

УДК 556.166

Є.Д. Гопченко, д. геогр. н., О.М. Гриб, к. геогр. н.
Одеський державний екологічний університет

ОЦІНКА СКЛАДОВИХ ВОДНОГО БАЛАНСУ КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНУ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПРИЧИН СУЧАСНОГО ОБМІЛННЯ ВОДОЙМИ

В роботі наведено оцінку річних складових водного балансу Куяльницького лиману за період з 1960 по 2007 рр. Дослідження виконані Одеським державним екологічним університетом у 2009 р. за рахунок бюджетних коштів з обласного фонду охорони навколишнього природного середовища.

Вступ. Куяльницький лиман належить до групи закритих і є одним з найстародавніших на території Північно-Західного Причорномор'я. Він відомий як важливий рекреаційний і бальнеологічний об'єкт державного та світового значення. Високі лікувальні властивості мають ропа і грязі лиману. Однак, на сьогодні екологічний стан Куяльницького лиману можна охарактеризувати як кризовий, що обумовлено катастрофічним обмілінням водойми, зменшенням рівня води та глибин, а також пов'язаного з цим збільшення солоності води, що є загрозою повного зникнення лиману та втрати запасів унікальних лікувальних грязей і ропи.

Дослідженням водного балансу Куяльницького лиману в різні роки займався ряд вчених та спеціалістів (В.М. Біцилли, І.Ф. Бурлай, О.І. Молдованов, Г.І. Швєбс, В.М. Тимченко та інші), а також різні організації та установи, а саме: Одеський гідрометеорологічний інститут (ОГМІ) – нині Одеський державний екологічний університет (ОДЕКУ), Одеський державний університет (ОДУ) ім. І.І. Мечникова – нині Одеський національний університет (ОНУ) ім. І.І. Мечникова, УкрНДГМІ, УкрПівденДІПроВодГосп, Режимно-експлуатаційна гідрогеологічна станція, УкрНДІкурортології та деякі інші [1-9].

В 1961-65 рр. водний баланс лиману вивчали вчені ОГМІ [1,2]. Результати цих досліджень вказують на те, що починаючи з середини минулого сторіччя, на водний та гідрохімічний режим лиману суттєвий вплив має регулювання стоку р. В. Куяльник та інших водотоків, що впадають в Куяльницький лиман, великою кількістю ставків, яких на той час налічувалося близько 145.

Подальші наукові публікації стосовно досліджень водного балансу лиману припадають на період чергового обміління водойми, яке мало місце з 1990 по 1996 рр. Деякі з цих публікацій є результатом досліджень вчених Інституту гідробіології НАН України (під керівництвом В.М. Тимченка) [3,4], які виконувалися при проектуванні каналу «Дунай-Дніпро». Інші публікації є результатом сумісних досліджень науковців ОГМІ та ОДУ ім. І.І. Мечникова (під керівництвом Г.І. Швєбса) [2,5], які були пов'язані з

геоекологічним аналізом, оцінкою припливу поверхневих вод у водойму та розробкою заходів щодо поліпшення водно-сольового режиму лиману.

У сучасний період (останні десять років) вивченням екологічного стану та складових водного балансу Куяльницького лиману, зокрема причин обміління водойми та катастрофічного збільшення солоності води, займаються науковці та спеціалісти ОДЕКУ [7,8], Фізико-хімічного інституту захисту навколишнього середовища та людини МОН України та НАН України (під керівництвом А.А. Енана) [9,10] і деякі інші.

Метою цієї роботи було визначення складових водного балансу Куяльницького лиману, їх багаторічної мінливості та причин обміління водойми у сучасний період для розробки заходів щодо відновлення водно-сольового режиму лиману, сприятливого для його екологічного стану та збереження природних ресурсів. Для досягнення мети роботи необхідно було вирішити такі завдання:

- оцінити природні та антропогенні чинники, які формують гідрологічний режим та солоність води лиману у сучасний період;
- розрахувати щорічні водні баланси лиману, які необхідні для визначення причин катастрофічного обміління водойми, зменшення рівня води і глибин лиману та пов'язаного з цим збільшення солоності води.

Матеріали і методи дослідження. Середньобогаторічні, річні та сезонні коливання рівня води в лимані залежать від співвідношення складових водних балансів водойми. Модель водного балансу Куяльницького лиману у загальному вигляді можна представити таким рівнянням

$$\pm \Delta W = W_1 - W_2 = V_{Ek} - (V_{Pk} + V_{nob}), \quad (1)$$

де $\pm \Delta W$ – зміна об'єму води в лимані, млн. м³;

W_1 – об'єм води в лимані на початок розрахункового періоду, млн. м³;

W_2 – об'єм води на кінець розрахункового періоду, млн. м³;

V_{Ek} – об'єм випаровування з водної поверхні лиману, млн. м³;

V_{Pk} – об'єм атмосферних опадів, які випали на водну поверхню лиману у вигляді дощу або снігу, млн. м³;

V_{nob} – об'єм води, яка надійшла в лиман з річковим (поверхневим, схиловим і підземним) стоком V_r та стоком з озер пересипу V_{oz} , млн. м³.

Визначення змін об'єму води в лимані $\pm \Delta W$ за рік виконується за даними спостережень за рівнем води на водомірному посту на початок H_1 (1 січня) та кінець H_2 (31 грудня) кожного року з використанням кривих об'ємів води $W = f(H)$ Куяльницького лиману, які побудовані за даними батиметричних зйомок [2,7,8].

Зміна рівня води в лимані відбувається при зміні об'єму водної маси та при порушенні горизонтального положення поверхні води. Останнє пов'язано з вітровими згонами та нагонами води. Вітрові денівеляції рівня води на таких лиманах можуть досягати 20-40 см та більше [2,3,11,12].

Для обчислення об'єму атмосферних опадів V_{Pk} , які випадали на

водну поверхню лиману у вигляді дощу або снігу, були використані дані спостережень за річними сумами опадів P_O по м/ст. Одеса – ГМО [13]. Ця метеостанція була вибрана як опорна в зв'язку з тим, що ряд спостережень, у тому числі за атмосферними опадами на ній, є майже безперервними протягом 115 років (за виключенням 1904 та 1941-1944 рр.).

Результати дослідження та їх аналіз. Для оцінки часового ходу атмосферних опадів та їх кількості за рік (P_O , мм) по метеостанції Одеса – ГМО побудовано хронологічний графік (рис.1), на якому видно, що в продовж усього періоду спостережень, тобто з 1894 по 2008 рр., має місце позитивний лінійний тренд, рівняння якого має вигляд

$$P_O = 1,51 \cdot n + 322, \quad (2)$$

де n – порядковий номер років спостережень, починаючи з 1894 р.

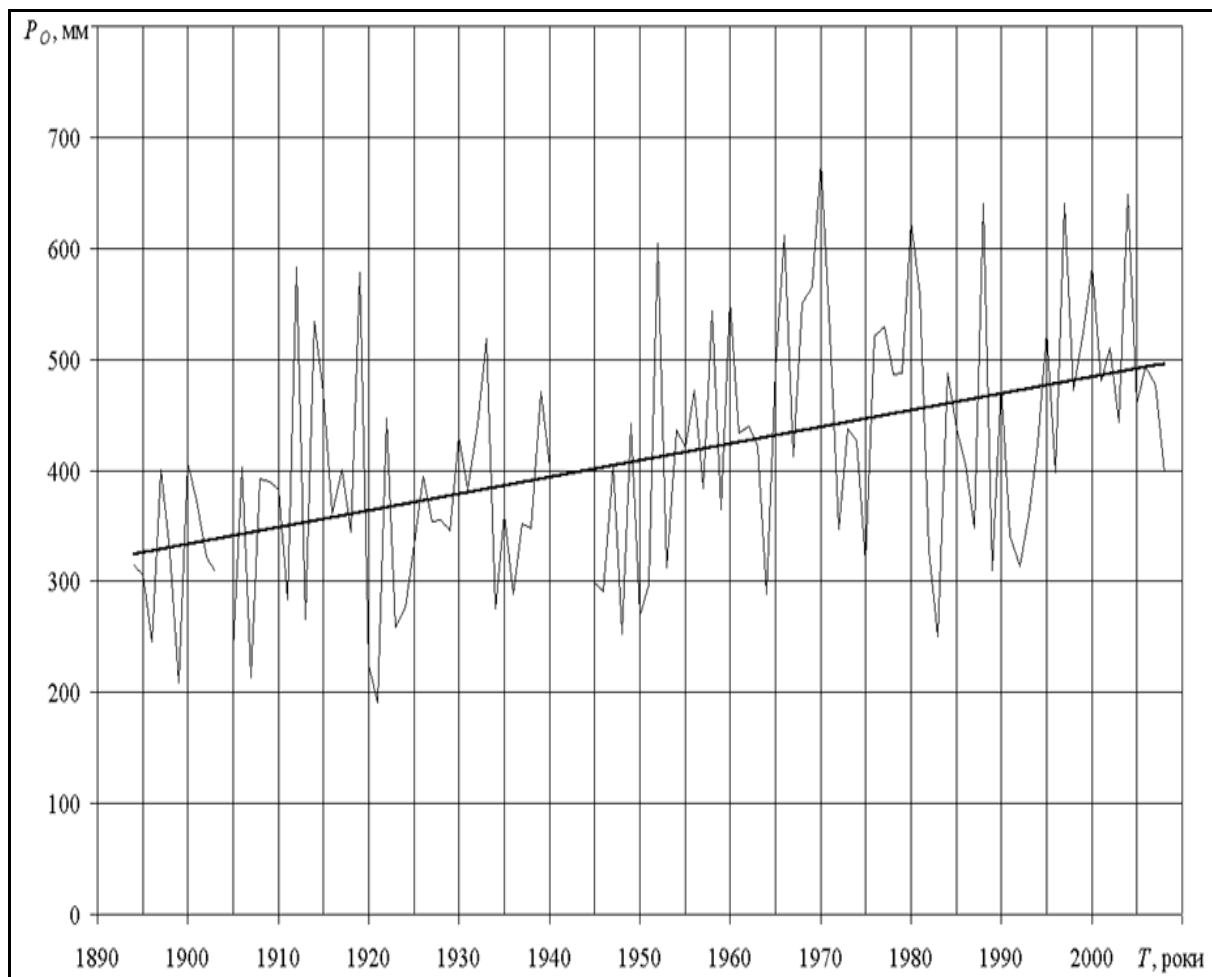


Рис. 1 – Багаторічний хід річних сум атмосферних опадів за даними метеостанції Одеса – ГМО за період з 1894 по 2008 рр.

Однак м/ст. Одеса – ГМО розташована на відстані майже 10 км від лиману. Тому вченими ОДЕКУ та ОНУ ім. І.І. Мечникова в попередніх дослідженнях цієї проблеми [2 та інші] був встановлений перехідний

коефіцієнти k від річних сум опадів P_O по м/ст. Одеса – ГМО до річних сум опадів P_K на гідрологічному посту Одеса – лиман Куяльницький, який дорівнює 0,94. В цьому випадку об'єм опадів V_{PK} , млн. м³, які випадали на водну поверхню лиману, визначається таким чином

$$V_{PK} = P_K \cdot F_{Hcep} \cdot 10^{-3} = k \cdot P_O \cdot F_{Hcep} \cdot 10^{-3} = 0,94 \cdot P_O \cdot F_{Hcep} \cdot 10^{-3}, \quad (3)$$

де V_{PK} – об'єм атмосферних опадів за рік, млн. м³;

P_K – річна сума опадів по гідрологічному посту на лимані, мм;

P_O – річна сума опадів по метеостанції Одеса – ГМО, мм;

F_{Hcep} – середньорічна площа водного дзеркала лиману, млн. м².

Визначення F_{Hcep} виконувалося з використанням середньорічних рівнів води H_{cep} [2,9,12] та кривих площ $F = f(H)$ водної поверхні [2,8].

Природний приплив поверхневих вод $V_{прип}$ в Куяльницький лиман є важливою складовою водного балансу. Основну частину поверхневого припливу води складає річковий стік з водозбірною басейну талих вод в період весняного водопілля, а в окремі роки – й дощові води під час злив влітку V_r [2,3,5,6,9]. Загальна площа водозбірною басейну Куяльницького лиману F становить, 2250 км², з них 1860 км² припадає на водозбір р. В. Куяльник, яка впадає до північної частини лиману. Однак систематичні спостереження за стоком води у водотоках басейну Куяльницького лиману (в тому числі й р. В. Куяльник) не здійснюються, тому єдиним методом визначення природного річкового припливу води V_r в лиман є його розрахунок через модуль середньобагаторічного поверхневого стоку води \bar{q} . При цьому у величині річкового припливу води V_r в лиман буде враховано як об'єм схилових та поверхневих вод, так і підземних. Відповідно до нормативного документа СНіП 2.01.14-83 [14], середньорічний модуль поверхневого стоку \bar{q} становить 0,35 л/(с·км²), що дорівнює шару стоку $\bar{Y} = 11,1$ мм. З урахуванням цього річні шари поверхневого стоку Y_p можна визначити за таким співвідношенням:

$$Y_p = \bar{Y} \cdot k_p = 11,1 \cdot k_p, \quad (4)$$

де k_p – модульний коефіцієнт, який залежить від забезпеченості річної суми опадів P , %, та при $C_v = 1,0$ і $C_s/C_v = 2,0$ визначається за табл. 1.

Отже, річний об'єм природного припливу річкових вод $(V_r)_p$, млн. м³, з водозбірною басейну лиману можна визначити за рівнянням

$$(V_r)_p = Y_p \cdot F \cdot 10^{-3} = 11,1 \cdot k_p \cdot 2250 \cdot 10^{-3} = 24,96 \cdot k_p. \quad (5)$$

Таблиця 1 – Залежність модульних коефіцієнтів k_p від забезпеченості P , %

P , %	0,5	1,0	3,0	5,0	10	20	25	30	40	50
k_p	5,30	4,60	3,51	3,0	2,30	1,61	1,39	1,20	0,92	0,69
P , %	60	70	75	80	90	95	97	99	99,5	
k_p	0,51	0,36	0,29	0,22	0,11	0,051	0,030	0,010	0,005	

Значення модульних коефіцієнтів k_p визначаються в залежності від забезпеченості річної суми опадів P , яка обчислюється з використанням емпіричної кривої забезпеченості річних сум опадів, побудованої за даними м/ст. Одеса – ГМО за період з 1894 по 2008 рр. (рис.2).

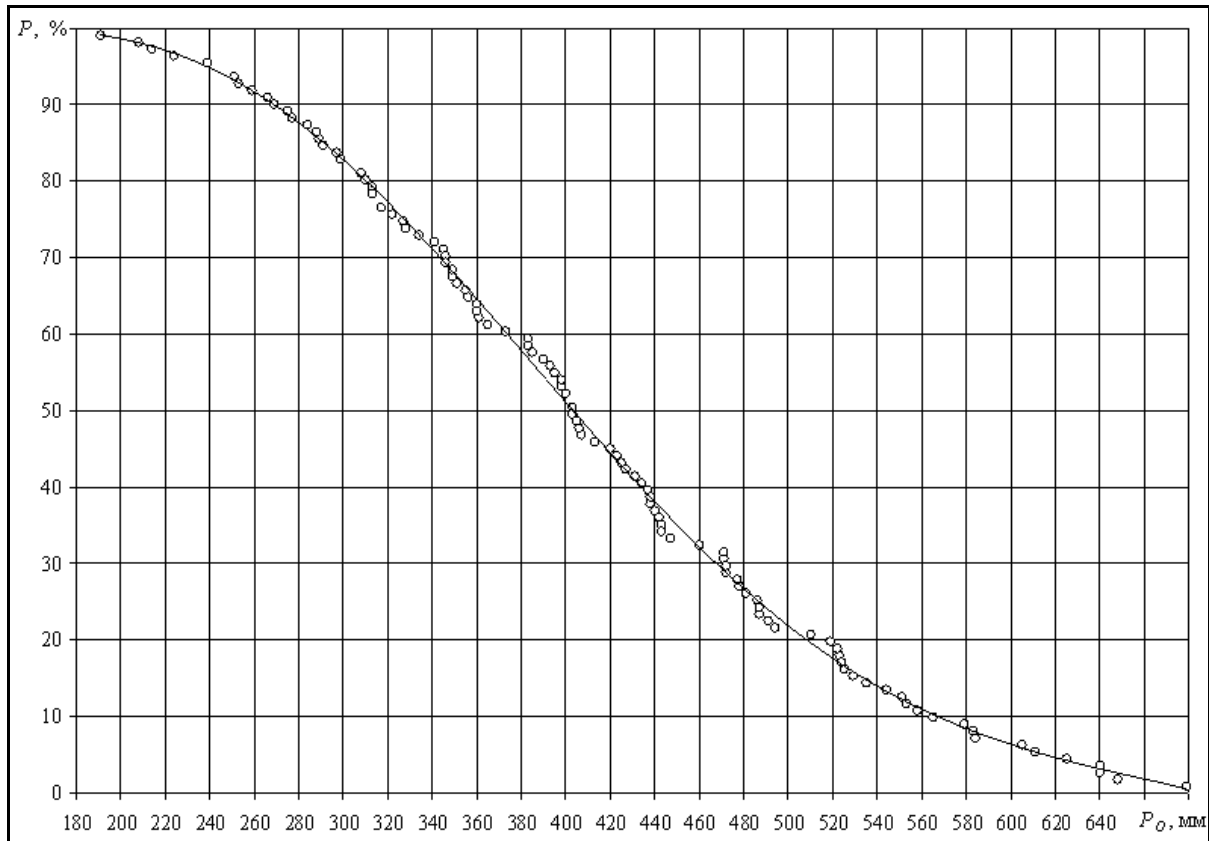


Рис.2 – Емпірична крива забезпеченості річних сум опадів за даними метеостанції Одеса – ГМО за період з 1894 по 2008 рр.

Певну частину в загальній величині припливу поверхневих вод в лиман складають антропогенні стоки (скиди) води з озер пересипу $V_{оз}$. В озерах на пересипу, які існують з моменту його появи, в результаті виклинювання фільтраційного потоку та випадання атмосферних опадів постійно накопичується деякий об'єм води. До будівництва об'їзної автодороги з цих озер йшло природне розвантаження води в лиман у вигляді поверхневого та фільтраційного стоку. Величину цього надходження води врахувати не можливо, оскільки стік здійснювався розосереджено по всій ширині пересипу, а його величина обумовлювалася головним чином перепадом рівнів води в морі та лимані.

Будівництво дороги, яка стала своєрідною греблею для поверхневого і фільтраційного потоків з пересипу, спричинило збільшення об'єму води в озерах. З цього ж часу помітну роль у водному режимі озер відіграє скид в них стічних вод, об'єм яких оцінити неможливо через відсутність їхнього

обліку. Для відведення води з озер пересипу в південно-західній частині лиману було споруджено водовипуск у вигляді бетонного лотка-каналу з прямокутним перерізом та шириною по дну 1,20 м. Цей канал обривався в 150-200 м від урізу води лиману. На ділянці від лотка до лиману водний потік, постійно діючий впродовж року, виробив русло з чітко вираженими меандрами (крок меандр близько 20 м).

Впродовж періоду з 1986 по 1995 рр. вченими ОДУ ім. І.І. Мечникова та ОГМІ здійснювалися спостереження за скиданням води в лиман по вказаному каналу (лотку), в результаті чого встановлено, що величина скидів носить сезонний характер: у осінній та зимово-весняний періоди, коли рівень води в озерах найбільш високий, вона коливається близько $0,25 \text{ м}^3/\text{с}$, а в літній період – знижується до $0,16 \text{ м}^3/\text{с}$ [2]. Оцінити частку цих скидів у водному балансі Куяльницького лиману можна шляхом порівняння їх величини з витратами води р. В. Куяльник, вимірними в період весняного водопілля, наприклад, у 1995 році, коли річковий стік становив $0,002 \text{ м}^3/\text{с}$ [2]. За деякими літературними джерелами частка об'єму цих скидів в прихідній частині водного балансу лиману в окремі роки може досягати 5 % [9,10]. Таким чином, при розрахунках річних водних балансів Куяльницького лиману було враховано об'єм скидних вод з озер пресипу в об'ємі $V_{оз} = 6,62 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ (середнє багаторічне значення) [2].

Наявність надходження морських вод в лиман за рахунок просочування морської води через пересип майже відсутня – 0,03-0,04 % від прихідної частини водного балансу лиману [2,3,6], а тому може не враховуватися.

В басейні р. В. Куяльник та на інших річках і балках, які впадають в Куяльницький лиман, як відзначалося вище, існує значна кількість ставків і водосховищ – від 36 до 145 шт. [1,2,15,16], із загальним об'ємом при НПГ близько $13,0 \text{ млн. м}^3$ і площею водного дзеркала $7,28 \text{ км}^2$ (в період з 1960 по 1984 рр.) та близько $10,0 \text{ млн. м}^3$ і $3,50 \text{ км}^2$ – з 1985 р. по теперішній час. Ці штучні водойми призначені для забезпечення водою зрошувальних систем та рибогосподарських потреб. Отже, з урахуванням об'єму цих ставків і водосховищ та сезонного регулювання їх наповнення (в залежності від водогосподарських потреб) можна бачити, що практично весь природний поверхневий стік води може затримуватися в цих водоймах.

Враховуючи це, нами для розрахунку побутового поверхневого стоку води з водозбірного басейну лиману було введено так званий коефіцієнт наповнення k_{wc} ставків і водосховищ, який дозволяє врахувати кратність наповнення всіх цих водойм і загальний об'єм забраної води $V_{заб}$ впродовж розрахункового року. З урахуванням об'ємів забраної води $V_{заб}$ та об'ємів випаровування з водної поверхні ставків і водосховищ V_{Ec} в басейні лиману було обчислено побутові об'єми поверхневого припливу води $V_{ноб}$ до Куяльницького лиману.

Часовий хід річних об'ємів побутового $V_{ноб}$ та природного $V_{прир}$ припливу води в Куяльницький лиман ілюструється рис.3, з якого видно, що природний приплив річкових вод до Куяльницького лиману (V_r), за відсутності його регулювання у межах водозбору р. В. Куяльник та інших водотоків, становив би 35,6 млн. м³. З іншого боку, забір води на різні господарські потреби сягає у середньому 30,2 млн. м³, тобто до лиману надходить лише 15,2 % річкового стоку, а в окремі роки (головним чином маловодні) – взагалі не надходить майже нічого.

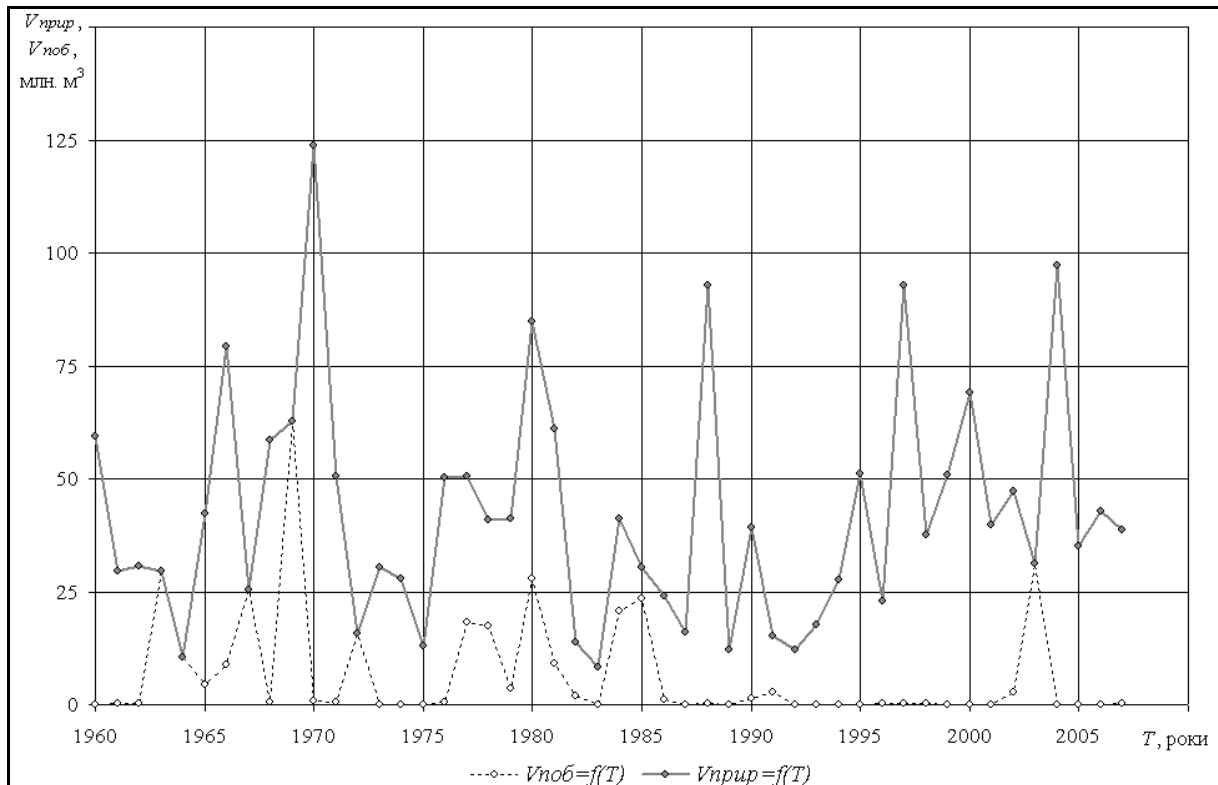


Рис. 3 – Часовий хід річних об'ємів побутового $V_{ноб}$ та природного $V_{прир}$ припливу води в Куяльницький лиман за період з 1960 по 2007 рр.

Позитивним слід вважати те, що до лиману надходять скидні води з сусідніх озерців об'ємом до 6,62 млн. м³, щорічно. Але й у цьому випадку побутовий поверхневий приплив води ($V_{ноб}$) становив би лише 8,37 млн. м³ або 23,5 %, порівняно з природним (незарегульованим) річковим стоком.

Середньомісячні та середньорічні величини випаровування (E_B , мм) з водної поверхні Куяльницького лиману та в басейні р. В. Куяльник розраховувалися за даними метеостанції Болград на прісному оз. Ялпуг за період з 1960 по 2007 рр. (рис.4).

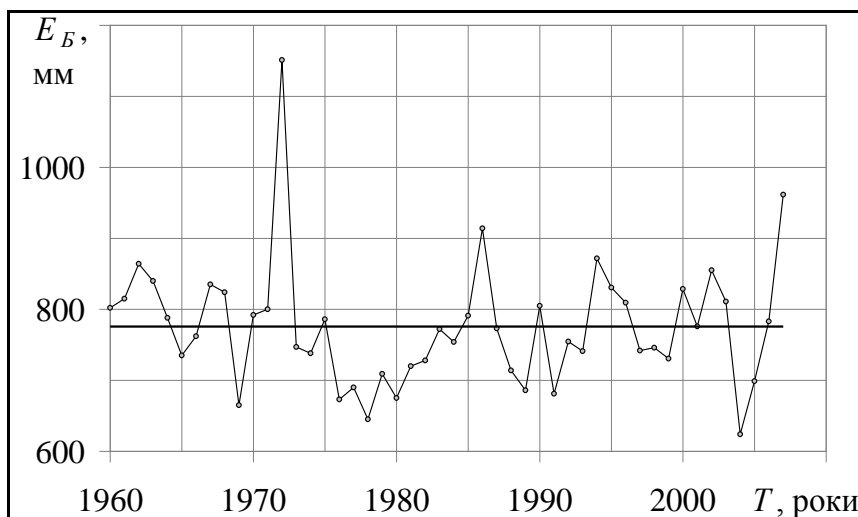


Рис. 4 – Багаторічні зміни річних величин випаровування (E_B , мм) з поверхні оз. Ялпуг за даними м/ст. Болград за період з 1960 по 2007 рр.

Середні багаторічні величини випаровування наведено в табл.2, з якої видно, що найбільші значення випаровування за місяць припадають на літній сезон, а саме: у червні – 131,6 мм, у липні – 151,5 мм та у серпні – 139,8 мм. Середня за період з 1960 по 2007 рр. річна величина випаровування по метеостанції Болград складає 776,7 мм. Найбільше річне випаровування спостерігалось у 1972 р. (рис.4) і складало 1151 мм, найменше – у 1978 р. (645 мм).

Таблиця 2 – Середні місячні та річні величини випаровування (E_B , мм) з поверхні оз. Ялпуг

Місяць	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Рік
E_B , мм	42,8	65,7	105,5	131,6	151,5	139,8	96,6	58,2	25,1	9,9	776,7

Однак відомо, що інтенсивність випаровування з поверхні солоних водойм залежить від концентрації їх розсолів та складу солей. Для порівняння величин випаровування розсолів різної концентрації можна використовувати коефіцієнт випаровуваності k_s , який являє собою відношення величин випаровування розсолу тієї чи іншої концентрації до величини випаровування прісної води. Він завжди менше від одиниці та зменшується з підвищенням солоності води (S , ‰).

За результатами спостережень на Сакських соляних промислах Кримського півострова була складена таблиця перехідних коефіцієнтів для розрахунку величини випаровування з поверхні соляних водойм при мінералізації від 90 до 330 ‰ [17]. В діапазоні від 0 до 60 ‰ середні значення перехідних коефіцієнтів наводяться у роботі Боброва С.М. (за матеріалами досліджень на Каспійському морі) [18].

В табл.3 наведені перехідні коефіцієнти для розрахунку величини випаровування з солоних водойм (у тому числі Куяльницького лиману) з різною солоністю води.

Таблиця 3 – Перехідні коефіцієнти k_S для розрахунку величини випаровування з солоних водойм з різною солоністю води S , ‰

S , ‰	0	10	20	40	60	90	180	260	300	330
k_S	1,00	0,97	0,93	0,87	0,82	0,84	0,66	0,46	0,40	0,28

Середній багаторічний шар випаровування по місяцях і за рік з водного дзеркала Куяльницького лиману (E_K , мм) при різній солоності води (S , ‰) та з урахуванням перехідних коефіцієнтів k_S , наведені у табл.4.

Таблиця 4 – Середні багаторічні значення випаровування з водного дзеркала Куяльницького лиману E_K , мм, при різній солоності води S , ‰

S , ‰	0	10	20	40	60	90	180	260	300	330
E_K , мм	776,7	753,0	722,0	676,0	637,0	655,0	510,0	355,0	311,0	220,0

З табл.4 видно, що річний шар випаровування змінюється від 776,7 мм для прісної води до 220,0 мм – при солоності на рівні 330 ‰.

Таким чином, у середньому за період з 1960 по 2007 рр. випаровування з поверхні прісної водойми (оз. Ялпуг) становило 776,7 мм, при максимальному – 1151 мм (1972 р.) і мініимальному – 624 мм (2004 р.). У той же час, розрахункове випаровування з солоного Куяльницького лиману ($S = 128$ ‰) було тільки 561 мм, при максимальному значенні 994 мм (1972 р.) і мініимальному – 364 мм (1996 р.). Співвідношення між величинами випаровування з поверхні оз. Ялпуг і лим. Куяльницького у середньому за період з 1960 по 2007 рр. дорівнювало 0,73, при максимальному – 0,87 (1969 та 1970 рр.), а найменшому – 0,45 (1996 р.). Динаміка k_S у часі ілюструється рис.5. На початку 60-х років ХХ-го століття значення k_S знаходилися на досить низькому рівні (приблизно 0,50), що пояснюється відсутністю масштабних заходів щодо регулювання поверхневого стоку в басейні р. В. Куяльник і наявністю маловодних років. Після цього настав багатководний період, який відзначався підвищеними опадами та поверхневим припливом, завдяки чому відбулося значне розсолення лиману (до $S = 55$ ‰ у 1970 р.) і зростанням k_S до 0,86-0,87. Маловодні роки після 1972 р. знову спричинили зниження k_S , хоча й короткочасного. В період з 1980 по 1992 рр. річні опади коливались у значних розмірах, хоча все це відбувалося загалом на рівні їх середніх багаторічних величин, але з 1992 по 1996 рр. зменшення опадів і збільшення випаровування призвело до зниження k_S (до 0,45). Потім за

тенденцією зростання опадів (до 2004 р.) відбулося й зростання k_S – до 0,78 у 2004 р. Зменшення річних опадів і особливо взимку, починаючи з 2005 р., призвело до зниження k_S .

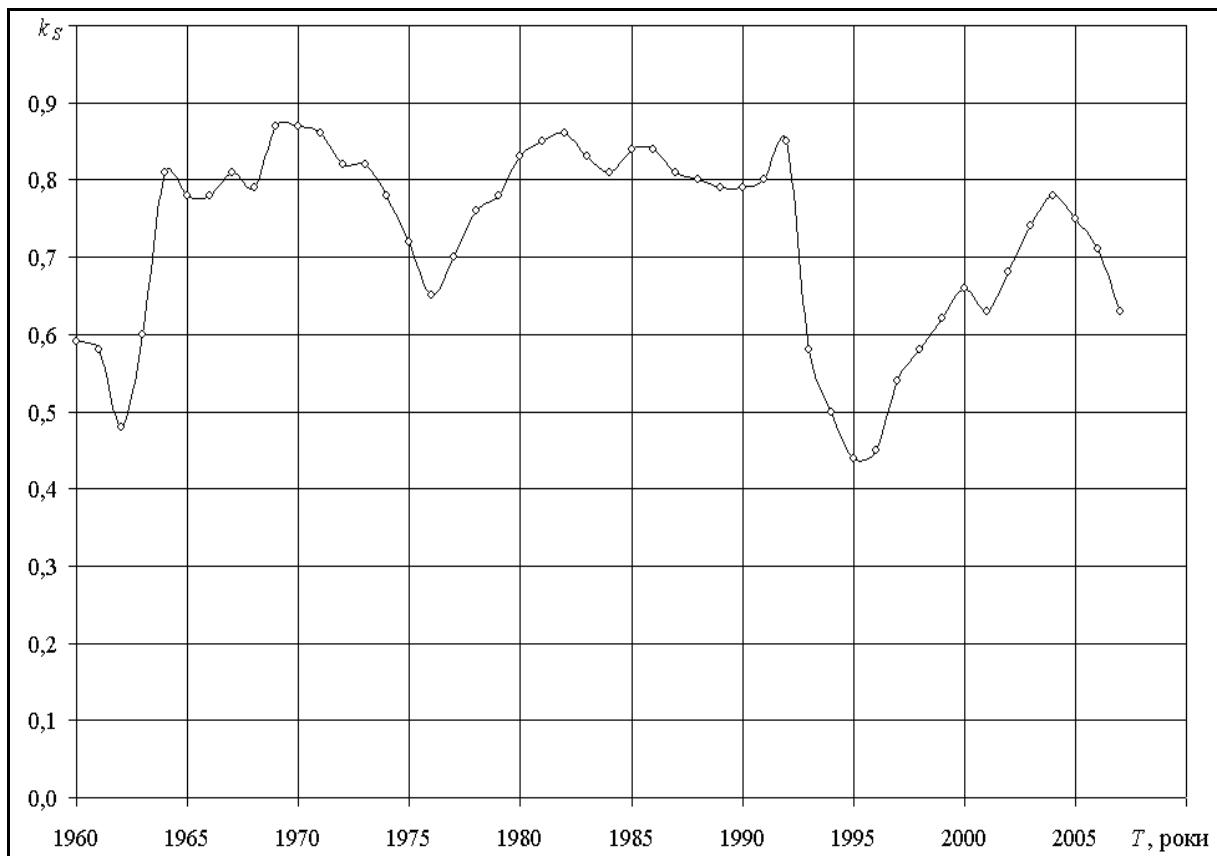


Рис. 5 – Часова змінність коефіцієнтів $k_S = E_K/E_B$ протягом 1960-2007 рр.

Результати обчислення складових річних водних балансів Куяльницького лиману та нев'язок розрахунків з 1960 по 2007 рр. свідчать про те, що у середньому прихідна частина водного балансу лиману, до якої відносяться надходження опадів на водну поверхню (V_{PK}) та побутовий приплив води до лиману ($V_{ноб}$), становить 29,7 млн. м³. При цьому, випаровування з водної поверхні Куяльницького лиману (V_{EK}) сягає за той же проміжок часу (1960-2007 рр.) 30,50 млн. м³.

У підсумку, за умов регулювання поверхневого припливу на водозбірному басейні Куяльницького лиману, прихідна частина в період 1960-2007 рр. була меншою від витратної приблизно на 0,80 млн. м³. Сама по собі ця різниця невелика, але в окремі періоди вона є суттєвою, що призводить до значного зниження рівнів води у лимані та зростання солоності в ньому, зокрема, як це мало місце у 2009 р.

Аналіз багаторічних змін значень складових річних водних балансів лиману за період з 1960 по 2007 рр. також можна виконати за допомогою

комплексного графіка, на якому наведені відомості про часові зміни річних об'ємів атмосферних опадів, побутового припливу поверхневих вод з басейну та випаровування з поверхні лиману (рис.6).

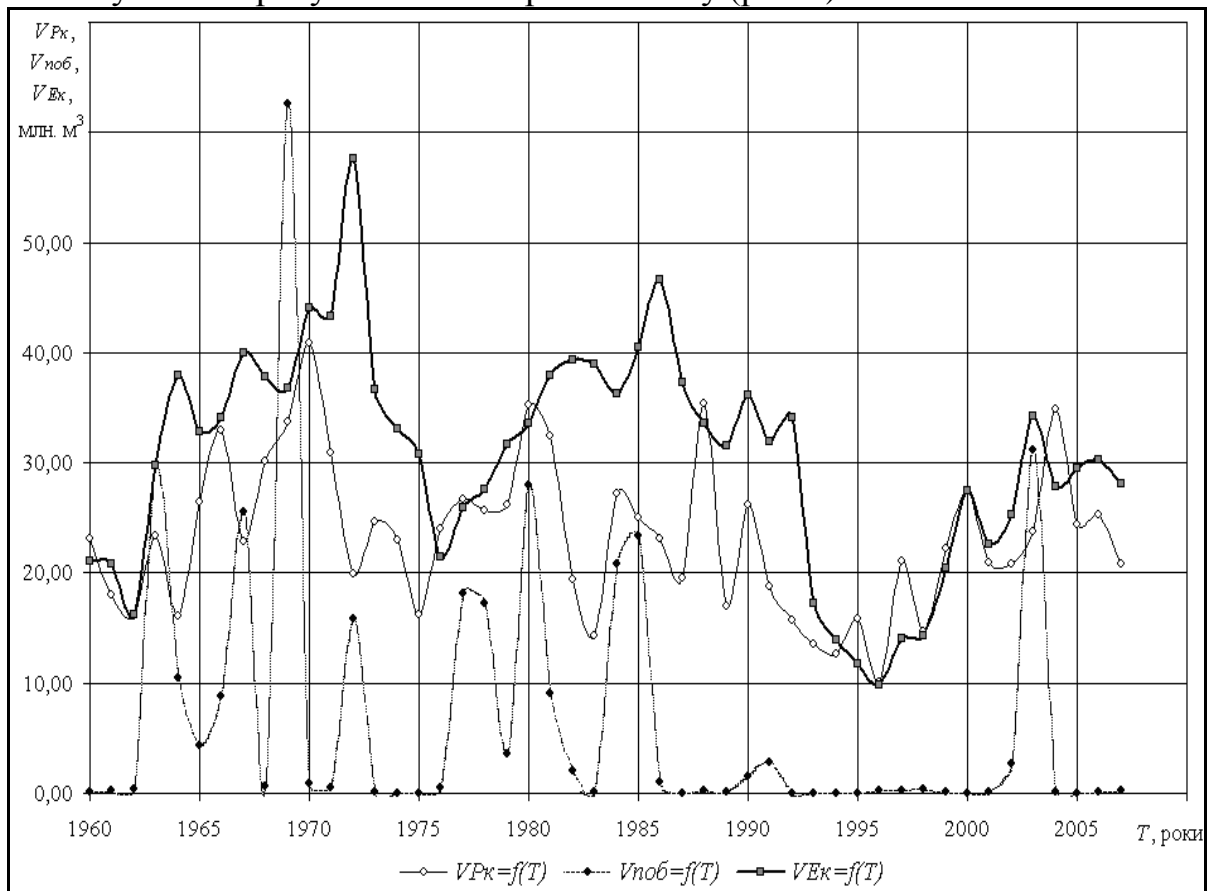


Рис. 6 – Багаторічний хід складових річних водних балансів Куяльницького лиману за період з 1960 по 2007 рр.

Особливістю цього комплексного графіка є те, що він свідчить про перевищення об'єму випаровування над об'ємом опадів майже у всі роки (крім 1960, 1976, 1977, 1980, 1988, 1997, 1999 та 2004). З цього графіка також можна бачити, що річні об'єми випаровування в усі роки перевищують об'єми побутового припливу води з басейну лиману, крім 1969 р., який співпав майже з серединою багатоводного періоду, що мав місце з 1965 по 1971 рр.

Абсолютне значення нев'язки, одержане при розрахунках річних водних балансів Куяльницького лиману в середньому дорівнює 0,32 млн. м³ або менше 1 см, тобто знаходиться в межах точності вимірювання рівня води на водомірному посту. Величина майже всіх нев'язок за період з 1960 по 2007 рр. (крім аномальних за водністю 1963, 1992, 2003 та 2007 рр.) коливається від мінус 40 до 40 см. При цьому слід звернути увагу на те, що їхня величина багато в чому залежить від ступеня надійності використаних даних про атмосферні опади, які взяті по м/ст. Одеса – ГМО, причому не

лише для лиману, але і його водозбору площею близько 2250 км². Крім того, не зовсім вдалим є місцеположення в/п Одеса – лим. Куяльницький, бо він знаходиться у нижній частині водойми (безпосередньо біля правого берега), а тому не відображає середнього рівня води у лимані при всіх румбах напрямку вітру, коливання якого під час згінно-нагінних явищ може сягати 40 см і більше.

Фактичні H_f та можливі природні H_{np} рівні води в лимані з 1960 по 2007 рр. (при відсутності регулювання поверхневого припливу води на басейні та умові, що лиман буде безстічною водоймою) наведені на рис.7.

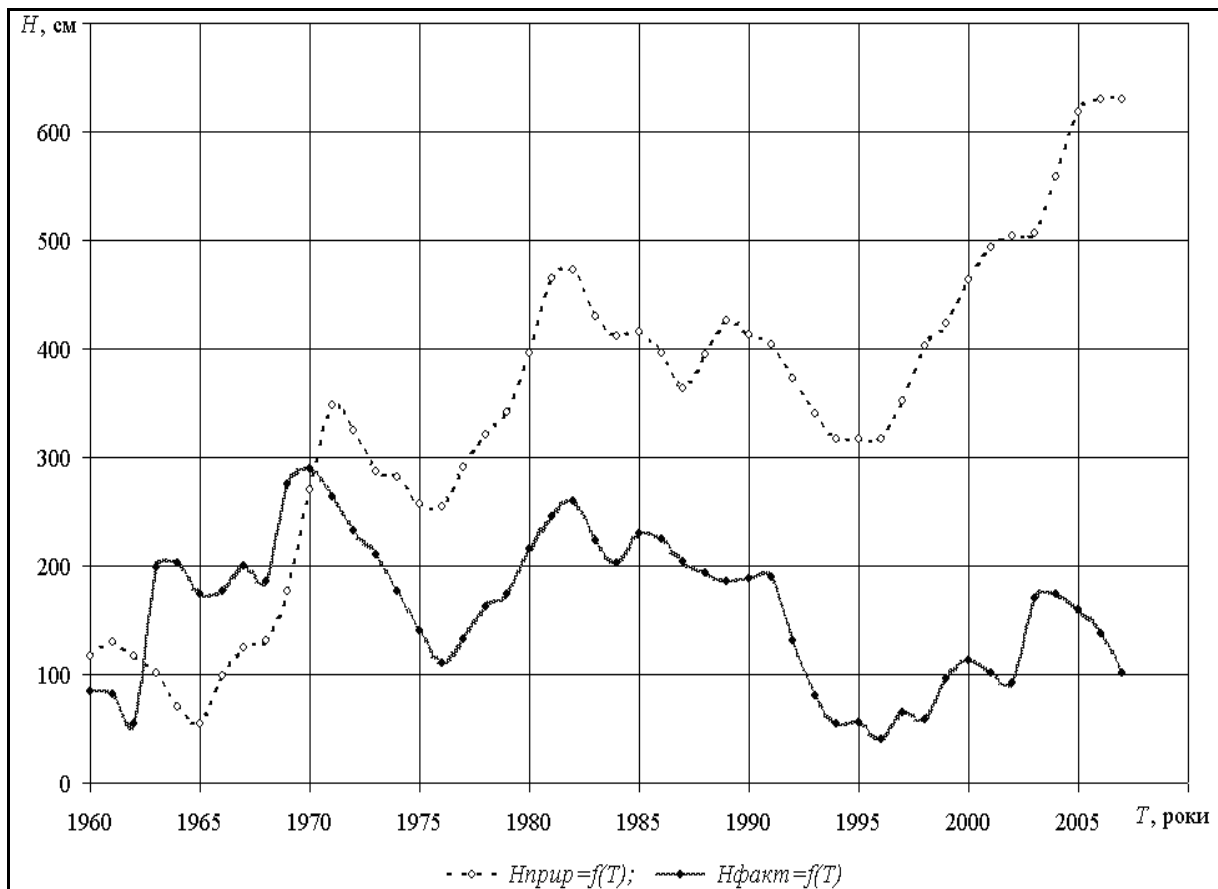


Рис. 7 – Часовий хід фактичних H_f та можливих природних H_{np} рівнів води Куяльницького лиману за період з 1960 по 2007 рр.

Порівнюючи часовий хід фактичних H_f та можливих природних H_{np} рівнів води, можна бачити, що за умов відсутності регулювання поверхневого припливу води на водозбірному басейні Куяльницького лиману, величина H_{np} протягом майже всього періоду (1960-2007 рр.) перевищує H_f в середньому на 180 см, а середньорічне значення рівня у 2007 р. могло б бути близько 631 см (за вказаних вище умов) або мінус 0,75 м БС. Але навіть такий високий рівень води в лимані буде меншим за відмітку поверхні води в Чорному морі (біля м. Одеси) приблизно на 0,3 м.

З урахуванням цього можна рекомендувати для підтримки водного та сольового режиму Куяльницького лиману лише варіант упорядкування регулювання поверхневого припливу води на басейні водойми. Сполучення лиману та Чорного моря не бажане, бо за сучасних умов водообміну це буде призводити до накопичення солей та збільшення солоності води у лимані, а вона й так вже занадто висока. При обґрунтуванні регулювання водно-сольового режиму водойми необхідно враховувати, що нижня, сприятлива для бальнеологічних цілей межа солоності становить 50 ‰, вона встановлюється при рівні води в лимані 35-40 ‰ забезпеченості, тобто від мінус 4,00 до мінус 5,00 м БС [2].

Висновки. В результаті роботи можна зробити такі висновки:

1. Прихідна частина водного балансу Куяльницького лиману формується за рахунок атмосферних опадів V_{PK} , які випали на водну поверхню лиману у вигляді дощу або снігу, та води $V_{ноб}$, що надійшла з річковим (поверхневим, схиловим і підземним) стоком V_r та скинута з озер пересипу $V_{оз}$. Витратна частина водного балансу лиману формується тільки за рахунок випаровування з водної поверхні водойми $V_{ЕК}$. Частину в загальній величині припливу поверхневих вод в лиман складають антропогенні стоки (скиди) води з озер пересипу $V_{оз}$, річний об'єм яких може сягати 6,62 млн. м³. Тому необхідно при розрахунках річних водних балансів Куяльницького лиману враховувати скидні води з озер пересипу в об'ємі $V_{оз} = 6,62 \cdot 10^6$ м³ (середнє багаторічне значення).

2. В басейні р. В. Куяльник та на інших водотоках, які впадають в Куяльницький лиман, існує значна кількість ставків і водосховищ – від 36 до 145 шт. [1,2,15,16], загальним об'ємом при НПП близько 13,0 млн. м³ і площею водного дзеркала 7,28 км² (в період з 1960 по 1984 рр.) та близько 10,0 млн. м³ і 3,50 км² – з 1985 р. до цього часу. У середньому природний приплив річкових вод до лиману V_r , за відсутності його регулювання у межах водозбору р. В. Куяльник та інших водотоків, становив би 35,6 млн. м³. З іншого боку, забір води на різні господарські потреби становить у середньому 30,2 млн. м³, тобто до лиману надходить лише 15,2 % річкового стоку, а в окремі роки (переважно маловодні) – взагалі не надходить майже нічого. Позитивним слід вважати те, що до лиману надходять скидні води з сусідніх озерців об'ємом до 6,62 млн. м³ щорічно, але й у цьому випадку побутовий поверхневий приплив води $V_{ноб}$ становив лише 8,37 млн. м³ або 23,5 %, порівняно з природним (незарегульованим).

3. Випаровування з солоного Куяльницького лиману ($S_{сер} = 128$ ‰) у середньому за 1960-2007 рр. становить 561 мм, при максимумі 994 мм (1972 р.) і мінімумі – 364 мм (1996 р.). Співвідношення між випаровуванням з поверхні прісного озера Ялпуг і солоного лиману Куяльницького у середньому за 1960-2007 рр. дорівнювало 0,73, при максимальному – 0,87 (1969 та 1970 рр.), а найменшому – 0,45 (1996 р.).

4. Прихідна частина водного балансу Куяльницького лиману, до якої відносяться надходження опадів на його водну поверхню (V_{Pk}) та побутовий приплив води до лиману ($V_{ноб}$), у середньому становить 29,7 млн. м³. Випаровування з водної поверхні лиману (V_{Ek}) сягає за той же період (1960-2007 рр.) 30,5 млн. м³. Тобто за умов регулювання поверхневого припливу на водозбірному басейні Куяльницького лиману прихідна частина в період 1960-2007 рр. була меншою від витратної приблизно на 0,80 млн. м³. Сама по собі ця різниця невелика, але в окремі періоди вона є суттєвою, що призводить до значного зниження рівнів води у лимані та зростання солоності, зокрема, як це мало місце у 2009 р.

5. Особливістю водного балансу Куяльницького лиману майже у всі роки за період з 1960 по 2007 рр. є перевищення об'єму випаровування над об'ємом опадів (крім 1960, 1976, 1977, 1980, 1988, 1997, 1999 та 2004). Також річні об'єми випаровування в усі роки перевищують об'єми побутового припливу води до лиману, крім 1969 р., який співпав майже з серединою багатоводного періоду (1965-1971 рр.).

6. Абсолютне значення нев'язок, отриманих при розрахунках річних водних балансів Куяльницького лиману, в середньому дорівнює 0,32 млн. м³, що відповідає величині рівня води менше 1 см (тобто знаходиться в межах точності вимірювання рівня води на водомірному посту). Величина майже всіх нев'язок за період з 1960 по 2007 рр. (крім аномальних за водністю 1963, 1992, 2003 та 2007 рр.) коливається від мінус 40 до 40 см. При цьому, слід звернути увагу на те, що їхня величина багато в чому залежить від ступеня надійності використаних даних про атмосферні опади, які взяті по м/ст. Одеса – ГМО, причому не лише для лиману, але і для його водозбору, площею близько 2250 км². Крім того, не зовсім вдалим є місцеположення в/п Одеса – лим. Куяльницький, бо він знаходиться у нижній частині водойми (безпосередньо біля правого берега), а тому не відображає середнього рівня води у лимані при всіх румбах напрямку вітру, коливання якого під час згінно-нагінних явищ може сягати 40 см і більше.

7. Порівнюючи часовий хід фактичних рівнів води H_{ϕ} та можливих природніх H_{np} , можна бачити, що за умов відсутності регулювання поверхневого припливу води на водозбірному басейні Куяльницького лиману, величина H_{np} протягом майже всього періоду (1960-2007 рр.) перевищує H_{ϕ} в середньому на 180 см, а середньорічне значення рівня у 2007 р. могло б бути близьким до 631 см (за умов відсутності регулювання поверхневого припливу води на басейні та при умові, що Куяльницький лиман буде залишатися безстічною водоймою).

8. Головним висновком є те, що для відновлення та подальшої підтримки водного і сольового режиму Куяльницького лиману та його екологічного стану можна рекомендувати варіант упорядкування регулювання поверхневого припливу води на басейні водойми. Пропозиції

щодо сполучення лиману та Чорного моря не бажані, бо це буде призводити до збільшення солоності води у лимані, а вона й так вже занадто висока і, крім того, необхідно взяти до уваги забрудненість вод узбережжя, особливо нафтопродуктами. При регулюванні водно-солевого режиму водойми слід враховувати, що нижня, сприятлива для бальнеологічних цілей, межа солоності становить 50 ‰, вона встановлюється при рівні води в лимані 35-40 % забезпеченості, тобто від мінус 4,00 до мінус 5,00 м БС [2].

Список літератури

1. *Отчет* по изучению водного баланса Куяльницкого лимана. – Одесса, ОГМИ, 1965. – 150 с.
2. *Геоэкологический анализ ситуации и разработка схем мероприятий по улучшению водно-солевого режима Куяльницкого лимана: Отчёт о НИР*. Од. гос. ун-т им. И.И. Мечникова. – Одесса, 1995. – 190 с.
3. *Тимченко В.М.* Эколого-гидрологические исследования водоемов Северо-Западного Причерноморья. – К.: Наук. думка, 1990. – 240 с.
4. *Лиманы Северного Причерноморья* / Полищук В.С., Замриборщ Ф.С., Тимченко В.М. и др. – К.: Наук. думка, 1990. – 204 с.
5. *Гопченко Е.Д., Романчук М.Е., Казанкова Т.В.* К оценке притока поверхностных вод в Хаджибейский и Куяльницкий лиманы // Тезисы международного симпозиума. – Одесса, 1996. – С. 132.
6. *Тимченко В.М.* Экологическая гидрология водоёмов Украины. – К.: Наук. думка, 2006. – 384 с.
7. *Гопченко Є.Д., Гриб О.М., Белов В.В., Гриб К.О., Медведєва Ю.С.* Аналіз сучасних морфометричних та деяких фізико-хімічних характеристик лиману Куяльник // Зб. наук. ст. / За загальн. ред. В.М. Небрата. – Одеса: «ІНВАЦ», 2009. – С. 63-65.
8. *Оцінка багаторічних змін складових водного балансу Куяльницького лиману для розробки рекомендацій по збереженню його природних ресурсів: Звіт з НДР*. Од. держ. екол. ун-т. – Одеса, 2009. – 90 с.
9. *Энан А.А., Шихалеева Г.Н., Адобовський В.В., Бабинец С.К., Чурсина О.Д.* Современное гидроэкологическое состояние Куяльницкого лимана (Северо-Западное Причерноморье) // Зб. наук. ст. / За загальн. ред. В.М. Небрата – Одеса: "ІНВАЦ", 2009. – С. 247-249.
10. *Энан А.А., Шихалеева Г.Н., Бабинец С.К., Кирюшкина А.Н.* Экологическое состояние природной среды лиманно-морского курортного комплекса «Куяльник-Лузановка» и водной экосистемы Куяльницкого лимана. Перспективы развития // Матер. всеукр. наук.-практ. конф. "Екол. міст та рекреац. зон". – 2009. – С. 216-221.

11. *Техническое* дело гидрологического поста Одесса на водном объекте лиман Куяльницкий. – Одесса: Гидрометцентр Чорного и Азовского морей, 2008. – 20 с.
12. *Ежегодные* данные о режиме и ресурсах поверхностных вод суши, 1936-2007 гг. – Ч. 1 и 2. – Том 2. – Вып. 1. – 1938-2008.
13. *Суточные* данные по температуре воздуха и осадкам [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cliware.ru>.
14. *Пособие* по определению расчётных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 447 с.
15. *Справочник* по водным ресурсам / Под ред. Б.И. Стрельца. – К.: Урожай, 1987. – 304 с.
16. *Паспорт* реки Большой Куяльник. – Одесса: Госкомводхоз Украины, 1992. – 130 с.
17. *Ресурсы* поверхностных вод СССР. Украина и Молдавия. Крым. – Т. 6. – Вып. 4. – Л.: Гидрометеиздат, 1966. – 347 с.
18. *Бобров С.Н.* К вопросу об испарении морской воды в зависимости от её солёности // Труды института океан. – Т. XXXVII. – 1960. – 183 с.

SUMMARY

E. Gopchenko, O. Grib

ESTIMATION OF CONSTITUENTS OF WATER BALANCE OF KUYAL'NICKY ESTUARY AND DETERMINATION OF REASONS OF THE MODERN SHALLOWING OF RESERVOIR

The estimation of constituents of water balance of Kuyal'nicky of estuary for period from 1960 to 2007. Researches are executed by the Odessa state environmental university in 2009 due to budgetary facilities from the regional fund of natural environment guard.