрахувати сольові баланси для окремих років, необхідно мати відомості про мінералізацію в атмосферних опадах, у водах поверхневого припливу та морській воді (під час надходження її до лиманів). Мінералізація в опадах приймалася на рівні 0.22 кг/м^3 . За результатами інтегрованого моніторингу Taxis-2001 встановлено, що мінералізація поверхневих вод багато в чому залежить від водності року. Зокрема, запропонована таблиця мінералізації $S_{нов}$ в залежності від об'ємів поверхневого припливу (табл.5).

Таблиця 5 – Мінералізація у водах поверхневого припливу

Об'єм стоку, 10^6 м^3	$S_{нов}$, кг/м^3	Об'єм стоку, 10^6 м^3	$S_{нов}$, кг/м^3	Об'єм стоку, 10^6 м^3	$S_{нов}$, кг/м^3
0.1	3.57	1.0	2.67	10	1.42
0.2	3.18	2.0	2.36	20	1.06
0.4	2.95	4.0	1.96	30	0.82
0.6	2.82	6.0	1.65	≥ 50	0.80
0.8	2.75	8.0	1.53		

Солоність морської води на протязі усього року приймалася на рівні 16 ‰ .

Аналіз результатів та висновки. Починаючи з 1915 р., в лимані Бурнас, а з 1931 р. – в лиманах Шагани і Алібей режим солоності регулюється завдяки технології їх рибогосподарського використання. Зокрема, у травні здійснюється розкриття піщаної коси для заходу, головним чином, кефалі з моря в лиман, а восени (у жовтні з метою вилову риби) – її повторне розкриття та покриття дефіциту води в лиманах. Внаслідок гідрометеорологічних умов (опади, випаровування, поверхневий стік) і ступеня відкритості лиманів по відношенню до моря можливий досить широкий діапазон коливання в них солоності, що не може у свою чергу не позначитись на рибопродуктивності водоїм. За період спостережень за режимом піщаної коси, що відділяє лимани від моря, мали місце неодноразові (у тому числі й по декілька років підряд) відокремлення лиманів від моря. На підставі здійсненого авторами моделювання сольових балансів за різних умов функціонування Тузловських лиманів встановлено, що:

- у середні за водністю роки, навіть при одноразовому (наприклад, у травні) розкритті піщаної коси, солоність в лиманах змінюється в допустимих, з погляду виборозведення, умовах (до 28.8 ‰);

- в дуже маловодні роки ($P=95\%$) солоність в лиманах при дворазових розкриттях коси (у травні і жовтні) не перевищує 37.5 ‰ (при початковій у січні – 24 ‰);

- при одноразовому (у травні) розкритті піщаної коси у маловодні роки у вересні-жовтні солоність в лиманах буде досягати критичних для виборозводства значень (на рівні 45 ‰);

- особливу небезпеку для виборозводства в умовах відокремлення їх від моря представляють поєднання послідовно досить маловодних років. Вже за наявності двох суміжних таких років солоність в лиманах на кінець другого року зростає до 120 ‰, що фактично перетворює їх у рапні водойми і припинення вибороздуктивності.

Головний висновок у межах виконаного дослідження, таким чином, полягає у тому, що сучасна технологія виборозгосподарського використання Тузовських лиманів (при щорічному дворазовому розкритті піщаної коси – у травні і жовтні) є оптимальною за гідрологічним і сольовим режимами. Ураховуючи велику кількість у північно-західній частині Чорного моря лиманів, подібних Тузовським, завданням подальших досліджень є необхідність організації стаціонарних спостережень за комплексом гідрологічних, гідрохімічних і гідробіологічних показників, хоча б на одному з них.

Список літератури

1. *Старушенко Л.И., Бушуев С.Г.* Причерноморские лиманы Одесщины и их рыбохозяйственное использование. – Одесса: Изд-во „Астропринт”, 2001. – С.32-43.
2. *Розенгут М.Ш.* Гидрология и перспективы реконструкции природных ресурсов Одесских лиманов. – Киев: Изд-во «Наукова думка», 1974. – 221 с.
3. *Природа Одесской области* / Под ред. Швевса Г.И. – Изд-во «Вища школа», 1979. – 141 с.
4. *Бобров С.Н.* К вопросу об испарении морской воды в зависимости от ее солёности // Труды Всесоюз. инстит. океаногр. – Т. XXXVII.- 1960. – 183 с.

Солевой баланс Тузовских лиманов в условиях их рыбохозяйственного использования. Гопченко Е.Д., Романчук М.Е., Тучковенко Ю.С., Бузіян Г.Д.

В статье приводятся характеристики составляющих водного и солевого балансов группы Тузовских лиманов (Шаганы, Алибей и Бурнас) в условиях их рыбохозяйственного использования.

Ключевые слова: *Тузовские лиманы, водный и солевой баланс, сценарное моделирование.*

Salt balance of the Tuzlovskykh estuaries in the conditions of their fish-breeding uses Gopchenko E.D., Romanchuk M.E., Tuchkovenko Yu.S., Busiyan G.D.

Descriptions of making water and salt balances of group of the Tuzlovskykh estuaries (Shagany, Alybey and Burnas) in the conditions of their fish-breeding use are presented in the article.

Keywords: *Tuzlovskye estuaries, water and salt balance, scenario design.*