

УДК 556.55

## СКЛАДОВІ ВОДНИХ БАЛАНСІВ ОЗЕРА КАТЛАБУХ

Є.Д. Гопченко<sup>1</sup>, д.геогр.н., проф.  
Ж.Р. Шакірманова<sup>1</sup>, д.геогр.н., проф.  
Ю.С. Медведєва<sup>2</sup>, к.геогр.н., доц.  
М.М. Бурукова<sup>1</sup>, магістр

<sup>1</sup> Одеський державний екологічний університет,  
вул. Львівська, 15, 65016 Одеса, Україна, [vstovnov@mail.ua](mailto:vstovnov@mail.ua)

<sup>2</sup> Одеська національна морська академія,  
вул. Дідріхсона, 8, 65029 Одеса, Україна

У статті надається аналіз фізико – географічних, морфометричних, гідрологічних, гідротехнічних характеристик озера Катлабух, а також річок, які його живлять; розраховані та проаналізовані складові водних балансів оз. Катлабух за 2007–2014 рр.

Авторами встановлено, що приходну частину водних балансів у найбільшій мірі визначають опади на водну поверхню озера і надходження води з р. Дунай самопливним шляхом. У витратній частині водних балансів найбільший відсоток становить випаровування. Величини нев'язок водних балансів знаходяться в межах точності вихідної інформації.

**Ключові слова:** водний баланс, опади, випаровування, інфільтрація, нев'язки, бічний приплив, ґрунтове живлення.

## 1. ВСТУП

Озеро Катлабух є одним з найбільших Придунайських заплавних озер, які розташовані в Одеській області. Головним джерелом водообміну та водооновлення озера є р. Дунай [1].

У перший період функціонування Придунайських озер, як зарегульованих водоймищ, якість води в них підтримувалася на задовільному рівні. Водооновлення відбувалося за рахунок забору значних об'ємів води на зрошення та підтримки рівнів за допомогою підкачки маломінералізованих дунайських вод.

В останні десятиріччя через скорочення масштабів зрошення земель забори води з водосховища Катлабух значно зменшились, а підкачки води з р. Дунай взагалі припинились. Це призвело до погіршення якості води. Зокрема, мінералізація в оз. Катлабух в останні роки сягає 2,0 – 2,5 г/дм<sup>3</sup>, що у 2 – 2,5 рази перевищує допустимі норми для питної та зрошувальної води.

У зв'язку з погіршенням якості води в озері Катлабух актуальним є дослідження водного і сольового балансів озера з метою раціонального використання його водних ресурсів.

Робота входить складовою частиною у науково-дослідну тематику кафедри гідрології суші ОДЕКУ «Розрахункові характеристики гідрологічного режиму річок України» (№ДР0113U005797, 2012-2017 рр.).

Проблематика роботи пов'язана з науково-методичним обґрунтуванням підходів до оцінки водних балансів водойм при дослідженнях їх гідрологічного і експлуатаційного режимів, а також формулюванням практичних рекомендацій щодо розрахунку складових цих балансів в умовах обмеженості гідрометеорологічної інформації в регіоні. Саме в таких умовах виникають труднощі при визначенні окремих складових водних балансів, що обмежує можливості оптимізації управлінських рішень щодо подальшого господарського використання водойм.

Головна мета дослідження полягає у визначенні складових водного режиму озера Катлабух в умовах практичної відсутності даних стокових спостережень в його басейні. Задачі дослідження пов'язані з оцінкою нев'язок водних балансів озера в умовах періодичності водообміну з річковими водами Дунаю та заборами води озера на зрошення.

Об'єктом дослідження є озеро Катлабух, малі річки, які впадають в озеро, р. Дунай, що є головним джерелом водообміну водойми. Предметом дослідження є водний баланс озера Катлабух.

## 2. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Одним з основоположних наукових підходів при дослідженнях гідрологічного режиму водосховищ, озер і ставків, відомим в літературі

є метод водного балансу [2-4]. Рівняння водного балансу дають можливість докладно вивчити та зіставити між собою складові приходної та витратної частин водних балансів.

При оцінці водних балансів водоймищ виникають труднощі щодо визначення невимірюваних їх складових та припливу води до них. Відносно останнього це особливо стосується добового припливу, що обумовлено скороченням існуючої раніше системи гідрометричних спостережень, з одного боку, а з іншого - недостатнім й несвоєчасним проведенням цих спостережень в межах самих водоймищ. Визначення з потрібною точністю добового припливу води до водоймищ потребує значно більш розвиненої гідрометричної мережі, а також додаткових гідрометеорологічних спостережень на самих водоймищах (рівні води, опади, випаровування), необхідних для воднобалансових розрахунків.

Враховуючи специфіку водоймищ озера типу, розрізняють декілька понять припливу води. В першу чергу це природний приплив - загальний об'єм води, що надходить до водоймища і корисний приплив - сума природного припливу з опадами, що випали на дзеркало водоймища, за усуненням втрат води на випаровування та фільтрацію [2].

Визначення припливу води до водоймища у заданий проміжок часу користуючись рівнянням водного балансу водосховища дає можливість безпосередньо оцінити корисний приплив. Для того щоб перейти від нього до природного припливу, необхідні додаткові розрахунки втрат води.

При аналізі наявних матеріалів спостережень і при розрахунках водних балансів використовуються статистичні методи [5]. При визначенні невідомих складових водних балансів зазвичай використовуються методи гідрологічної аналогії та діючі нормативні документи [6]. При цьому в роботі використані дещо інші способи визначення окремих складових водних балансів для озера Катлабух.

### 3. ОПИС ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Озеро Катлабух відноситься до групи річкових заплавлених озер Придунайського регіону. Територія, що вивчається, відноситься до степової і південної частини правобережної лісостепової зон. Клімат території характеризується сукупністю помірно континентального із середземноморським з

недостатнім зволоженням, короткою м'якою зимою і тривалим жарким літом.

Озеро Катлабух розташоване між озерами Ялпуг і Китай в 10 км в північно – східному напрямку від м. Ізмаїл. Воно з'єднано з р. Дунай каналом Желявський та через каскад – канал «Суспільний».

Невеликі степові річки Великий та Малий Катлабух, Ташбунар та Єніка, які живлять озеро Катлабух, маловодні і пересихають в межінь. Річка Єніка має довжину 40 км, площу водозбору – 243 км<sup>2</sup>. Протяжність річки Великий Катлабух становить 49 км, площа водозбору – 536 км<sup>2</sup>. Довжина Ташбунару дорівнює 40 км, площа водозбору – 281 км<sup>2</sup> [1].

Для розрахунку водних балансів озера Катлабух були використані такі вихідні гідрометеорологічні дані:

- щоденні рівні води в озері;
- дані по опадах та випаровуванню, які вимірювались на м/ст Ізмаїл та м/ст Болград відповідно;
- об'єми води та площі водного дзеркала водойми (за даними батиметричної зйомки 2001 р.);
- загальні площі водозборів річок, які впадають в озеро;
- надходження ґрунтових вод (визначалось за даними інтегрованого моніторингу в рамках проекту Tacis – 2001 р.);
- забори води з озера на комунально-побутове та інші види користування (одержані від Одеського Обласного управління водних ресурсів).

Деякі величини, за якими спостереження не відбуваються чи не є регулярними, визначались за існуючими методиками [5].

## 4. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 4.1 Розрахунок приходних складових рівнянь водних балансів

Рівняння водного балансу для приходної  $(\sum V_i)_{np}$  частини має вигляд (млн.м<sup>3</sup>)

$$(\sum V_i)_{np} = V_{Pi} + V_{ri} + V_{bi} + V_{gi} + V_{dri} + V_{Di} \quad (1)$$

де  $V_{Pi}$  – атмосферні опади;  $V_{ri}$  – річковий стік;  $V_{bi}$  – бічний приплив;  $V_{gi}$  – приплив ґрунтових вод;  $V_{dri}$  – надходження дренажних і

комунально-побутових вод;  $V_{Di}$  – стік р. Дунай;  $i$  – розрахунковий місяць.

**Об'єми надходження води з опадами.** Для розрахунку водних балансів у роботі використані дані по опадах, які вимірювались на м/ст Ізмаїл. За матеріалами спостережень в період з 1949 по 2014 рр., використовуючи ранжирування річних сум опадів за убубанням, були розраховані їх забезпеченості та побудована крива забезпеченості опадів

$$P_P = m / (n + 1) \cdot 100\%, \quad (2)$$

де  $m$  – порядковий номер членів спадного ряду;  $n$  – загальна тривалість ряду (для м/ст Ізмаїл  $n = 66$ ).

Об'єми надходження атмосферних опадів розраховувалися шляхом перемноження площі водного дзеркала на кількість опадів, які надходили на поверхню озера (для розрахункового місяця)

$$V_P = P \cdot F_{\partial z} / 10^3, \quad (3)$$

де  $P$  – кількість опадів по м/с Ізмаїл, мм;  $F_{\partial z}$  – площа водного дзеркала ( $\text{км}^2$ ), яка відповідає середньомісячному рівню води в озері  $H_{сер}$  (мБС).

**Визначення річного стоку.** Басейн оз. Катлабух знаходиться у межах межиріччя рр. Дунай – Дністер. Річкова мережа представлена невеликими річками, гідрологічний режим яких цілком визначається місцевими фізико – географічними умовами. Загальна площа водозбору річок, які впадають в оз. Катлабух (р. Катлабух, р. Ташбунар, р. Єніка), становить  $1060 \text{ км}^2$  [1].

На жаль, систематичні спостереження за стоком малих річок не відбуваються. Тому у роботі при розрахунку надходження до водойми поверхневого стоку ( $V_r$ ) використані карти середнього річного стоку річок (у модулях  $\bar{q}$ ,  $\text{дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$ ) та коефіцієнтів варіації  $C_v$ , побудовані в масштабі 1:10000000. Карти наводяться у нормативному документі СНіП 2.01.14 – 83 [6].

Середні багаторічні значення стоку за картами устанавлюються для геометричних центрів водозборів шляхом лінійної інтерполяції між ізолініями стоку. Для водозборів річок Катлабух, Ташбунар, Єніка модуль стоку  $\bar{q}$

становить  $0,75 \text{ дм}^3/(\text{с} \cdot \text{км}^2)$ , коефіцієнт варіації  $C_v = 0,85$ , співвідношення  $C_s / C_v = 2,0$ .

При цьому прийнято до уваги, що територія півдня України вивчена недостатньо у гідрологічному відношенні, тому ізолінії стоку на картах, представлених у [6], проведені не зовсім обґрунтовано. У роботі розглянуто дещо інший варіант.

На кафедрі гідрології суші ОДЕКУ Є.Д. Гопченком та Н.С. Лободою [7] розроблена методика визначення природного річного стоку річок північно – західного Причорномор'я. Вона заснована на визначенні кліматичного стоку річок, розрахованого за метеорологічними даними та з урахуванням антропогенної діяльності і впливу місцевих азональних факторів. Розраховані норми кліматичного стоку картовані [7].

За цієї картою норма річного кліматичного стоку  $\bar{Y}_K$  річок Катлабух, Ташбунар, Єніка становить 20 мм.

Для врахування впливу місцевих азональних факторів в [7] обґрунтовані коефіцієнти переходу від кліматичного стоку ( $\bar{Y}_K$ ) до природного ( $\bar{Y}_{ПП}$ )

$$K = \bar{Y}_{ПП} / \bar{Y}_K \quad (4)$$

Запропонована Є.Д. Гопченком та Н.С. Лободою залежність перехідних коефіцієнтів  $K$  від середньої висоти водозборів  $H_{сер}$  має наступний вигляд [7]:

$$K = 1 - 0,003(280 - H_{сер}), \text{ при } H_{сер} < 280 \text{ м}, \quad (5)$$

$$K = 1 \text{ при } H_{сер} \geq 280 \text{ м}, \quad (6)$$

де  $H_{сер}$  – середня висота водозборів, м БС.

Середня висота водозбору річок Катлабух, Ташбунар, Єніка становить 90 м БС, 76 м БС та 87 м БС, відповідно [7]. Таким чином, для р. Катлабух  $K = 0,43$ , для р. Ташбунар – 0,39, а для р. Єніка – 0,42. В залежності від площ водозборів трьох річок перехідний коефіцієнт  $K$  прийнятий на рівні 0,42.

При  $\bar{Y}_K = 20 \text{ мм}$  і перехідному коефіцієнті  $K = 0,42$  норма природного стоку  $\bar{Y}_{ПП}$  річок Катлабух, Ташбунар, Єніка із загальною площею водозбору  $1060 \text{ км}^2$  становить 8,40 мм.

При відомій нормі шару стоку  $\bar{Y}_{ПП} = 8,40 \text{ мм}$

можливо розрахувати і модуль стоку  $\bar{q}$ ,  $\text{дм}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$

$$\bar{q} = \bar{Y}_{PP} / 31,54. \quad (7)$$

Таким чином, за регіональною методикою [7] для річок басейну озера норма стоку  $\bar{q} = 0,27 \text{ дм}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$ , коефіцієнт варіації  $C_v = 0,99$ , співвідношення  $C_s / C_v = 1,7$ .

Річний стік, що надходить в озеро визначався як витрати води у межах розглядуваної території, тобто

$$\bar{Q} = \bar{q} \cdot F / 10^3, \quad (8)$$

де  $\bar{Q}$  – середньобогаторічна річна витрата води,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $\bar{q}$  – середньобогаторічний модуль річного стоку,  $\text{дм}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$ ;  $F$  – площі водозборів річок, які впадають в озеро,  $\text{км}^2$ .

Річний стік  $Q_r$  з площі водозборів малих річок визначався з урахуванням забезпеченості року за формулою

$$Q_r = k_p \cdot \bar{Q}, \quad (9)$$

де  $k_p$  – коефіцієнт, що враховує забезпеченість року ймовірністю  $P\%$ .

Вважалось, що забезпеченість річного стоку відповідає забезпеченості річних опадів.

Об'єм річного стоку невеликих річок  $V_r$  (млн.м<sup>3</sup>) розраховувався за формулою

$$V_r = Q_r \cdot 86400 \cdot 365 / 10^6, \quad (10)$$

де  $Q_r$  – річний стік з площ водозборів річок басейну оз. Катлабух; 86400 – кількість секунд в одній добі; 365 – кількість днів у році.

Об'єми річного стоку в басейні оз. Катлабух різної забезпеченості представлені в табл. 1.

**Бічний приплив поверхневих вод.** Бічний приплив поверхневих вод з прилеглої до озера території визначався за співвідношенням між  $V_r$  і  $V_b$ , яке було прийнято за даними проекту Тасіс – 2001 [4]

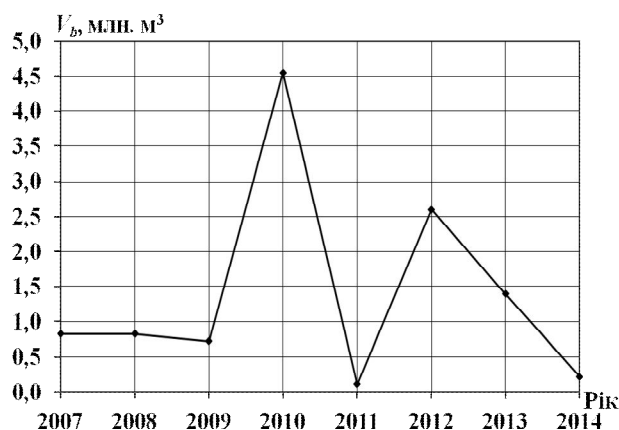
$$V_b = 0,23 \cdot V_r, \quad (11)$$

де  $V_b$  – бічний приплив, млн.м<sup>3</sup>;  $V_r$  – річковий річний стік, млн.м<sup>3</sup>.

**Таблиця 1** – Об'єми річного стоку в басейні оз. Катлабух різної забезпеченості ( $C_v = 1,0$ ;  $C_s / C_v = 2,0$ ;  $\bar{q} = 0,27 \text{ дм}^3/(\text{с}\cdot\text{км}^2)$ ;  $F = 1060 \text{ км}^2$ )

Роки	$P_p, \%$	$k_p$	$Q_r, \text{М}^3/\text{с}$	$V_r, \text{млн. М}^3$
2007	68	0,39	0,11	3,57
2008	68	0,39	0,11	3,57
2009	71	0,34	0,10	3,11
2010	12	2,16	0,63	19,8
2011	95	0,05	0,02	0,47
2012	29	1,24	0,36	11,3
2013	52	0,66	0,19	6,04
2014	90	0,11	0,03	0,96

Результати розрахунків об'єму бічного припливу вод до оз. Катлабух представлені на рис. 1.



**Рис. 1** – Часовий хід бічного припливу поверхневих вод до оз. Катлабух

**Приплив ґрунтових вод.** Надходження до водойми ґрунтових вод розраховувалось за формулою А.М. Бефані [8]

$$Y_{zp} = U_0 \text{th} \left[ a_2 \varepsilon \sqrt{\frac{F}{F_1 k_p}} - 1 \right], \quad (12)$$

де  $Y_{zp}$  – шар стоку ґрунтового припливу води;  $U_0$  – норма інфільтрації, яка за даними В.Г. Сорокіна [9] для Придунайського регіону становить 2,5 мм;  $a_2$  – гідрогеологічний параметр, числове значення якого можна прийняти на рівні 0,20;  $\varepsilon$  – параметр, який визначає інтенсивність дренавання водоносних горизонтів і складає він 0,25;  $F$  – площа

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

Річна величина надходження ґрунтових вод до оз. Катлабух становить 1,66 млн.м<sup>3</sup>.

Типова схема припливу ґрунтових вод по місяцях прийнята за методикою, що запропонована в [10] при узагальненні даних розчленування гідрографів невеликих річок Причорноморської низовини.

**Надходження дренажних і комунально – побутових вод.** Приплив дренажних вод (у тому числі й комунально – побутових зворотних вод) взято за нормативом Одеського Облводресурсів

$$V_{dr} = 0,2 \cdot V_z, \quad (13)$$

де  $V_z$  – забір води на зрошення (разом з іншими видами водокористування), млн.м<sup>3</sup>.

#### 4.2 Розрахунок витратних складових рівнянь водних балансів

Рівняння водного балансу для витратної частини  $(\sum V_i)_{випр}$  має вигляд (млн.м<sup>3</sup>)

$$(\sum V_i)_{випр} = V_{Ei} + V_{tri} + V_{fi} + V_{zi} + V_{Di}' + V_{Ozi}, \quad (14)$$

де  $V_{Ei}$  – об'єм випаровування з водної поверхні;  $V_{tri}$  – об'єм транспірації водною рослинністю;  $V_{fi}$  – об'єм фільтрації у береги;  $V_{zi}$  – сумарний забір води з озера;  $V_{Di}'$  – скиди води у р. Дунай;  $V_{Ozi}$  – підтримка рівнів системи озер Лунг – Саф'ян;  $i$  – розрахунковий місяць.

**Випаровування з водної поверхні озера.** Для озера Катлабух випаровування з його водної поверхні визначалося за даними спостережень по м/ст Болград (за період з 2007 року по 2010 рік). У зв'язку з поломкою приладу для вимірювання випаровування з водної поверхні на м/ст Болград, його величину за період з 2011 р. по 2014 р. визначено за існуючими опосередкованими методиками. Для визначення випаровування з водної поверхні обрано метод А.М. Бефані (в [11]).

Об'єм випаровування з водної поверхні (млн.м<sup>3</sup>) розраховувався шляхом перемноження площі водного дзеркала на шар випаровування з поверхні озера для розрахункового місяця

$$V_E = E \cdot F_{\partial z} / 10^3, \quad (15)$$

де  $E$  – шар місячного випаровування, мм;  $F_{\partial z}$  – площа водного дзеркала (км<sup>2</sup>), яка відповідає середньомісячному рівню води в озері  $H_{сер}$  (м БС).

Об'єми випаровування з оз. Катлабух за період з 2007 по 2014 рр. наведені на рис. 2.

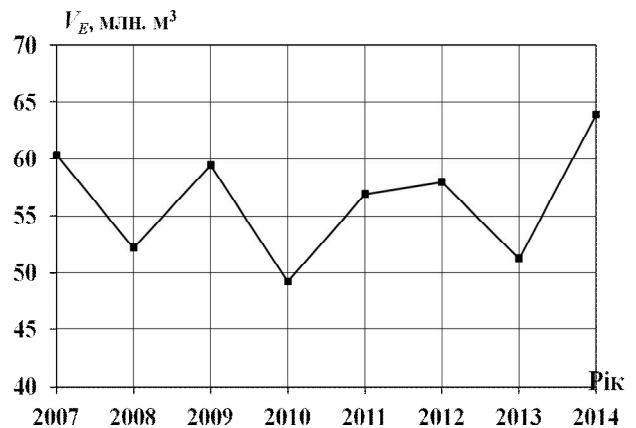


Рис. 2 – Часовий хід річних об'ємів випаровування з водної поверхні оз. Катлабух

**Транспірація водною рослинністю.** Транспірацію водною рослинністю прийнято розраховувати за допомогою перехідних коефіцієнтів в залежності від заростання водойми [12]. Оцінка коефіцієнтів взята для площі заростей озера водною рослинністю 30 % і дорівнює 1,14.

**Фільтрація води в береги.** При розрахунку фільтрації були використані дані по системі озер Ялпуг – Кугурлуй [3]. При відомих початкових рівнях води в озері  $H_1$  і  $H_2$  і середній місячній величині фільтрації (0,55 млн.м<sup>3</sup> за місяць) нескладно розподілити її пропорційно величинам середньомісячних рівнів води в озері  $H_{сер}$ .

В  $i$ -му місяці

$$(V_f)_i = 2,4 \cdot (k_f)_i, \quad (16)$$

де  $(k_f)_i$  – перехідний коефіцієнт для розрахунку фільтрації, який дорівнює:

$$(k_f)_i = H_{серi} / H^*, \quad (17)$$

$H^*$  – середній річний рівень води в озері,  $i$

– розрахунковий місяць.

**Забір води на комунально-побутове використання і зрошування.** Зрошування – найбільш водоемний споживач, особливо в посушливих умовах півдня України. Зрошувальні норми диференційовані за кліматичними умовами території України і становлять в середньому для Одеської області 4000 м<sup>3</sup>/га. Експлуатаційний режим зрошування визначається потребою рослин у воді в кожен конкретний рік або в період з урахуванням господарських і природних умов цього року.

Дані заборів води з озер на комунально-побутове та інші види користування, які приймалися при розрахунках витратної частини водних балансів, одержані від Одеського Обласного управління водних ресурсів.

Об'єми води, що витрачаються на зрошення та комунально – побутові потреби, залежать від кліматичних умов та водності року. Об'єми заборів представлені на рис. 3.

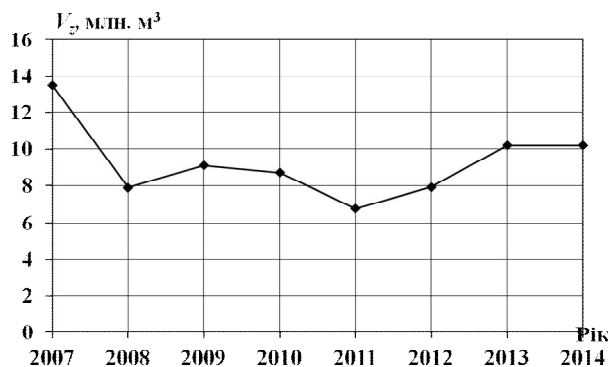


Рис. 3 – Часовий хід річних об'ємів води, що витрачаються на зрошення та комунально – побутові потреби з оз. Катлабух

**Надходження води до оз. Катлабух зі стоком р. Дунай та скиди води із озера.** Безпосередніх даних про об'єми води, що надходили з р. Дунай та скидів води до неї, а також об'ємів скидів води влітку із оз. Катлабух до системи Лунг – Саф'ян немає, тому вони були обчислені зворотнім шляхом з рівняння водного балансу. В цьому випадку ці величини включали і нев'язку у місяці, коли відкриті шлюзи (весною для наповнення озер та восени – для скидів води в р. Дунай).

Розраховані об'єми води, що надходять з р. Дунай до оз. Катлабух за період з 2007 по 2014 рр., наведені на рис. 4.

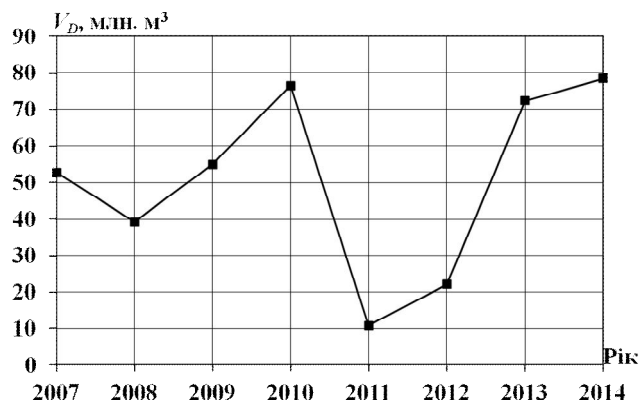


Рис. 4 – Надходження води з р. Дунай до оз. Катлабух за період з 2007 по 2014 рр.

## 5. НЕВ'ЯЗКИ ВОДНИХ БАЛАНСІВ

Одним з ключових питань є точність розв'язання балансових рівнянь, оскільки не всі складові приходної і витратної частин підпадають безпосередньому вимірюванню. Наприклад, провідні складові скидів в р. Дунай та наповнення озера водами Дунаю не підлягають вимірюванню, тому для оцінки нев'язок застосована така методика: коли шлюзи відкриті (весною та восени), то дунайська вода визначається оберненим шляхом разом з нев'язками. Але в літній період, як правило, червень – вересень, коли шлюзи закриті, є можливість оцінити безпосередньо і розміри нев'язок.

Нев'язки водних балансів визначались таким чином

$$\Delta V_{Hi} = \sum_{np} V_i - \sum_{vitr} V_i + \Delta W_i, \quad (18)$$

де  $\Delta V_{Hi}$  – нев'язка водного балансу;

$\sum_{np} V_i$  – приходна частина водного балансу;

$\sum_{vitr} V_i$  – витратна частина водного балансу;

$\Delta W_i$  – зміна об'єму води в озері за розрахунковий період.

Отримані величини нев'язок водних балансів за період з 2007 по 2014 рр. для озера Катлабух представлені на діаграмі (рис. 5).

З рис. 5 видно: в окремі місяці величини нев'язок водного балансу змінюються від 0,004 до 2,02 млн.м<sup>3</sup>, що у % становить 0,01 – 12,89 %, відповідно. Здійснено осереднення нев'язок (у %) для всіх місяців кожного року (2007 – 2014 рр.).

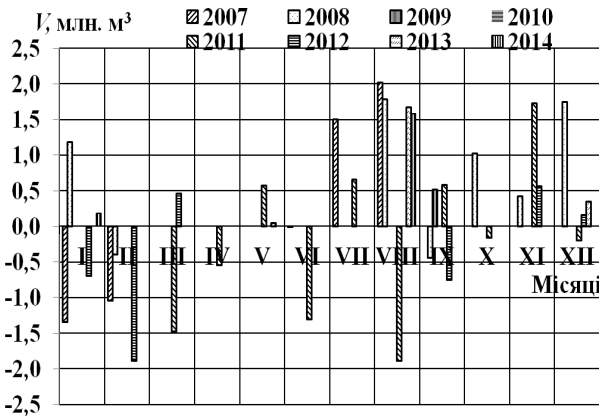


Рис. 5 – Статистично значущі нев'язки водних балансів оз. Катлабух

За сукупністю цих даних була розрахована середня нев'язка за період з 2007 по 2014 рр., яка становить 3,6%. На основі цих даних можна зробити наступний висновок: визначення складових, розрахованих зворотнім шляхом з рівняння водного балансу для озера Катлабух можна вважати достовірними, у тому числі й для об'єму скидів в р. Дунай.

**6. РЕЗУЛЬТАТИ**

Згідно з отриманими результатами (табл. 2 і рис. 6) приходну частину водних балансів за 2007 – 2014 рр. у найбільшій мірі визначають опади на водну поверхню озера (від 21 до 58%) і надходження води з р. Дунай самопливним шляхом (від 32 до 75%).

Таблиця 2 – Складові приходних частин водних балансів оз. Катлабух (у %)

Рік	$V_E$	$V_{tr}$	$V_f$	$V_z$	$V_{D'}$	$V_{oz}$
2007	69,4	2,91	7,6	15,5	0,00	4,59
2008	70,3	2,95	8,9	10,7	0,00	7,26
2009	60,1	2,52	6,7	9,22	10,6	10,8
2010	46,9	1,97	6,3	8,23	34,6	2,02
2011	73,5	3,09	8,6	8,87	0,00	5,92
2012	65,9	2,96	7,7	9,20	0,92	13,4
2013	56,2	2,49	7,2	11,1	18,6	4,33
2014	70,1	3,15	7,3	11,3	4,15	4,02

У витратній частині більшості водних балансів найбільший відсоток становить випаровування (від 47 до 74%), менше – скиди води до р. Дунай (до 35%), за виключенням 2007, 2008 і 2011 рр., коли зовсім не було скидів до р. Дунай (табл. 3, рис. 6). У літні місяці вода з оз. Катлабух використовується на підтримку рівнів системи озер Лунг – Саф'ян (8–16%).

Таблиця 3 – Складові витратних частин водних балансів оз. Катлабух (у %)

Рік	$V_p$	$V_r$	$V_b$	$V_g$	$V_{dr}$	$V_D$
2007	30,4	4,04	0,93	1,89	3,05	59,6
2008	36,8	4,82	1,11	2,25	2,14	52,9
2009	29,5	3,53	0,81	1,89	2,07	62,3
2010	27,9	13,7	3,14	1,15	1,20	52,9
2011	58,0	1,37	0,32	4,88	3,96	31,5
2012	46,6	15,4	3,53	2,26	2,15	30,1
2013	26,5	5,31	1,22	1,46	1,79	63,7
2014	20,7	0,91	0,21	1,59	1,93	74,6

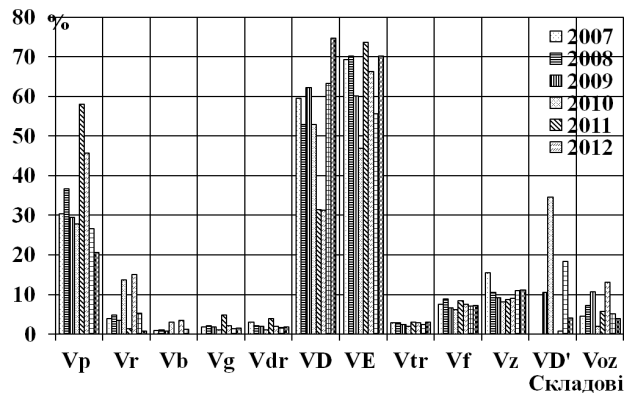


Рис. 6 – Складові частини водних балансів озера Катлабух (у %)

**7. ВИСНОВКИ**

Згідно з отриманими результатами, приходну частину водних балансів за 2007–2014 рр. у найбільшій мірі визначають опади на водну поверхню озера (від 21 до 58%) і надходження води з р. Дунай самопливним шляхом (від 32 до 75%). У витратній частині водних балансів найбільший відсоток становить випаровування (від 47 до 74%), менше – скиди води до р. Дунай (до 35%). У літні місяці вода з оз. Катлабух йде на підтримку рівнів системи озер Лунг – Саф'ян (8 – 16%).

Визначення складових, розрахованих зворотнім шляхом з рівняння водного балансу для озера Катлабух можна вважати достовірними, у тому числі й для об'єму скидів в р. Дунай.

Практичне значення одержаних в роботі результатів полягає в обґрунтуванні науково-методичної бази та визначенні складових водного балансу озера Катлабух, розрахунку нев'язок водних балансів.

Отримані результати рекомендуються для використання у практичній діяльності підрозділів Одеського Обласного управління водних ресурсів.

## ПОДЯКИ

Автори висловлюють подяку співробітникам Дунайського басейнового управління водних ресурсів (м.Ізмаїл) за надані вихідні матеріали та науковому рецензенту за професійні зауваження до цієї статті.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Озеро Катлабух: [Правила експлуатації водохранилища / Укрюжгіпрводхоз]. – Одеса, 2000. – 74 с.
2. Гушля А.В. Водно-балансовые исследования /А.В. Гушля, В.С. Мезенцев. – К.: Вища школа. Головное изд-во, 1982. – 229 с.
3. Кузниченко С.Д. Водный и солевой режим системы озер Кугурлуй – Ялпуг в условия их зарегулирования: дис. канд. геогр. наук: 11.00.07 / С.Д. Кузниченко. – Одесса, 2005 – 294 с.
4. Медведєва Ю.С. Водний та сольовий режими озера Китай: дис. канд. геогр. наук: 11.00.07 / Ю.С. Медведєва. – Одеса, 2010. – 223 с.
5. Гопченко Е.Д. Применение методов статистического моделирования при оценке изменений годового стока рек под влиянием орошения / Е.Д. Гопченко, Н.С. Лобода //Метеорология и гидрология. – 1986. – № 9. – С. 79 – 84.
6. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеоздат, 1984. – 448 с.
7. Гопченко Е.Д. Водные ресурсы Северо – Западного Причерноморья (в естественных и нарушенных антропогенной деятельностью условиях): [моногр.] / Е.Д. Гопченко, Н.С. Лобода. – К.: КНТ, 2005. – 192 с.
8. Бефани А.Н. Основные положения теории речного стока / А.Н. Бефани // Тр. ОГМИ. – 1958. - Вып. 12. – С. 99 – 164.
9. Сорокин В.Г. Средний многолетний сток орошаемых районов юга Европейской территории Советского Союза /В.Г. Сорокин //Метеорология, климатология и гидрология. – Одесса, 1974. – С. 121 – 129 .
10. Зайков Б.Д. Очерки по озероведению, ч.2 /Б.Д. Зайков. – Л.: Гидрометеоздат, 1960. – 240 с.
11. Данута Данеляк. Определение испарения с поверхности суши в условиях антропогенного воздействия: дис. кандидата геогр. наук: 11.00.07 /Данута Данеляк. – Одесса, 1989. – 253 с.
12. Клибашев К.П. Гидрологические расчеты /К.П. Клибашев, И.Ф. Горшков: под ред. А.И. Чеботарева. – Л.: Гидрометеоздат, 1970.– 458 с.

## REFERENCES

1. *Lake Katlabuh: (Rules of operation reservoirs. Ukrayuzhhyprovodhoz)*. Odessa, 2000. 74 p. (In Russian).
2. Gushlya A.V., Mezentsev V.S. *Vodno-balansovye issledovaniya* [Water-balance investigation]. Kiev: Vyscha shkola. Head Publ.,1982. 229 p.
3. Kuznychenko S.D. *Vodnyy i solevoy rezhym sistemy ozer Kugurluy – Yalpus v usloviyah ih zaregulirovaniya: dis kand. geogr. nauk: 11.00.07, ODEKU* [Water and salt mode of the system of lakes of Yalpus – Kugurluy in the conditions of their regulation.: dis. cand. geogr. sciences: 11.00.07, OSENU]. Odessa, 2005. 294 p.
4. Medvedeva J.S. *Vodnyy ta sol'ovyy rezhymy ozera Kytay: dis. kand. geogr. nauk: 11.00.07, ODEKU* [Water and salt regimes of Kitay Lake: dis. cand. geogr. sciences: 11.00.07, OSENU]. Odessa, 2010. 223 p.
5. Gopchenko E.D., Loboda N.S. *Primenenie metodov statisticheskogo modelirovaniya pri otsenke izmeneniya godovogo stoka rek pod vliyaniem orosheniya* [Application of statistical modeling in the evaluation of changes in annual river flow under the influence of irrigation]. *Meteorologiya i gidrologiya - Meteorology and Hydrology*, 1986, no. 9, pp 79 – 84.
6. *Manual for the definition of estimated hydrological characteristics*. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1984. 448 p. (In Russian).
7. Gopchenko E.D., Loboda N.S. *Vodnye resursy Severo – Zapadnogo Prichernomor'ya (v estestvennykh i narushennykh antropogennoy deyatel'nost'yu usloviyah)* [Water resources of the north – western Black Sea (in natural and broken by anthropogenic activity terms)]. Kyiv: KNT, 2005. 192 p.
8. Befani A.N. *Osnovnye polozheniya teorii rechnogo stoka* [Basics of the theory of river flow]. *Trudy OGMI - Proc. OSMI*, 1958, Iss. 12, pp. 99 – 164.
9. Sorokin V.G. *Sredniy mnogoletniy stok oroshaemykh rayonov yuga Evropeyskoy territorii Sovetskogo Soyuz* [Average annual flow of the irrigated areas of southern European part of the Soviet Union]. *Meteorology, climatology and hydrology - Meteorologiya, klimatologiya i gidrologiya*, 1974, pp. 121 – 129.
10. Zaykov B.D. *Ocherki po ozerovedeniyu, ch.2* [Essays on Limnology , part 2]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1960. 240 p.
11. Danuta Danelyak. *Opredelenie ispareniya s poverhnosti sushi v usloviyah antropogennoho vozdeystviya: dis. kand. geogr. nauk* [Determination of evaporation from the land surface in the conditions of anthropogenic influence: dis. the candidate geogr. sciences: 11.00.07]. Odessa, 1989. 253 p.
12. Klibashev K.P., Goroshkov I.F. *Gidrologicheskie rascheti* [Hydrological calculations]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1970. 458 p. (Ed.: A.I. Chebotarev).

## WATER BALANCE COMPONENTS OF THE KATLABUH LAKE

**E.D. Gopchenko**<sup>1</sup>, d.geogr.sciences,  
**Zh.R. Shakirzanova**<sup>1</sup>, d.geogr.sciences,  
**Y.S. Medvedeva**<sup>2</sup>, k.geogr.sciences,  
**M.M. Burukova**<sup>1</sup>, master

<sup>1</sup> *Odessa State Environmental University,  
 15, Lvivska St., 65016 Odessa, Ukraine, [vstovnov@mail.ua](mailto:vstovnov@mail.ua)*

<sup>2</sup> *Odessa National Maritime Academy,  
 8, Didrihsona St., 65029 Odessa, Ukraine*



**Introduction.** During last decades, because of decrease of the area of land irrigation, volumes of water intake from the Katlabuh reservoir also significantly decreased and pumping of water from the Danube River stopped at all. All this caused deterioration of water quality. In particular, the salinity of the Katlabuh Lake in recent years exceeds by 2–2,5 times permissible rates for drinking and irrigation water.

**Purpose.** The purpose consists in analyzing physical and geographic, morphometric, hydrological, hydraulic characteristics of the Katlabuh lake and rivers feeding it; calculation of water balance components of the Katlabuh lake in 2007-2014.

**Methods.** Well-known statistical methods are used to analyze available materials of observations for calculation of water balance components. Regional methods and effective regulatory documents are used to determine unknown water balance components. The method of water balance is one of fundamental scientific approaches with respect to research of hydrological regime of reservoirs, lakes and ponds.

**Results.** Results show that precipitation on the water surface of the lake and supply of water from the Danube River flowing by gravity form, to a significant extent, an input portion of water balances. As for loss of water balances it is worth to note that evaporation constitutes the largest percentage with water discharges to the Danube River coming after it. During summer months the water from the Katlabuh Lake supports levels of the system of lakes Lung – Safyan. The values of discrepancies of water balances in 2007-2014 fall within the limits of accuracy of the source information.

**Conclusion.** The purpose of further developments with regard to the Katlabuh Lake consists in calculation of salinity balances on the basis of water balances which will provide an opportunity to verify accuracy of performed calculations.

**Keywords:** water balance, precipitation, evaporation, infiltration, discrepancies, lateral inflow, groundwater feed.

## СОСТАВЛЯЮЩИЕ ВОДНЫХ БАЛАНСОВ ОЗЕРА КАТЛАБУХ

Е.Д. Гопченко<sup>1</sup>, д.геогр.н., проф.  
Ж.Р. Шакирзанова<sup>1</sup>, д.геогр.н., проф.  
Ю.С. Медведева<sup>2</sup>, к.геогр.н., доц.  
М.Н. Бурукова<sup>1</sup>, магистр

<sup>1</sup> Одесский государственный экологический университет,  
ул. Львовская, 15, 65016 Одеса, Украина, [vstoynov@mail.ua](mailto:vstoynov@mail.ua)

<sup>2</sup> Одесская национальная морская академия,  
ул. Дидрихсона, 8, 65029 Одесса, Украина

В статье приводится анализ физико – географических, морфометрических, гидрологических, гидротехнических характеристик озера Катлабух, а также рек, которые впадают в него; рассчитаны и проанализированы составляющие водных балансов оз. Катлабух за 2007-2014 гг.

Авторами установлено, что приходную часть водных балансов в наибольшей степени определяют осадки на водную поверхность озера и поступление воды из р. Дунай самотечным путем. В расходной части водных балансов наибольший процент составляет испарение. Величины невязок водных балансов находятся в пределах точности исходной информации.

**Ключевые слова:** водный баланс, осадки, испарение, инфильтрация, невязки, боковой приток, грунтовое питание.

Дата першого подання: 09.09.2015

Дата надходження остаточної версії: 08.04.2016

Дата опублікування статті: 04.07.2016