

ОЦІНКА ВИПАРОВУВАННЯ З ВОДНОЇ ПОВЕРХНІ В РАЙОНІ ТИЛІГУЛЬСЬКОГО ЛИМАНУ

Обґрунтовано метод розрахунку щомісячних шарів випаровування з водної поверхні Тилігульського лиману з використанням середньомісячних значень температур і відносної вологості повітря. Визначені щорічні, середні багаторічні, найбільші та найменші шари випаровування. Встановлено, що в середньому річний шар випаровування дорівнює 665 мм та перевищує шар атмосферних опадів на 262 мм. Визначено, що за рахунок атмосферних опадів, стоку річок та випаровування з водної поверхні прирощення рівня води в лимані за період з 1958 по 2012 рр. дорівнює майже мінус 4,8 м, тобто при відсутності водообміну з морем через з'єднувальний канал відмітка рівня води Тилігульського лиману в кінці 2012 р. дорівнювала б мінус 6,2 м БС.

Ключові слова: випаровування з водної поверхні, температура та відносна вологість повітря.

Вступ. Випаровування з водної поверхні є однією з найважливіших складових витратної частини водного балансу озер, лиманів, ставків і водосховищ. Вирішальне значення ця складова має для водойм аридної зони (у тому числі, лиманів на території Північно-Західного Причорномор'я), де шар випареної за рік води перевищує шар атмосферних опадів, що випали на водну поверхню водойм. Для Тилігульського лиману, який належить до групи закритих водойм з періодичним водообміном з морем, випаровування з водної поверхні є головною, а в періоди, коли з'єднувальний канал «лиман-море» не функціонує – єдиною, складовою витратної частини водного балансу. В умовах зменшення припливу води з водозбірного басейну лиману та майже припинення водообміну з морем, за рахунок випаровування відбувається зменшення рівнів води, глибин лиману, обміління та пересихання його мілководних ділянок [1, 2]. Це спричинює погіршення екологічного стану водойми, обумовлене збільшенням солоності води лиману (до 24 ‰) та її температури (до 30 °С) в теплий сезон року, зменшенням вмісту розчиненого у воді кисню та виникненням зон гіпоксії, що в сукупності з масовим «цвітінням» водоростей, призводить до загибелі значної кількості риб та інших гідробіонтів, які мешкають в лимані [1, 2]. З урахуванням цього, а також того факту, що випаровування з водної поверхні Тилігульського лиману ніколи не вимірювалось [3, 4, 5], визначення та оцінка його величин є одними з найактуальніших задач, вирішення яких необхідно як для моделювання водно-сольового балансу водойми, так і при науковому обґрунтуванні оптимальних рівнів і солоності води лиману, кисневого режиму та інших показників екологічного стану водойми [1, 2, 6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В зв'язку з тим, що на Тилігульському лимані детальні дослідження випаровування з водної поверхні не виконувались, наукових публікацій з результатами оцінки цієї складової водного балансу лиману майже немає. Наприклад, до кінця ХХ ст. оцінити випаровування з водної поверхні в районі цього лиману було можливе лише з використанням декількох наукових публікацій [3, 4, 5, 7], де представлені загальні дані про випаровування з поверхні водойм Північно-Західного Причорномор'я.

Перші узагальнені дані про норми, внутрішньорічний розподіл, найбільші та найменші величини випаровування з поверхні водойм на території Північно-Західного Причорномор'я і методи їх розрахунку в теплий сезон року (з квітня по жовтень) опубліковані в роботах М.С. Каганера [3, 7]. Наприклад, з використанням карти норм випаровування, опублікованої в роботі [7], встановлено, що шар випареної за рік води в районі Тилігульського лиману дорівнює 850 мм. Однак, М.С. Каганер пояснює, що це шар випаровування з поверхні прісних водойм, а шар випаровування з поверхні

солоних озер і лиманів Криму та Північно-Західного Причорномор'я залежить від концентрації солей в їх водах, зменшуючись, при збільшенні мінералізації води (ропи). В роботі [3] М.С. Каганером встановлено, що на м./ст. «Болград» (знаходиться на відстані майже 240 км за азимутом приблизно 240° від південно-західної межі Тилігульського лиману) випаровування з поверхні випаровувального басейну (площа 20 м^2 , глибина 2 м), який був прийнятий в СРСР в якості водойми-еталону [3, 8], в середньому за теплий сезон з 1953 по 1966 рр. становило 800 мм. Найбільший шар випаровування дорівнював 860 мм, найменший – 693 мм. В продовж теплого сезону шар випаровування за місяць поступово збільшувався з 62 мм – в квітні, до 165 мм – в липні, а потім зменшувався до 62 мм – в жовтні. На м./ст. «Одеса», яка знаходиться в шість разів ближче до Тилігульського лиману ніж м./ст. «Болград» (на відстані майже 40 км за азимутом приблизно 230° від південно-західної межі лиману), середній шар випаровування з водної поверхні за теплий сезон дорівнював 936 мм, найбільший – 1067 мм, найменший – 828 мм [3]. В продовж теплого сезону року шар випаровування за місяць поступово збільшувався з 88 мм – в квітні, до 194 мм – в липні, а потім зменшувався до 65 мм – в жовтні. Нажаль на м./ст. «Одеса» випаровувального басейну не встановлено, тому дані про шари випаровування з водної поверхні, які вимірювались на цій метеостанції наземним випаровувачем ГГИ-3000 (площа $0,3 \text{ м}^2$, глибина 0,65 м), є завищені відносно фактичних шарів випаровування з водної поверхні реальних водойм. Це підтверджується даними м./ст. «Болград», де випаровування з водної поверхні вимірювалось як з використанням еталонного випаровувального басейну, так і наземного випаровувача ГГИ-3000 [3]. За цими даними визначено, що річний шар випаровування з водної поверхні ГГИ-3000, виміряний на м./ст. «Болград» за період з 1953 по 1966 рр. становить 1031 мм, тобто перевищував шар випаровування з поверхні випаровувального басейну на 231 мм. Також встановлено, що максимальний шар випаровування з водної поверхні ГГИ-3000 становить 213 мм і спостерігається не в липні, а в серпні. Загалом, шари випаровування за місяць, виміряні на м./ст. «Болград» з водної поверхні ГГИ-3000, перевищують фактичні величини випаровування в середньому на 33 мм, змінюючись від 17 до 53 мм.

В період з 1970 по 2010 рр. опубліковані лише дві монографії, в яких представлені результати досліджень гідрологічного режиму, водообміну та складових водно-сольового балансу Тилігульського лиману (у тому числі, узагальнені дані про випаровування з поверхні водойми) [4, 5]. Наприклад, М.Ш. Розенгурт – в 1974 р. [4], оцінюючи випаровування з водної поверхні в районі Тилігульського лиману з урахуванням солоності води (за даними про випаровування з поверхні північно-західної частини Чорного моря при солоності води 18 ‰) встановив, що межі коливання річних шарів випаровування дорівнюють 639-886 мм, при нормі випаровування – 764 мм. Однак, В.М. Тімченко – в 1990 р. [5], при визначенні «найбільш вірогідних значень» складових водного балансу лиману, встановив, що річне випаровування з його водної поверхні дорівнює $93,2 \text{ млн. м}^3$ або 825 мм (при площі водної поверхні 113 млн. м^2).

В період з 2009 по 2013 рр. дослідженнями гідроекологічних проблем Тилігульського лиману та складових водно-сольового режиму водойми (у тому числі, випаровування з водної поверхні лиману) активно займалися науковці та спеціалісти Одеського державного екологічного університету (ОДЕКУ) [1, 2, 6 та інші]. Результати цих досліджень увійшли в опубліковану в 2012 р. монографію [1], один з розділів якої, присвячений випаровуванню з водної поверхні Причорноморських лиманів. Для оцінки випаровування в цій роботі були використані дані вимірювань шарів випаровування з водної поверхні випаровувального басейну на м./ст. «Болград». З використанням цих даних встановлено, що за період з 1960 по 2010 рр. річне значення випаровування з водної поверхні в середньому дорівнює майже 777 мм [1].

Найбільший шар випаровування на м./ст. «Болград» становить 1151 мм (1972 р.), найменший – дорівнює 645 мм (1978 р.). В середньому за період з 1960 по 2010 рр. в продовж року шари випаровування за місяць збільшувалися з 43 мм – в березні, до майже 152 мм – в липні, поступово зменшуючись до 10 мм – в грудні. В монографії також узагальнені результати оцінки впливу збільшення солоності води (в діапазоні від 0 до 330 ‰) на зменшення шару випаровування з поверхні солоних озер і лиманів [1].

Цілі статті. Головною метою роботи було обґрунтування метод розрахунку щомісячних шарів випаровування з водної поверхні в районі Тилігульського лиману та визначення й оцінка щомісячних, щорічних, середніх багаторічних, найбільших і найменших шарів випаровування, а також їх порівняння з складовими прихідної частини (атмосферними опадами та річковим стоком) водного балансу лиману.

Матеріали і методи дослідження. З урахуванням прийнятого в роботі [2] умовного поділу Тилігульського лиману на чотири (I, II, III, IV) частини, об'єм води, що випарилася з його поверхні за місяць, $W_{E,j}$, млн. м³, визначається за формулою

$$W_{E,j} = W_{E,j,I} + W_{E,j,II} + W_{E,j,III} + W_{E,j,IV}, \quad (1)$$

де $W_{E,j,I}$, $W_{E,j,II}$, $W_{E,j,III}$, $W_{E,j,IV}$ – відповідно, об'єми води, що випарилися з водної поверхні I, II, III та IV частин лиману за j -ий місяць, млн. м³.

Об'єми води, що випарилися з водних поверхонь i -их частин (I, II, III, IV) лиману за місяць, $W_{E,j,i}$, млн. м³, визначаються за формулою

$$W_{E,j,i} = E_{S,j,i} \cdot F_{j-1,i}, \quad (2)$$

де $E_{S,j,i}$ – шари води, що випарилися з водних поверхонь i -их частин (I, II, III, IV) лиману за j -ий місяць (з урахуванням солоності води, $S_{j,i}$, ‰), м;

$F_{j-1,i}$ – площі водних поверхонь i -их частин лиману (I, II, III, IV), в попередній, відносно розрахункового, місяць, млн. м².

Шар води, що випарилася з водної поверхні i -ої частини Тилігульського лиману (I, II, III, IV) за місяць, $E_{S,j,i}$, м, визначається за формулою

$$E_{S,j,i} = k_{S,j,i} \cdot E_{Ю,j}, \quad (3)$$

де $E_{Ю,j}$ – розрахунковий шар води, що випарилася за місяць з водної поверхні в районі м./ст. «Южне» (знаходиться на відстані приблизно 12,5 км за азимутом 61° від південно-західної межі лиману), м;

$k_{S,j,i}$ – безрозмірний коефіцієнт, що враховує вплив солоності (мінералізації) води на зменшення випаровування з водної поверхні $k_S = f(S)$ [2], який при солоності (мінералізації) води, S , від 0 до 40 ‰ (г/дм³) обчислюється за формулою

$$k_S = 1 - 0,0033 \cdot S. \quad (4)$$

В зв'язку з тим, що ні на Тилігульському лимані, ні на м./ст. «Южне» випаровування з водної поверхні не вимірюється, шар випареної за місяць води можна визначити наступними способами:

- з використанням середніх багаторічних шарів випаровування, визначених за даними м./ст. «Болград» (рис. 1);
- з використанням виміряних на м./ст. «Болград» шарів випаровування (рис. 2);
- з використанням встановлених в інших наукових роботах, присвячених цій тематиці, зв'язків між випаровуванням і температурою повітря [9, 10 тощо];
- вдосконалюючи розроблені раніше методи визначення шарів випаровування [3, 4, 7, 8, 9, 10, 11] з використанням наявних метеорологічних даних [1, 2, 3, 6, 7, 12].

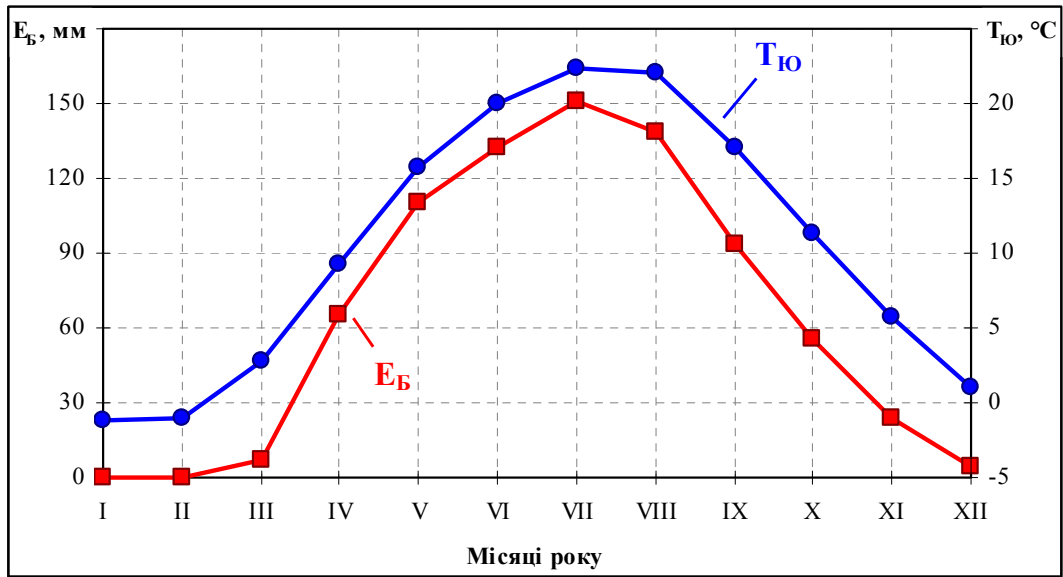


Рис. 1 – Внутрішньорічний розподіл величин випаровування з водної поверхні за місяць, E_B , мм, на м./ст. «Болград» та середньомісячних температур повітря, $T_{Ю}$, °C, на м./ст. «Южне» [2]

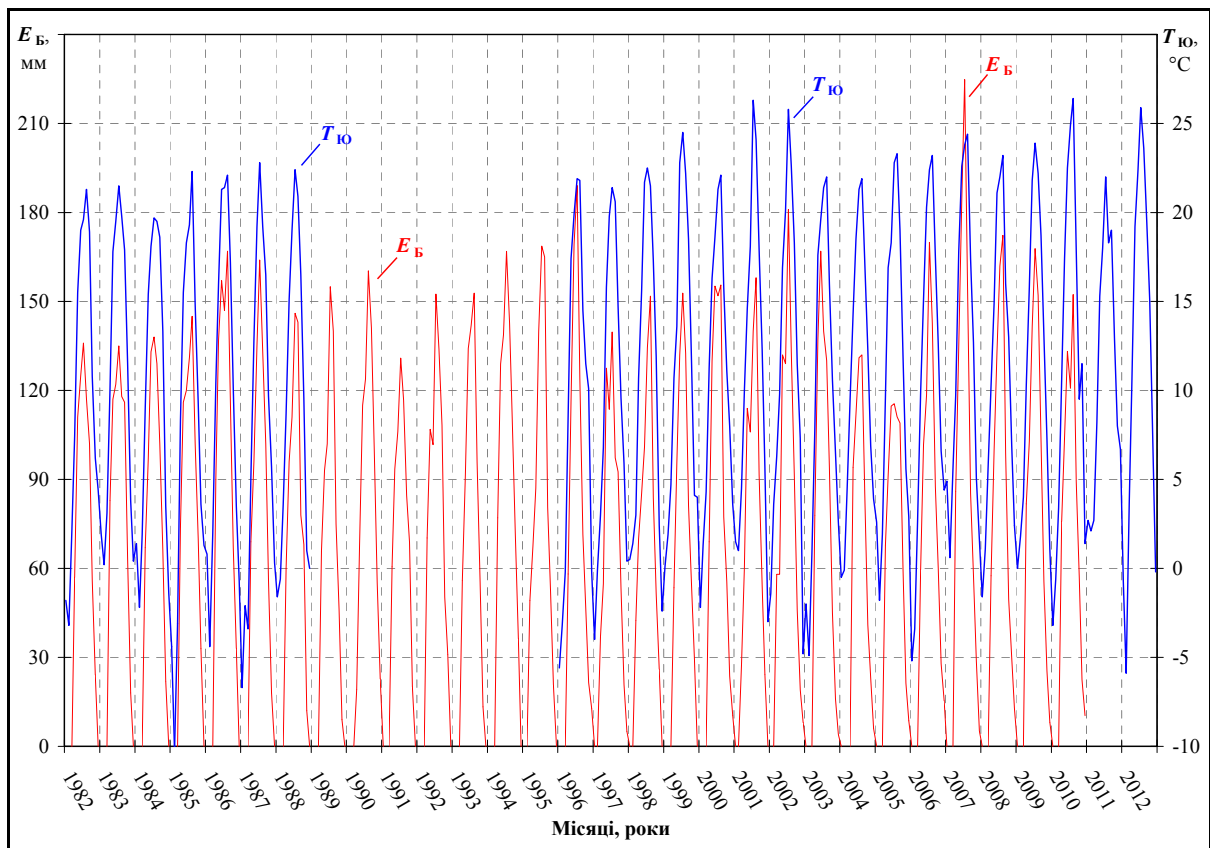


Рис. 2 – Мінливість виміряних за місяць величин випаровування з водної поверхні, E_B , мм, на м./ст. «Болград» та середньомісячних температур повітря, $T_{Ю}$, °C, на м./ст. «Южне» (за період з січня 1982 р. по грудень 2012 р.) [2]

В зв'язку з тим, що м./ст. «Южне» діє лише з початку 80-их рр. XX ст. [12], то для визначення та оцінки випаровування з водної поверхні в районі Тилігульського лиману за більш довгий період необхідно зв'язати метеорологічні дані виміряні на цій метеостанції з даними найближчих до неї метеостанцій з більш довгим періодом спостережень, наприклад, з даними метеостанцій «Одеса» або «Болград». Ці метеостанції знаходяться в майже однакових погодних умовах, що видно, наприклад, з графіків зв'язку між середньомісячними температурами повітря (рис. 3).

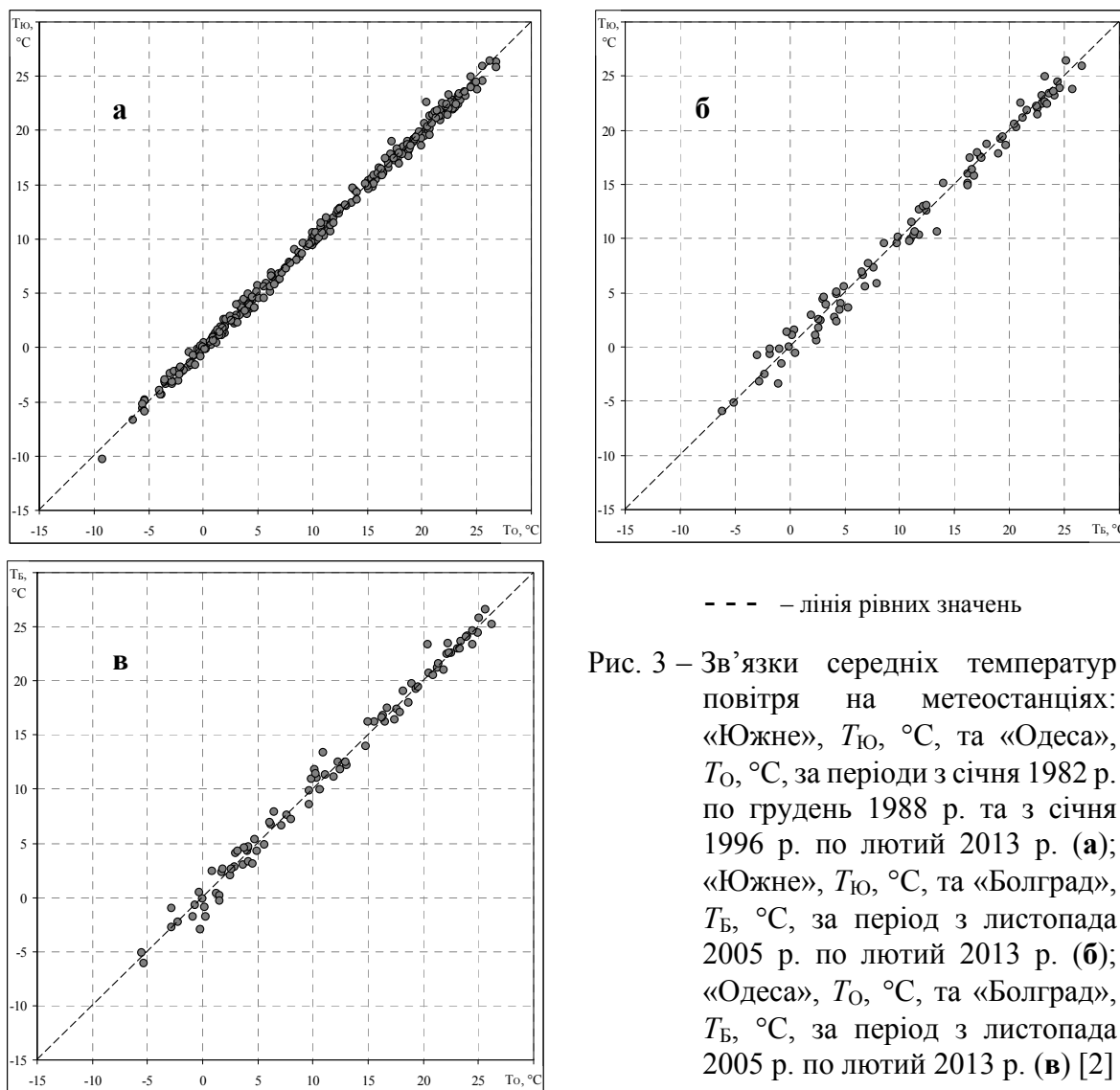


Рис. 3 – Зв'язки середніх температур повітря на метеостанціях: «Южне», $T_{ю}$, °С, та «Одеса», T_o , °С, за періоди з січня 1982 р. по грудень 1988 р. та з січня 1996 р. по лютий 2013 р. (а); «Южне», $T_{ю}$, °С, та «Болград», T_b , °С, за період з листопада 2005 р. по лютий 2013 р. (б); «Одеса», T_o , °С, та «Болград», T_b , °С, за період з листопада 2005 р. по лютий 2013 р. (в) [2]

З рис. 3 видно, що температури повітря на всіх трьох метеостанціях («Южне», «Одеса» та «Болград») пов'язані між собою лінією рівних значень, тому якщо температури повітря на м./ст. «Южне» відсутні (наприклад, за період з січня 1989 р. по грудень 1995 р.) [12], вони можуть бути відновлені за даними м./ст. «Одеса» (рис. 3, а) або м./ст. «Болград» (рис. 3, б).

Отримані зв'язки (рис. 3) дозволяють використовувати температури повітря, виміряні на будь-якій з цих трьох метеостанцій, для визначення випаровування води в районі Тилігульського лиману, з застосуванням зв'язків між температурою повітря та випаровуванням з водної поверхні (рис. 4 та 5), встановлених в роботах [2, 9, 10].

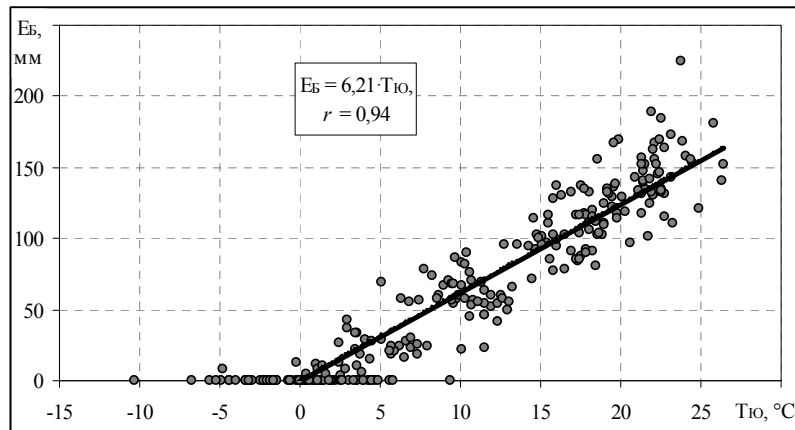


Рис. 4 – Зв'язок виміряних за місяць величин випаровування з водної поверхні, E_b , мм, на м./ст. «Болград» та середньомісячних температур повітря, $T_{ю}$, °C, на м./ст. «Южне», за період з січня 1982 р. по грудень 2010 р. [2]

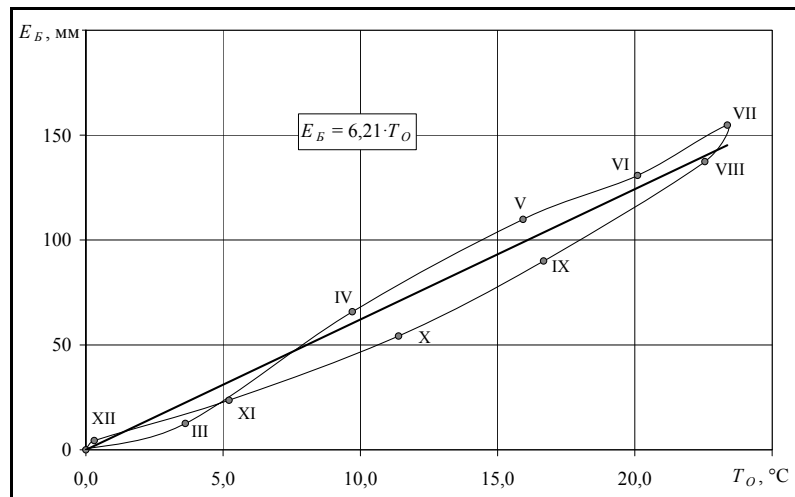


Рис. 5 – Зв'язок місячних величин випаровування, E_b , мм, на м./ст. «Болград» та середньомісячних температур повітря, T_o , °C, на м./ст. «Одеса», за період з 1960 по 2007 рр. (римські цифри – місяці року) [2, 9, 10]

Нажаль м./ст. «Болград», де вимірюється випаровування з поверхні випаровувального басейну, знаходиться на відстані приблизно 214 км за азимутом 242° від м./ст. «Южне» (Григорівський або Малий Аджаликський лиман) та на відстані майже 240 км від південно-західної межі Тилігульського лиману, тому використання даних про випаровування з водної поверхні, виміряних на цій метеостанції може бути рекомендовано лише в тих випадках, коли визначити випаровування іншими способами не має можливості. Найближчою до м./ст. «Южне» з метеорологічними даними за багаторічний період спостережень є м./ст. «Одеса» (гідрометеорологічна обсерваторія), яка знаходиться на відстані лише 26 км за азимутом приблизно 230° від м./ст. «Южне» та на відстані приблизно 40 км від північно-західної межі Тилігульського лиману. Однак, на м./ст. «Одеса» випаровування з поверхні випаровувального басейну не вимірюється. З урахуванням цього, для підвищення точності визначення випаровування з водної поверхні в районі Тилігульського лиману, в роботі [2] пропонується використовувати зв'язок щомісячних шарів випаровування з середньомісячними температурами та значеннями відносної вологості повітря, який встановлено за даними м./ст. «Болград» (рис. 6) за період з листопада 2005 р. по грудень 2010 р. [2].

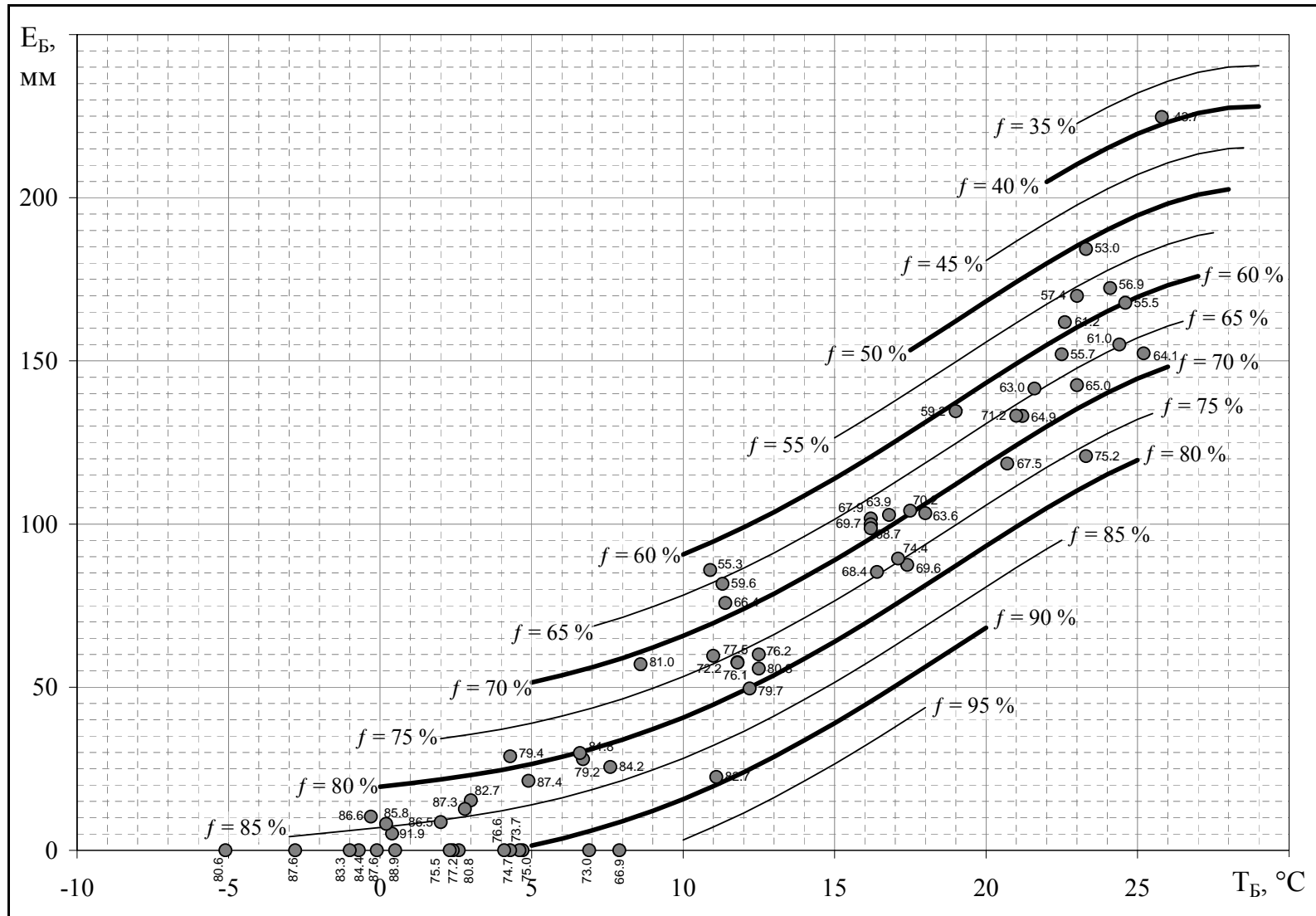


Рис. 6 – Зв'язок випаровування з водної поверхні, E_B , мм, з середньомісячними температурами, T_B , °C, та відносною вологістю повітря, f_B , % (підписи поблизу точок), за даними м./ст. «Болград» (за період з листопада 2005 р. по грудень 2010 р.) [2]

Зв'язок випаровування з водної поверхні з середньомісячними значеннями температури і відносної вологості повітря встановлено ще в 1948 р. М.М. Івановим [7, 11], а пізніше – в 1968 р., в монографії, присвяченій питанням вимірювання та розрахунку випаровування в природних умовах [8], О.Р. Константиновим рекомендовано подібні зв'язки, як найбільш зручні для практичного використання, при визначенні випаровування з водної поверхні, що не потребують введення додаткових поправок.

З рис. 6 видно, що випаровування води з поверхні випаровувального басейну йде з квітня по грудень, а з січня по березень – дорівнює 0 мм. При збільшенні температури та зменшенні відносної вологості повітря шар випаровування збільшується, а при зменшенні температури та збільшенні відносної вологості повітря – зменшується.

У зимово-весняний сезон року (з січня по березень-квітень) при середньомісячній температурі повітря від 0 до 5 °С шар випареної за місяць води в 10 випадках дорівнював 0 мм. Це може пояснюватись тим, що в ці місяці на поверхні випаровувального басейну, де вимірюється шар випаровування, ще був льодовий покрив, сформований раніше при від'ємних температурах повітря, тому випаровування з водної поверхні не відбувалося ($E_B = 0$ мм). Крім цього, при наявності льодового покриву інструментальні вимірювання шару випареної води з використанням як випаровувального басейну, так і наземного випаровувача ГГІ-3000, не можливі.

При середньомісячній температурі повітря нижче 0 °С, тобто в ті місяці, коли водна поверхня випаровувального басейну напевно була вкрита суцільним льодовим покривом, шар випареної за місяць води дорівнював 0 мм. Лише в 1 з 6 випадків (в грудні 2010 р.), при від'ємному значенні середньомісячної температури повітря (мінус 0,3 °С), шар випареної за місяць води становив 10,3 мм. Це пояснюється тим, що температура води в випаровувальному басейні ще була вища 0 °С, а отже льодовий покрив був відсутній, тому з поверхні даного басейну відбувалось випаровування води.

З урахуванням того, що вода Тилігульського лиману є солоною, випаровування з її поверхні буде меншим ніж з поверхні прісної водойми [2]. Отже, при 0 °С та при від'ємних температурах повітря і відносній вологості повітря більшій ніж 85-90 %, шар випаровування з поверхні лиману становитиме майже 0 мм або буде відсутнім, навіть без наявності льодового покриву. Враховуючи те, що виміряні значення пружності водяної пари, які використовуються для визначення відносної вологості повітря, на м./ст. «Южне» є лише за період з січня 1984 р. по грудень 1988 р. ([2, 12], без даних за травень 1985 р.), в роботі встановлено зв'язок між відносною вологістю повітря на цій та найближчих до неї метеостанціях «Одеса» (рис. 7, а) та «Сербка» (рис. 7, б), де дані спостережень за цим показником є за періоди з січня 1976 р. по грудень 2013 р. – на м./ст. «Одеса», та з листопада 1976 р. по грудень 2013 р. – на м./ст. «Сербка» [2].

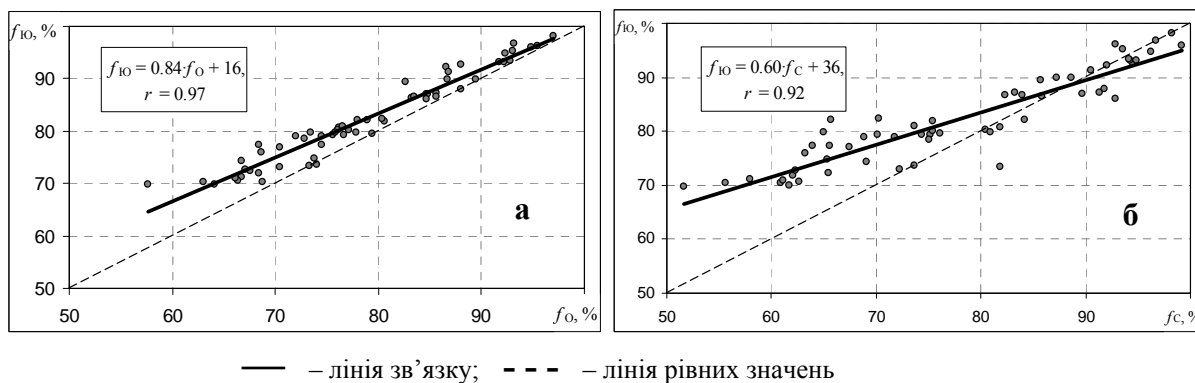


Рис. 7 – Зв'язок середньомісячних значень відносної вологості повітря, %, на метеостанціях «Южне», $f_{ю}$, і «Одеса», $f_{о}$, (а) та «Южне», $f_{ю}$, і «Сербка», $f_{с}$, за період з січня 1984 р. по грудень 1988 р. [2]

З рис. 7 видно, що відносна вологість повітря на м./ст. «Южне» завжди дещо вища відносної вологості повітря на м./ст. «Одеса» (рис. 7, а), але зв'язок між ними є однозначний і тісний (коефіцієнт кореляції $r = 0,97$, середньоквадратичне відхилення $\sigma_f = 2,5$ %, середньоарифметичне та мінімальне відхилення розрахованих значень відносно вимірних дорівнює 0 %, максимальне становить мінус 7,5 %) [2]. Однак, відносна вологість повітря на м./ст. «Сербка» (рис. 7, б) в діапазоні від 50 до 80 % дещо менша відносної вологості повітря на м./ст. «Южне», а в діапазоні від 80 до 100 % – коливається відносно лінії рівних значень. Зв'язок між значеннями відносної вологості повітря на метеостанціях «Сербка» та «Южне» існує, але він є не таким тісним і однозначним, як зв'язок між значеннями вологості повітря на метеостанціях «Южне» і «Одеса» (коефіцієнт кореляції $r = 0,92$, середньоквадратичне відхилення $\sigma_f = 7,4$ %, середньоарифметичне відхилення розрахованих значень відносно вимірних 5,4 %, мінімальне – мінус 4,0 %; максимальне – 16,0 %; кількість розрахункових значень з відхиленням 10 % і більше становить 14 випадків з 59, тобто майже 24 %) [2]. Такий зв'язок між значеннями вологості повітря на метеостанціях «Южне» і «Сербка» може бути пояснений тим, що м./ст. «Сербка» знаходиться на значній відстані від узбережжя Чорного моря (51 км) та Тилігульського лиману (18 км) і характеризує вологість повітря більш засушливого степового клімату, а не вологість повітря над великими водоймами (Одеська затока Чорного моря, Тилігульський та Григорівський лимани) та на їх узбережжі, де знаходяться метеостанції «Южне» і «Одеса». З урахуванням цього, для розрахунку випаровування з водної поверхні в районі Тилігульського лиману за період з 1976 по 2013 рр. обраний зв'язок відносної вологості повітря, встановлений за даними метеостанцій «Южне», $f_{Ю}$, %, та «Одеса», $f_{О}$, %.

Для уточнення розрахунку відносної вологості повітря та випаровування з водної поверхні на м./ст. «Южне» використані зв'язки між значеннями відносної вологості повітря на метеостанціях «Южне» і «Одеса», встановлених для окремих місяців року за період з січня 1984 р. по грудень 1988 р. (табл. 1).

Таблиця 1 – Рівняння зв'язків між значеннями відносної вологості повітря на метеостанціях «Южне», $f_{Ю}$, %, та «Одеса», $f_{О}$, %, коефіцієнтів кореляції між ними, r , та середньоквадратичних відхилень, σ_f , %, для окремих місяців року, за період з січня 1984 р. по грудень 1988 р. [2]

Місяці	Рівняння зв'язку	r	σ_f	Місяці	Рівняння зв'язку	r	σ_f
I	$f_{Ю, I} = 0,57 \cdot f_{О, I} + 42,1$	0,93	1,2	VII	$f_{Ю, VII} = 1,17 \cdot f_{О, VII} - 4,9$	0,94	1,5
II	$f_{Ю, II} = 1,07 \cdot f_{О, II} - 5,3$	0,97	0,9	VIII	$f_{Ю, VIII} = 0,42 \cdot f_{О, VIII} + 43,8$	0,84	1,0
III	$f_{Ю, III} = 0,88 \cdot f_{О, III} + 12,5$	0,98	1,1	IX	$f_{Ю, IX} = 0,56 \cdot f_{О, IX} + 35,7$	0,82	2,9
IV	$f_{Ю, IV} = 0,78 \cdot f_{О, IV} + 21,1$	0,51	2,8	X	$f_{Ю, X} = 1,01 \cdot f_{О, X} + 0,3$	0,94	1,9
V	$f_{Ю, V} = 0,57 \cdot f_{О, V} + 36,8$	0,99	0,7	XI	$f_{Ю, XI} = 0,72 \cdot f_{О, XI} + 25,9$	0,98	1,1
VI	$f_{Ю, VI} = 1,13 \cdot f_{О, VI} - 6,3$	0,96	1,7	XII	$f_{Ю, XII} = 1,68 \cdot f_{О, XII} - 54,3$	0,92	1,5

Цей метод розрахунку випаровування з водної поверхні було використано в роботі [2] при моделюванні водно-сольового балансу Тилігульського лиману за період з січня 1953 р. по грудень 2012 р. Узагальнені результати розрахунків випаровування з водної поверхні в районі Тилігульського лиману [2] представлені в табл. 2.

З табл. 2 видно, що середній за рік шар випаровування з водної поверхні в районі Тилігульського лиману (м./ст. «Южне», $E_{Ю}$, мм) в період з 1976 по 2012 рр. дорівнював 665,2 мм, найбільший – 844,0 мм (в маловодному 2007 р.), найменший – 482,8 мм (в багатоводному 1980 р.). Найбільший шар випаровування за місяць – 170,1 мм, визначений в липні 1994 р.

Таблиця 2 – Узагальнені величини випаровування з водної поверхні в районі Тилігульського лиману (м./ст. «Южне», $E_{Ю}$, мм), розраховані за період з 1976 по 2012 рр.

Значення	Місяці року												За рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Середнє	0,8	10,8	20,8	41,3	74,5	109,6	123,8	125,6	86,2	52,0	15,8	4,0	665,2
Найбільше	14,5	40,7	71,3	79,6	103,6	158,2	170,1	151,2	110,0	75,8	36,5	29,3	844,0
Найменше	0,0	0,0	0,0	25,6	46,9	81,8	90,7	107,3	62,8	39,9	2,5	0,0	482,8

В продовж року шари випаровування поступово збільшувалися з 0,8 мм – в січні, до 125,6 мм – в серпні, а потім також поступово зменшувалися до 4,0 мм – в грудні. Таким чином, за результатами розрахунків встановлено, що середній річний шар випаровування з водної поверхні в районі Тилігульського лиману (м./ст. «Южне») на 118 мм менший відносно виміряного з водної поверхні випаровувального басейну на м./ст. «Болград» [3], на 185 мм – відносно значення з карти норм випаровування в [7], на 99 мм – відносно розрахованого в [4] та на 160 мм – відносно використаного в [5].

За результатами розрахунків також встановлено, що річні шари випаровування з водної поверхні (рис. 8) в районі Тилігульського лиману (м./ст. «Южне») в середньому перевищують річні шари атмосферних опадів на 262 мм. Найбільше перевищення дорівнює 551 мм (в 1983 р.), найменше – 42,5 мм (в 2010 р.).

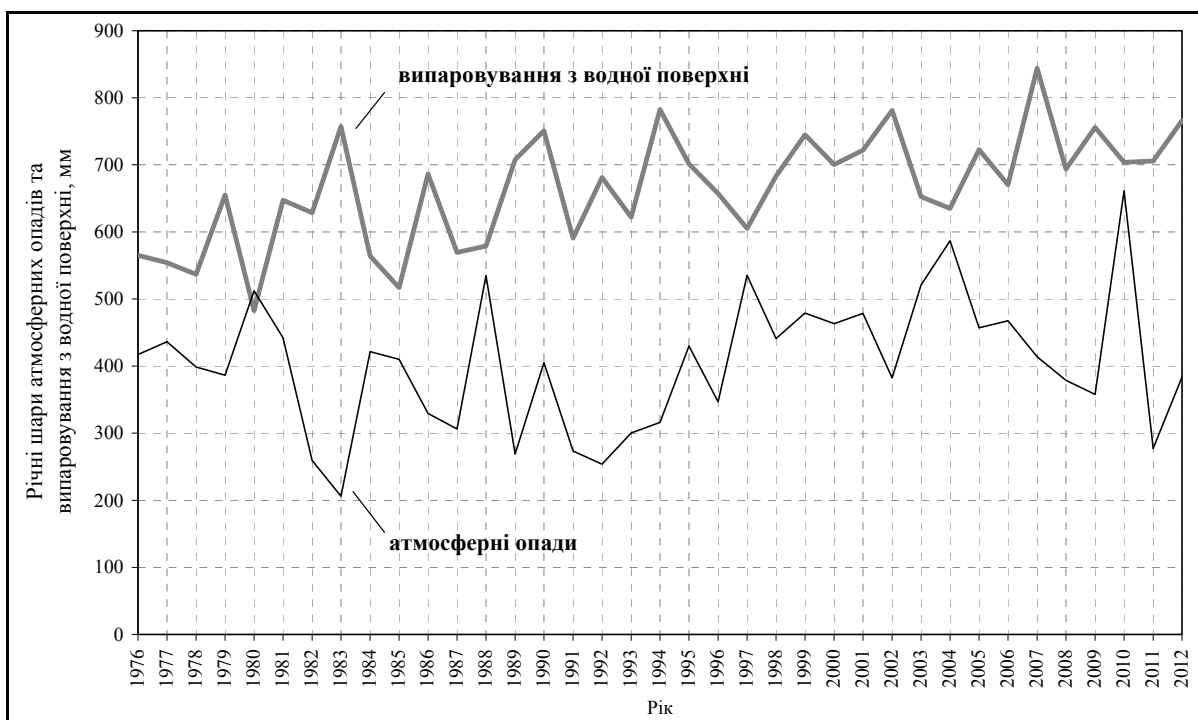


Рис. 8 – Мінливість річних шарів атмосферних опадів та випаровування з водної поверхні в районі Тилігульського лиману (м./ст. «Южне»), за період з 1976 по 2012 рр.

З рис. 8 видно, що за період з 1976 по 2012 рр. лише в багатоводному 1980 р. річний шар атмосферних опадів на 29,4 мм перевищував шар випаровування з водної поверхні, а в інші роки – випаровування перевищує опади.

За результатами роботи [2] також встановлено, що за рахунок атмосферних опадів, стоку річок та випаровування з водної поверхні прирощення рівня води в лимані за період з 1958 по 2012 рр. дорівнює майже мінус 4,8 м (рис. 9).

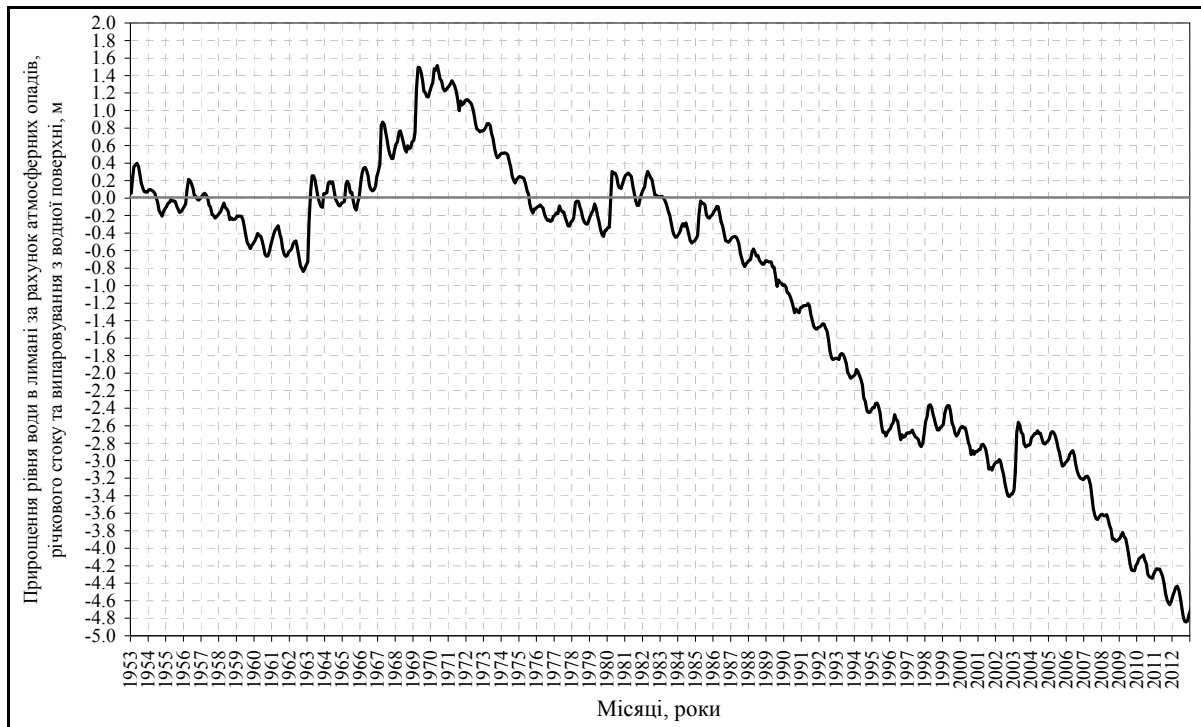


Рис. 9 – Сумарне природження рівня води Тилігульського лиману за рахунок атмосферних опадів, припливу води з водорозбірного басейну лиману та випаровування з водної поверхні, за період з 1953 по 2012 рр. [2]

Таким чином, встановлено, що при відсутності водообміну з морем через штучний з'єднувальний канал «лимани-море», за рахунок значного перевищення об'ємів випаровування з водної поверхні лиману над сумарними об'ємами атмосферних опадів і річкового стоку з басейну водойми, рівень води Тилігульського лиману в кінці 2012 р. приблизно дорівнював би відмітці мінус 6,2 м БС, тобто був би майже однаковим з рівнем води Куяльницького лиману [1, 2, 10].

Висновки і перспективи подальших розвідок у даному напрямку. В роботі обґрунтовано метод розрахунку щомісячних шарів випаровування з водної поверхні Тилігульського лиману за даними про середньомісячні значення температури та відносної вологості повітря в районі м./ст. «Южне». З використанням визначених за період з 1976 по 2012 рр. щомісячних шарів випаровування розраховані та оцінені щорічні, середні багаторічні, найбільші та найменші шари випаровування з водної поверхні в районі Тилігульського лиману. Встановлено, що в середньому річний шар випаровування дорівнює 665 мм та перевищує шар атмосферних опадів на 262 мм.

При порівнянні випаровування з складовими прихідної частини водного балансу лиману, визначено, що за рахунок атмосферних опадів, стоку річок та випаровування з водної поверхні природження рівня води в лимані за період з 1958 по 2012 рр. дорівнює майже мінус 4,8 м. Отже, при відсутності водообміну з морем через штучний з'єднувальний канал відмітка рівня води Тилігульського лиману в кінці 2012 р. приблизно дорівнювала б мінус 6,2 м БС, тобто була б майже однаковою з відміткою рівня води Куяльницького лиману.

Результати та висновки, що отримані в даній роботі, можуть бути використані не тільки при моделюванні водно-сольового балансу лиману, але й при науковому обґрунтуванні та реалізації заходів, спрямованих на підтримання оптимальних (для забезпечення екологічного стану) рівнів і солоності води Тилігульського лиману в майбутньому.

Список літератури

1. *Актуальні проблеми лиманів північно-західного Причорномор'я*: Монографія / За ред. Ю.С. Тучковенко, Є.Д. Гопченка. – Одеса: ТЕС, 2012. – 224 с.
2. *Комплексне управління водними ресурсами Тилигульського лиману та його гідроекологічним станом в умовах антропогенного впливу і кліматичних змін*: Звіт з НДР (науковий керівник: Ю.С. Тучковенко). Од. держ. еколог. ун-т. – Одеса, 2013. – 279 с.
3. *Ресурсы поверхностных вод СССР. Западная Украина и Молдавия*. – Т. 6. – Вып. 1. – Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 714 с.
4. *Розенгурт М.Ш.* Гидрология и перспективы реконструкции природных ресурсов Одесских лиманов. – К.: Наук. думка, 1974. – 225 с.
5. *Тимченко В.М.* Эколого-гидрологические исследования водоемов Северо-Западного Причерноморья. – К.: Наук. думка, 1990. – 240 с.
6. *Оцінка та розрахунок гідравліко-морфометричних характеристик водообміну в системі «Тилигульський лиман ↔ Чорне море» для розробки рекомендацій по збереженню природних ресурсів лиману*: Звіт з НДР (науковий керівник: Н.С. Лобода). Од. держ. еколог. ун-т. – Одеса, 2010. – 178 с.
7. *Каганер М.С., Дюкель Н.Г.* Испарение с водной поверхности на территории Украины и Молдавии // Тр. УКРНИИГМИ. – 1966. – Вып. 64. – С. 155-180.
8. *Константинов А.Р.* Испарение в природе. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 532 с.
9. *Стан гідрографічної мережі річки Великий Куяльник в умовах водогосподарських перетворень на її водозбірному басейні*: Звіт з НДР науковий керівник: Є.Д. Гопченко). Од. держ. екол. ун-т. – Одеса, 2011. – 165 с.
10. *Оцінка можливих змін гідроекологічного режиму Куяльницького лиману під впливом глобальних кліматичних змін*: Звіт з НДР (науковий керівник: Н.С. Лобода). Од. держ. екол. ун-т. – Одеса, 2012. – 147 с.
11. *Иванов Н.Н.* Ландшафтно-климатические зоны земного шара // Зап. Всесоюз. географ. общ-ва: нов. сер. – 1948. – Т. 1. – 223 с.
12. *Таблиця прибрежних гидрометеорологических наблюдений ТГМ-1 (с 01.01.1980 г. по 31.12.2012 г.)*. Пост Южный (код поста: 98091). – Одесса: ГМЦ ЧАМ, 1980-2012.

Оценка испарения с водной поверхности в районе Тилигульского лимана

Гриб О.Н.

Обосновано метод расчёта ежемесячных слоёв испарения с водной поверхности Тилигульского лимана с использованием среднемесячных значений температур и относительной влажности воздуха. Определены годовые, среднемультилетние, наибольшие и наименьшие слои испарения. Установлено, что среднемультилетний годовой слой испарения равен 665 мм и превышает слой атмосферных осадков на 262 мм. Определено, что за счёт атмосферных осадков, речного притока и испарения с водной поверхности приращение уровня воды в лимане за период с 1958 по 2012 гг. равно минус 4,8 м, то есть при отсутствии водообмена с морем через соединительный канал отметка уровня воды Тилигульского лимана в конце 2012 г. была бы равна минус 6,2 м БС.

Ключевые слова: испарение с водной поверхности, температура и относительная влажность воздуха.

Evaluation of evaporation from the water surface in an area Tyligulskyi liman

Grib O.

Substantiated method of calculating monthly of layers evaporation from the water surface Tyligulskyi liman using the monthly averages of temperature and relative humidity. Are defined annual, mean multiyear, maximum and minimum layers of evaporation. Found that the annual evaporation layer is 665 mm and the layer exceeds precipitation over 262 mm. Determined that due to precipitation, river inflow and evaporation from the water surface increment of water level in the liman during the period from 1958 to 2012 is minus 4,8 m, that is in the absence of water exchange with the sea through the connecting duct water level Tyligulskyi liman at the end of 2012 would be equal to minus 6,2 m BS.

Keywords: evaporation from the water surface, temperature and relative humidity of air.