

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

по виконанню практичних занять з дисципліни

«Антропогенна гідрологія»

за темою «Розрахунки водно-сольового режиму Придунайських озер в умовах господарського використання»

для студентів денної та заочної форм навчання

спеціальності 103 «Науки про Землю»

ОП «Гідрологія та комплексне використання водних ресурсів»

рівень вищої освіти магістр

Затверджено  
на засіданні групи забезпечення спеціальності  
103 Науки про Землю  
Протокол № 4 від « 24 » 11 2021 р.  
Голова групи *Шакірзанова Ж.Р.*

Затверджено  
на засіданні кафедри  
гідрології суші  
Протокол № 4 від « 10 » 11 2021 р.  
Завідувач кафедри *Шакірзанова Ж.Р.*

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

по виконанню практичних занять з дисципліни

«Антропогенна гідрологія»

за темою «Розрахунки водно-сольового режиму Придунайських озер в умовах господарського використання»

для студентів денної та заочної форм навчання

спеціальності 103 «Науки про Землю»

ОП «Гідрологія та комплексне використання водних ресурсів»

рівень вищої освіти магістр

Затверджено  
на засіданні групи  
забезпечення спеціальності  
103 Науки про Землю  
Протокол № 4  
від « 24 » 11 2021 р.

**Одеса – 2021**

Методичні вказівки по виконанню практичних занять з дисципліни «**Антропогенна гідрологія**» за темою «*Розрахунки водно-сольового режиму Придунайських озер в умовах господарського використання*» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 103 «Науки про Землю» ОП Гідрологія та комплексне використання водних ресурсів, рівень вищої освіти магістр / Шакірзанова Ж.Р., д-р геогр. наук, проф., Мирза К.Л., ас. Одеса, ОДЕКУ, 2021. 44 с.

## ЗМІСТ

Передмова.....	5
1 Загальна характеристика озера Катлабу.....	6
1.1 Загальні положення .....	6
1.2 Характеристика озера Катлабух.....	6
2 Методологічні основи водно-сольового балансу озера Катлабух.....	12
2.1 Рівняння водного балансу.....	12
2.2 Рівняння сольового балансу.....	14
3 Розрахунок складових рівняння сольового балансу озера Катлабух.....	15
3.1 Визначення приходної частини водних балансів озера.....	15
3.2 Визначення витратної частини водних балансів.....	20
3.3 Надходження води р. Дунай до озера Катлабух та скиди води з озера в р. Дунай.....	21
3.4 Оцінка нев'язок водних балансів.....	22
4 Розрахунок складових рівняння сольового балансу озера Катлабух.....	23
5 Автоматизований програмний комплекс для розрахунку складових водного і сольового режимів озера Катлабух.....	25
6 Практичне завдання.....	35
Контрольні запитання.....	41
Список літератури.....	41

## Передмова

Методичні вказівки по виконанню практичних занять з вибіркової дисципліни «Антропогенна гідрологія» за темою «*Розрахунки водно-сольового режиму Придунайських озер в умовах господарського використання*» призначені для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 103 «Науки про Землю» ОП Гідрологія та комплексне використання водних ресурсів, рівень вищої освіти магістр.

Вивчення дисципліни «Антропогенна гідрологія» обумовлює набуття студентом компетентності ОП «Гідрологія і комплексне використання водних ресурсів» К09 «Знання сучасних засад природокористування, взаємодії природи і суспільства із застосуванням раціонального використання природних ресурсів, екологічних аспектів та основ природоохоронного законодавства».

Результатами навчання дисципліни є ПР13 «Оцінювати еколого-економічний вплив на довкілля при впровадженні інженерних заходів та проектувати природоохоронні заходи».

Метою практичної роботи з дисципліни з вибіркової дисципліни «Антропогенна гідрологія» за темою «*Розрахунки водно-сольового режиму Придунайських озер в умовах господарського використання*» є розрахунки складових водного та сольового балансів озера, вирішення рівняння водно-сольового балансу в умовах господарського використання (на прикладі придунайського озера Катлабух).

При виконанні практичного завдання студенти повинні ознайомитись з такою метеорологічною і гідрологічною інформацією: суми місячного випаровування з водної поверхні на м/ст. Болград, суми місячних опадів на м/ст. Болград та м/ст. Ізмаїл, щоденні рівні води в озері Катлабух, мінералізація води в озері і склад окремих гідрохімічних складових; визначити складові водного та сольового балансів озера та вирішити рівняння водно-сольового балансу в сучасних умовах водообміну з р. Дунай та його господарського використання при використанні програмного комплексу «*CatlabuhApp*» для автоматизації розрахунків водного та сольового балансів озера Катлабух (з часовим шагом один місяць та при визначенні складових балансових рівнянь), отримати результати розрахунків у вигляді таблиць та графічних побудов.

Програмний комплекс «*CatlabuhApp*» впроваджений в виробничу діяльність Басейнового управління водних ресурсів річок Причорномор'я та нижнього Дунаю (Акт впровадження від 27 лютого 2020 р.) для автоматизації розрахунків водного та сольового режимів озера Катлабух за наявності різного набору вхідних даних, графічного інтерфейсу представлення результатів розрахунків та їх похибок.

Згідно силлабусу дисципліни практична робота включена складовою практичного модуля, де в якості форми поточного контролю використовується усне опитування під час захисту практичної роботи і оцінюється максимальною сумою 20 балів.

## **1 Загальна характеристика озера Катлабух**

### **1.1 Загальні положення**

Озеро Катлабух є одним з найбільших придунайських заплавних озер, яке розташоване в Одеській області [6]. Головним джерелом водообміну та водооновлення цього озера є р. Дунай.

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 зрошування та підтримки рівнів за допомогою підкачки маломінералізованих дунайських вод.

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

Використання програмного комплексу «*CatlabuhApp*» для автоматизації розрахунків водного та сольового балансів озера Катлабух дасть змогу відповідним службам з економічною вигодою оперативно приймати виробничі рішення щодо гідротехнічного регулювання експлуатаційних режимів водойми та здійснювати природоохоронні заходи щодо підтримки задовільного гідрологічного та гідрохімічного стану озера в сучасних умовах і на перспективу.

### **1.2 Характеристика озера Катлабух**

Озеро Катлабух відноситься до західної групи Придунайських водойм, розташованих на лівому березі річки Дунай і є продовженням долин річок Великий і Малий Катлабух, Єніка, Ташбунар, які маловодні і влітку пересихають [6].

Озеро Катлабух розташоване в 10 км на північний схід від міста Ізмаїл. Має площу 68 км<sup>2</sup>, середню ширину 2 км, максимальну 6 км. Береги обривисті з оголенням корінних порід, на півдні - заболочені і зливаються з плавнями.

Разом з невеликим озером Саф'ян Катлабух пов'язаний з Дунаєм каналом Желявській і Громадський. Желявській безпосередньо живить Катлабух дунайською водою, а Громадський, проходячи через дуже низькі гіпсометричні рівні, Старо-Некрасовські плавні.

Взаємне розташування української частини дельти річки Дунай з рукавами Придунайських озер і басейнів річок, що їх живлять ілюструє карта, представлена на рис. 1.1. Карта-схема озера Катлабух показана на рис. 1.2.

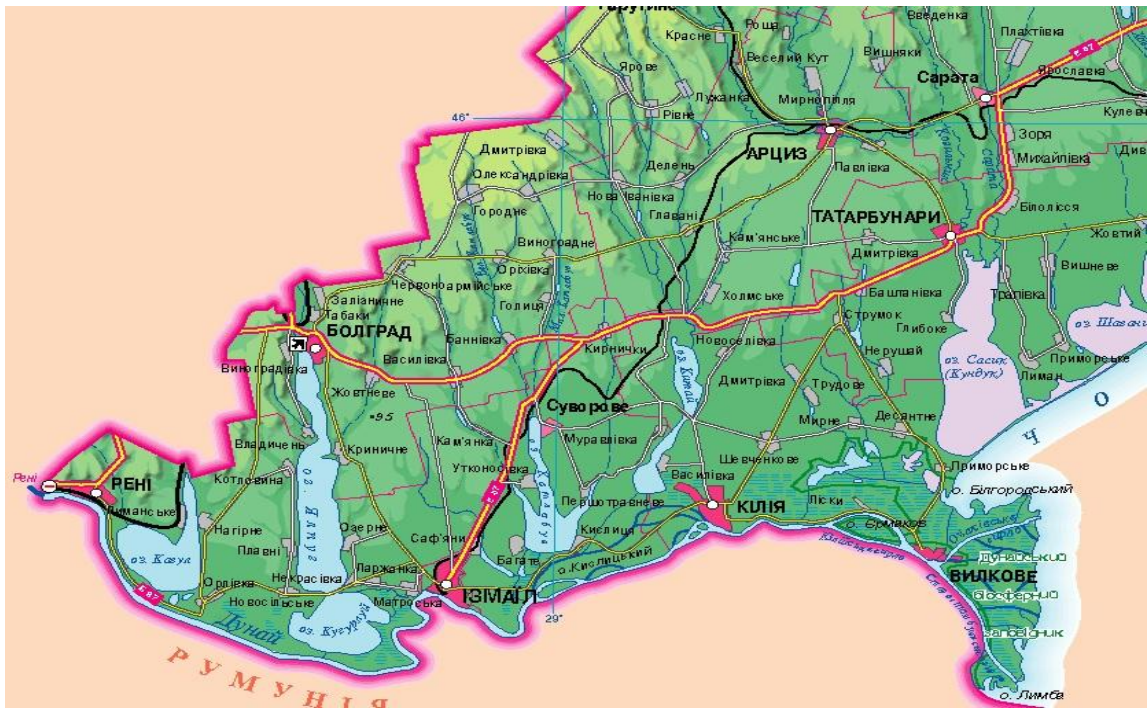


Рисунок 1.1 – Взаємне розташування української частини дельти річки Дунай з рукавами Придунайських озер і басейнів річок, що їх живлять [<https://geomap.com.ua/uk-gr/505.html>]

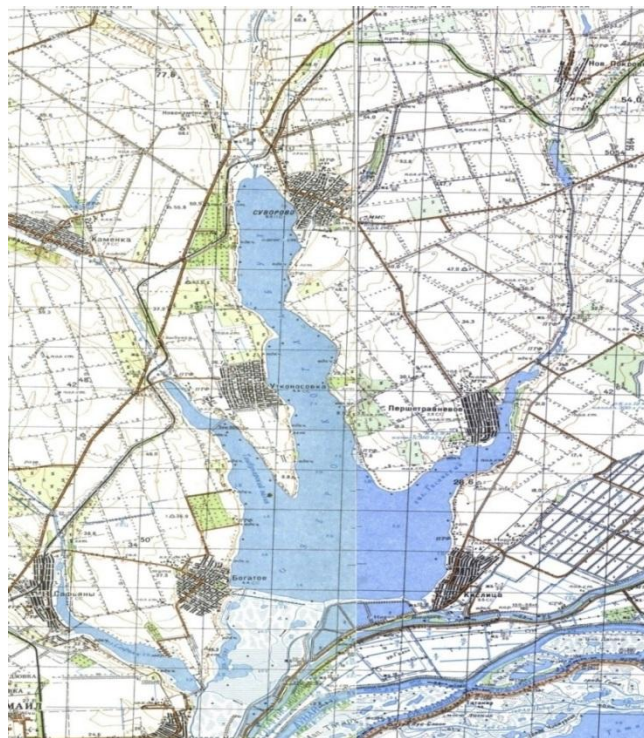


Рис. 1.2 – Карта-схема озера Катлабух

[[http://darg.gov.ua/files/7/04\\_06\\_karta\\_katlabug.jpg](http://darg.gov.ua/files/7/04_06_karta_katlabug.jpg)]

Озеро Катлабух складається з основної широкої частини двох заток - Гасан і Ташбунар, розташованих симетрично по боках вершини. Береги озера високі і круті. Між обривом і урізом води ширина узбережжя може досягати від 50 до 500 м. Південне узбережжя Катлабух поступово зливається з Кілійською заплавою Дунаю.

Загальна довжина берегової лінії - 75,4 км, основна частина, - 65,8 км представлені стабілізованими і нейтральними берегами. Абразивним процесам піддаються 2,3 км берегів. Формування берегів по абразивному типу спостерігається в межах селищ Кислиця, Багате, Утконосівка. В районі смт Суворове руйнування відбуваються за рахунок зсувних деформацій [6].

### Основні морфометричні характеристики озера Катлабух

Основні морфометричні характеристики озера Катлабух наведені в табл. 1.1 [6]. Загальна довжина водосховища становить 21,5 км, середня ширина – 2,0 км, найбільша 6,0 км в розширеній південній частині озера. Дно озера плоске, покрито мулистими ґрунтами. Має місце поступове поглиблення від берега до центральної частини водойми, де максимальна глибина в межень досягає 2 м. Під час повені в північній частині озера глибина сягає до 4 м.

Площа дзеркала при відмітці 1,0 мБС дорівнює 67 км<sup>2</sup>, при підвищенні рівня до 3,0 м над рівнем Чорного моря вона збільшується до 69 км<sup>2</sup>, а при меженних рівнях в літньо-осінній період – зменшується до 50-60 км<sup>2</sup>. У зв'язку з тим, що рівень води в озері має значні коливання, площа його варіює в досить широких межах - від 59 до 71 км<sup>2</sup>.

Залежності площ водного дзеркала та об'ємів води від рівнів води у озері (криві площ водної поверхні та об'ємів води) представлені в табл. 1.2 та на рис. 1.3.

Таблиця 1.1 – Морфометричні характеристики озера Катлабух [6]

№ з/п	Параметр	Значення
1	Довжина, км	21,0
2	Ширина: максимальна, км середня, км	6,0 3,3
3	Глибина: максимальна, м середня, м	2,70 1,92
4	Площа дзеркала при НІР, км <sup>2</sup>	68,5
5	Площа мілководь глибиною до 2 м (при НІР), км <sup>2</sup>	29,5
6	Об'єм: повний, млн.м <sup>3</sup> корисний, млн.м <sup>3</sup>	131,0 68,5
7	Протяжність берегової лінії водосховища, км	75,4
8	Нормативні лімітуючі відмітки рівнів води в	



озері:		
-	нормальний підпірний рівень (НПР), м;	1,70
-	мінімальний рівень мертвого об'єму (РМО), м;	0,70
-	форсований підпірний рівень (ФПР), м;	2,40
-	максимальний форсований підпірний рівень води (ФПР) за максимальної витрати води зливогого паводку 1%-ї забезпеченості, м	3,00

Таблиця 1.2 – Координати кривих площ водного дзеркала і об'ємів води від рівнів води в озері Катлабух [6]

$H$ , мБС	-1,0	-0,5	0,0	0,5	1,0	1,5	1,7	2,5
$F$ , км <sup>2</sup>	0,0	23,0	50,0	62,0	67,5	68,2	68,5	68,7
$W$ , млн м <sup>3</sup>	0,0	4,0	20,0	50,0	83,0	118,0	131,0	186,0

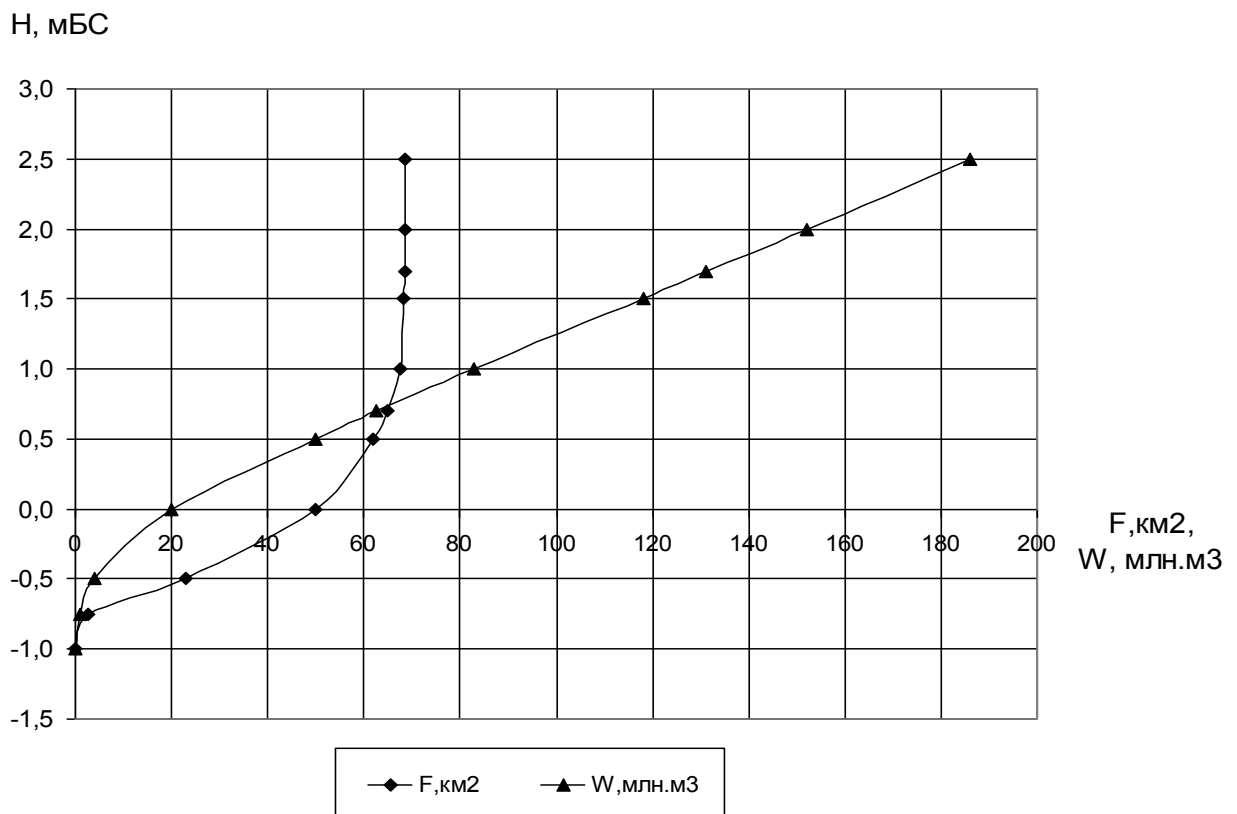


Рисунок 1.3 – Криві площ водного дзеркала і об'ємів води в озері Катлабух [6]

## Гідрологічний режим озера Катлабух

Рівневий режим озера Катлабух визначається річним ходом рівнів води в Дунаї [6]. Всього лише 100 років тому під час весняно-літньої повені озеро заповнювалося свіжою водою і поєднувалося з затопленою заплавою Дунаю, перетворюючись в єдине водно-болотне угіддя і було джерелом розвитку біорізноманіття. З давніх-давен це були місця нерестовищ багатьох видів риб і проживання звірів, прогонових птахів.

Обвалування заплавної території озера з боку Кислицького рукава в 60-70-х роках минулого століття порушили ритм і водний режим природної екосистеми водосховища Катлабух. Під час будівництва дамб багато природних протоків були зруйновані, а замість інших споруджені канали. Заповнення водосховища Катлабух стало проводитися по каналу «Желявській» пропускною спроможністю 70 м<sup>3</sup>/с. Колись багаті природні проживання ветландів перетворилися в сплановані польдери і стали використовуватися як сільськогосподарські землі і для промислового риборозведення. В цей же період йде будівництво шлюзів-регуляторів з ініціативи рибогосподарських організацій для регулювання рівнів у водосховищі в межений період. Значно змінилися водності малих річок, що впадають у водосховище Катлабух. Малі річки в даний час формують локальний стік з площ водозбору.

З 1980 року і до цього дня на водосховищі Катлабух Облводгосп здійснює водний менеджмент, заснований на розроблених Правилах експлуатації [6] і наближенні режиму озера до природних процесів і ритмам річки Дунай. Різниця між природною і зарегульованою амплітудою скоротилося більш ніж, на 2 м. Щорічно проводиться спрацювання озера на осінньо-зимовий період до рівнів, що забезпечують природні умови для зимівлі риб, для підвищення глибини водообміну. Це дозволить під час повені наповнити озеро великими обсягами свіжої дунайської води, поліпшити якість води і створити умови наближені до природних в нерестовий період.

Однак останнім часом повинь на річці Дунай проходить з низькими рівнями, що не дає можливості через замулення підвідного каналу «Желявській» наповнювати водосховище самопливом. Здійснювати підкачування води в необхідних обсягах для заповнення озера в осінньо-літній період є дорогим заходом і через відсутність коштів вельми проблематично. Тому в даному напрямку водний менеджмент по досягненню глибини водообміну має обмежені можливості без проведення поглиблення і розчищення каналу «Желявській».

Для озера встановлені лімітуючі горизонти - УМО, НПУ і ФПУ, в межах яких і здійснюється коливання рівня. Гідрологічний режим озера переведений в статус водосховища - вирівняний режим має чотири фази: весняного наповнення, річного тримання рівнів, осінньо-зимової спрацювання, зимового стояння рівнів.

У табл.1.3 надані лімітуючі горизонти озера, наведені в «Правила експлуатації водосховища» [6], а характерні рівні озера Катлабух за 1980-2020 рр. - в табл. 1.4.

Таблиця 1.3 - Лімітуючі горизонти озера Катлабух

Озеро	Горизонт		
	УМО, мБС	НПУ, мБС	ФПУ, мБС
Катлабух	0,70	1,70	3,00

Таблиця 1.4 - Характерні рівні води озера Катлабух за 1980-2020рр.

Характеристика	Н макс	Н мін	Н сер
Рівні води, мБс	1,92	0,62	1,31

Хронологічний графік ходу середньомісячних рівнів і мінералізації води за період 1980-2020 рр. був побудований для аналізу багаторічної мінливості рівнів води в озері (рис. 1.4). На цьому графіку можна спостерігати багаторічну тенденцію до незначного зниження рівнів води в озері (пунктирна лінія – це лінія тренду для середньомісячних рівнів води). Багаторічний хід мінералізації води має багаторічні коливання, які пов’язані зі змінами гідротехнічних умов господарського використання озера Катлабух, водністю Дунаю та кліматичними змінами.

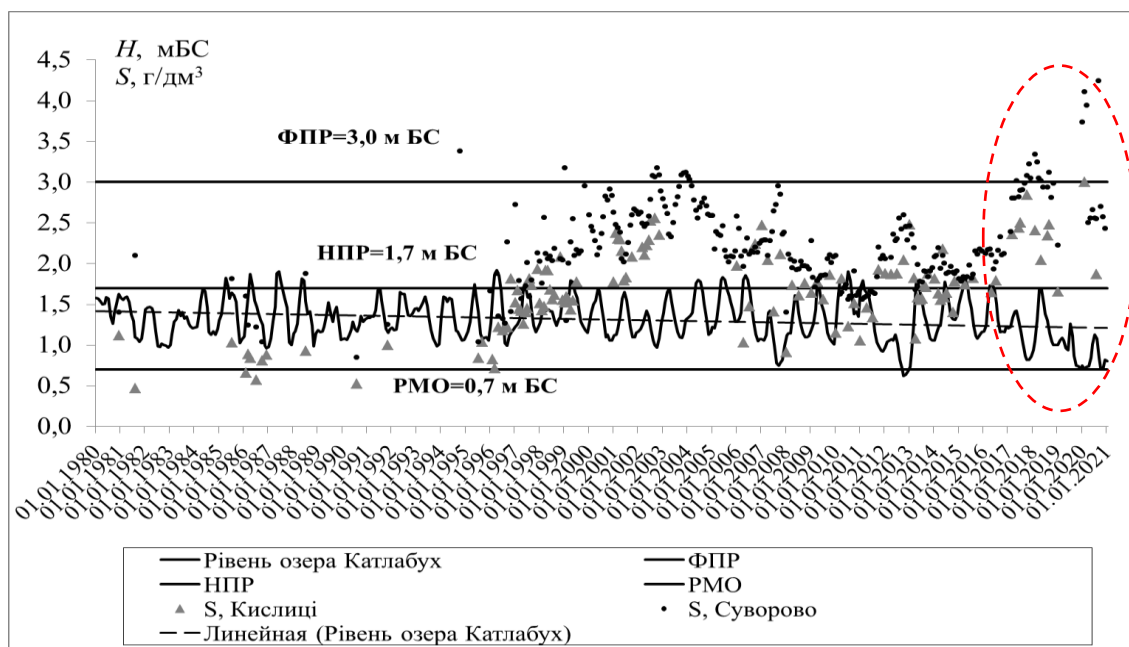


Рисунок 1.4 – Суміщений хронологічний графік ходу середньомісячних рівнів і мінералізації води в озері Катлабух

На приведеному вище графіку можна побачити, що максимальні рівні води у році частіше за все спостерігаються у період весняного водопілля. Поступовий спад рівнів води відбувається довго у період літньо-осінньої межени, поки не досягне мінімальних значень.

Характерною особливістю останніх двох десятиріч стали тривалі сезонні зниження рівнів води майже до відміток РМО 0,7 мБС. Це стало причиною обміління водойми, погіршення якості води і взагалі деградації екосистеми озера. Особливо катастрофічною стала ситуація у 2019, 2020 роках.

## 2 Методологічні основи водно-сольового балансу озера Катлабух

### 2.1 Рівняння водного балансу

Для вирішення питання, яке пов'язане з оновленням води та підтримки сприятливих умов функціонування водойми Катлабух у майбутньому в сучасних умовах його експлуатації, описаних в роботах авторів [1,2], у наступному розділі проведені розрахунки водних балансів озера.

Загальний вигляд рівняння водного балансу має такий [1]:

$$\begin{aligned} (\sum V_i)_{np} - (\sum V_i)_{eump} = & V_{P_i} + V_{ri} + V_{bi} + V_{gi} + V_{dri} + V_{Di} - \\ & - V_{Ei} - V_{tri} - V_{fi} - V_{zi} - V_{Di}' - V_{ozi}, \end{aligned} \quad (2.1)$$

До складу компонентів приходної частини водного балансу входять такі компоненти (у млн м<sup>3</sup>):

$V_{P_i}$  - атмосферні опади;

$V_{ri}$  - річковий стік;

$V_{bi}$  - бічний приплив;

$V_{gri}$  - приплив ґрунтових вод;

$V_{dri}$  - приплив дренажних вод;

$V_{Di}$  - стік річки Дунай.

До компонентів витратної частини відносяться такі складові:

$V_{Ei}$  - об'єм випаровування з водної поверхні озера;

$V_{tri}$  - об'єм транспірації водною рослинністю;

$V_{fi}$  - об'єм фільтрації води в береги;

$V_{zi}$  - об'єм забору води з водосховища Катлабух;

$V_{Di}'$  - об'єм скидів води з озера в р. Дунай;

$V_{ozi}$  - підтримка рівнів води озер Лунг-Саф'ян.

Вирішення рівняння (2.1) може існувати при сучасній схемі водообміну (за рахунок підкачки води з р. Дунай) та при вільному обміні водою з р. Дунай (її надходження самопливним шляхом та скидів озерних вод восени при регулюванні шлюзами).

Як видно з рис. 2.1 до приходної частини водного балансу озера відносяться: атмосферні опади ( $V_{P_i}$ ), поверхневий стік малих річок ( $V_{r_i}$ ), приплив ґрунтових вод по периметру водойми ( $V_{gr_i}$ ), дренажні води зрошувальних систем ( $V_{dr_i}$ ), наповнення озера Дунайською водою ( $V_{D_i}$ ).

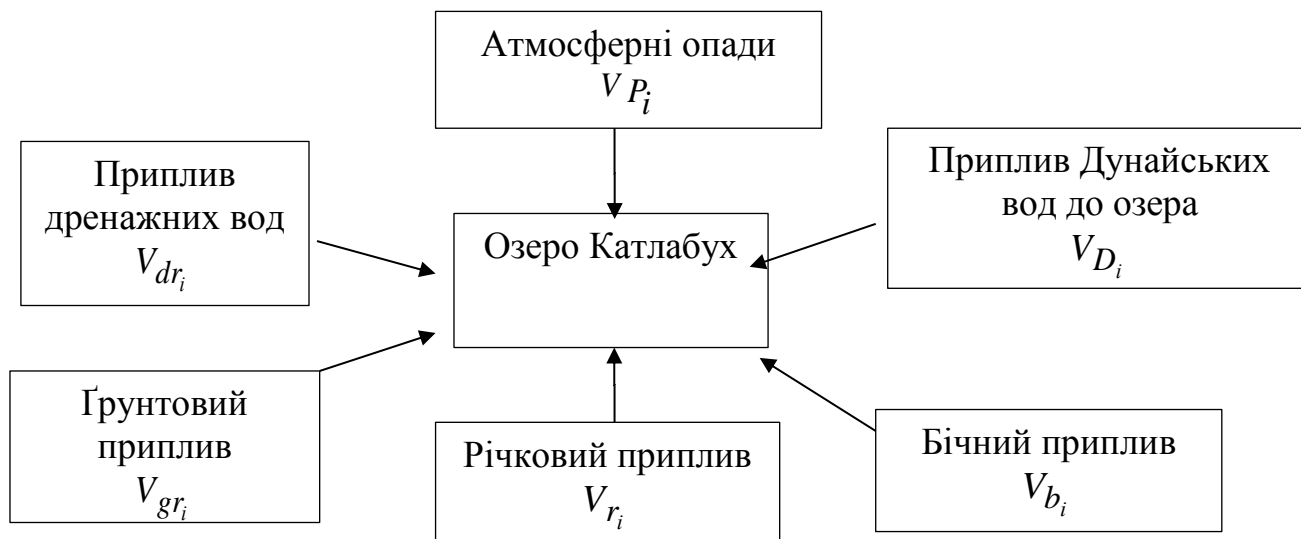


Рисунок 2.1 – Приходна складова водного балансу озера Катлабух

Основні складові витратної частини водного балансу представлені у вигляді схеми на рис. 2.2. До них відносяться: об'єм випаровування ( $V_{E_i}$ ), об'єм транспірації водною рослинністю ( $V_{tri}$ ), об'єм фільтрації ( $V_{fi}$ ), сумарний забір води з озера ( $V_{zi}$ ), скиди води у р. Дунай ( $V_{D_i}'$ ), підтримка рівнів системи озер Лунг – Саф'ян ( $V_{ozi}$ ) для  $i$ -го – розрахункового місяця.

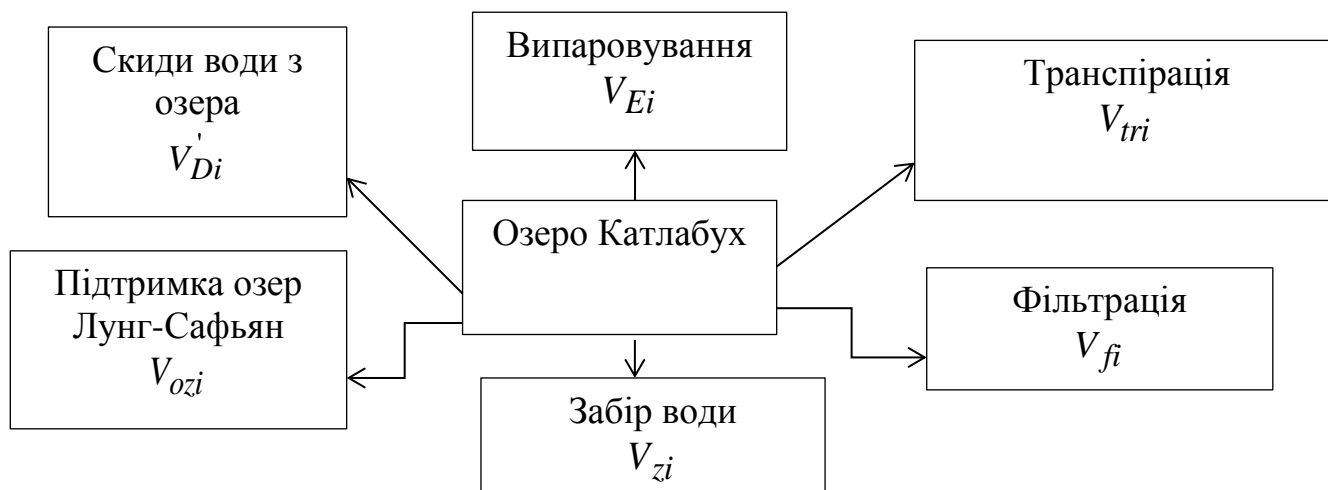


Рисунок 2.2 - Схема витратної частини водного балансу озера Катлабух

Складові приходної і витратної частин балансу представлені у млн м<sup>3</sup>, а саме мають розмірність (10<sup>6</sup>м<sup>3</sup>).

## 2.2 Рівняння сольового балансу

Рівняння сольового балансу для озера Катлабух може бути записане, якщо взяти за основу рівнянні водного балансу озера Катлабух [1] у вигляді кількості солей в озері (тис.т)

$$\begin{aligned} W_1 S_1 + V_P S_P + V_r S_r + V_b S_b + V_g S_g + V_{dr} S_{dr} + V_D S_D = \\ = W_2 S_2 + V_f S_f + V_z S_z + V_{D'} S_{D'} + V_{oz} S_{oz}, \end{aligned} \quad (2.2)$$

де  $S_1$  і  $S_2$  – середні по озеру мінералізація на початку та в кінці розрахункових місяців, кг/м<sup>3</sup>;

$W_1$  і  $W_2$  – об'єми води в озері на початку та у кінці розрахункових місяців, 10<sup>6</sup>м<sup>3</sup>;

$S_P$  - мінералізація води в опадах, кг/м<sup>3</sup>;

$S_r$  - мінералізація води в річках, які впадають в озеро, кг/м<sup>3</sup>;

Структура рівняння сольового балансу для озера Катлабух [1] може бути представлена у вигляді блок-схеми (рис. 2.3).

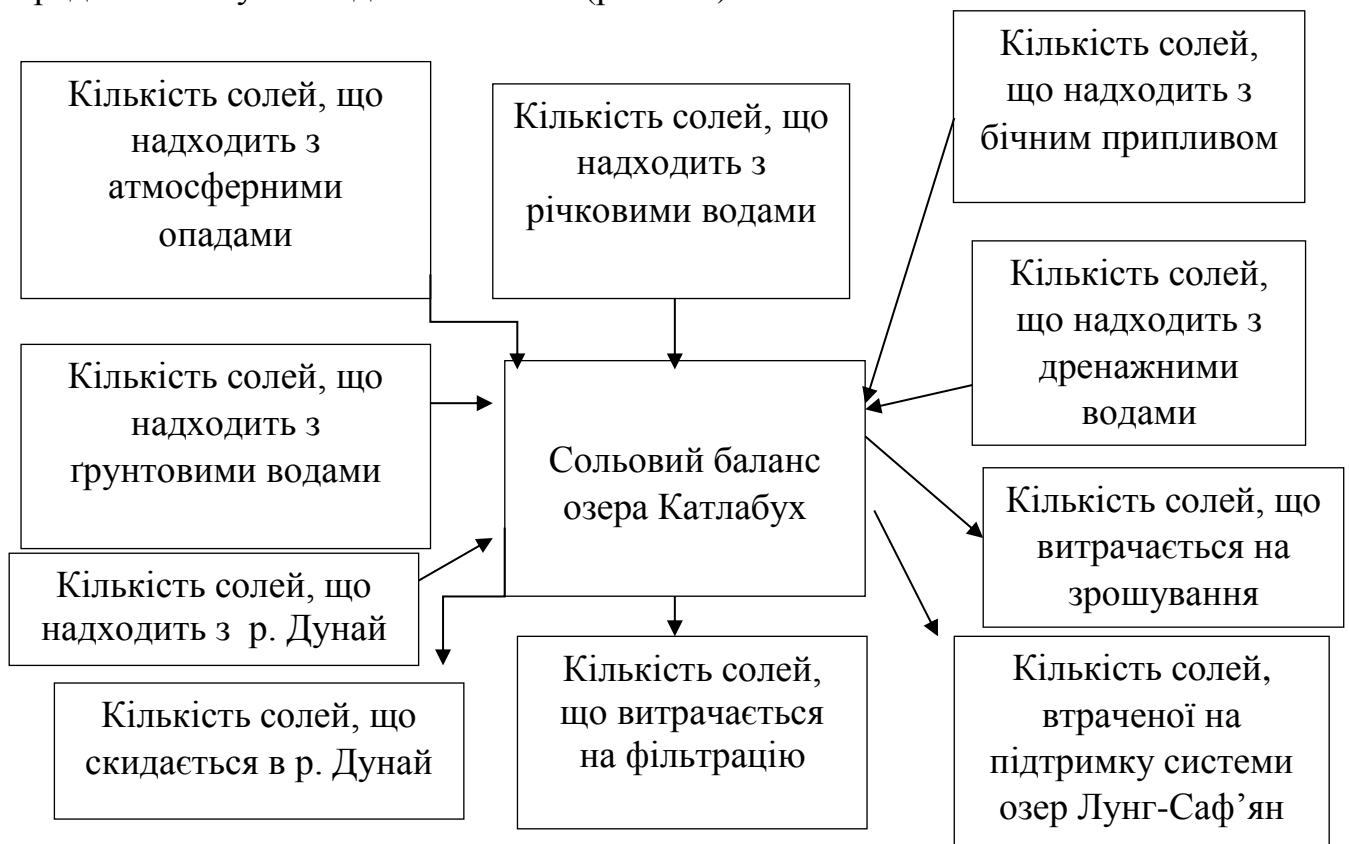


Рисунок 2.3 – Блок-схема сольового балансу озера Катлабух

### 3 Розрахунок складових рівняння сольового балансу озера Катлабух

#### 3.1 Визначення приходної частини водних балансів озера

##### Атмосферні опади

Поблизу озера Катлабух та його водозбору ведуть регулярні систематичні спостереження метеорологічні станції Болград та Ізмаїл (рис. 3.1).

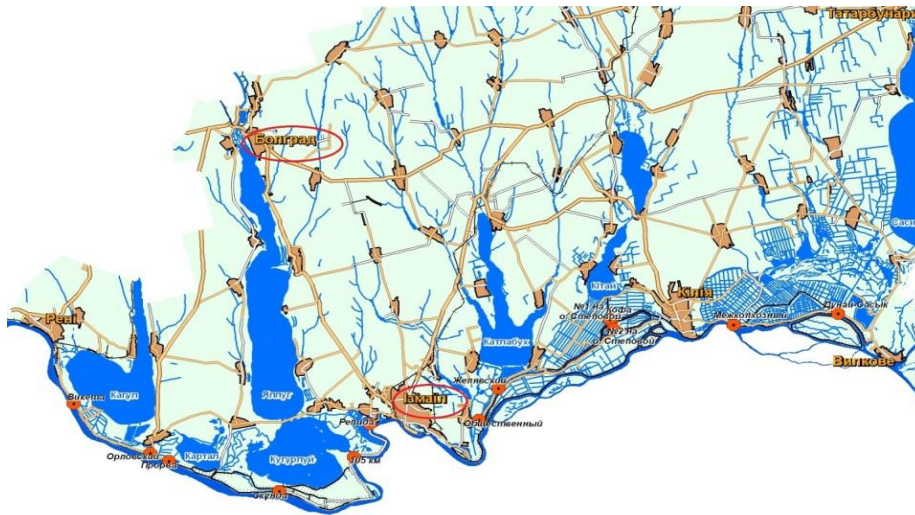


Рисунок 3.1 - Карта-схема розміщення метеостанцій Болград та Ізмаїл

Для дослідження складових водних балансів побудована крива забезпеченостей річних сум опадів по м/ст Болград з 1945-2020 рр. (рис. 3.2).

Для визначення статистичних забезпеченостей річних сум опадів  $P_p\%$  використано рівняння

$$P_p = m / (n + 1) * 100\% , \quad (3.1)$$

де  $m$  – порядковий номер членів убуваючого ряду сум річних опадів;

$n$  – тривалість ряду спостережень.

Об'єми надходження атмосферних опадів на водну поверхню озера Катлабух розраховувалися за даними спостережень за опадами на м/ст Ізмаїл (для розрахункового місяця)

$$V_p = P \cdot F_{\partial 3} / 10^3 , \quad (3.2)$$

де  $P$  - кількість опадів по м/ст Ізмаїл, мм;

$F_{\partial 3}$  – площа водного дзеркала ( $\text{км}^2$ ), яка відповідає середньомісячному рівню води в озері  $H_{сер}$  (м БС).



Рисунок 3.2 – Крива забезпеченості річних опадів по м/ст Болград ( $P$ , мм) з 1945-2020 рр.

### *Річний стік при відсутності спостережень*

Загальна площа водозбору річок, які впадають в озеро Катлабух (р. Великий Катлабух, р. Ташбунар, р. Єніка) складає 1060 км<sup>2</sup>. Скорочені морфометричні характеристики по основних річках басейну озера Катлабух наводяться у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Морфометричні характеристики річок басейну озера Катлабух [6]

№ з/п	Назва водотоків	Площа, $F$ , км <sup>2</sup>	Довжина, $L$ , км	Середня висота, $H_{сер}$ , м	Ухил річки, $I_{зб}$ , ‰
1	Великий Катлабух-устя	536	49	90	2,6
2	Ташбунар-устя	281	40	76	2,9
3	Єніка-устя	243	40	87	1,6

У зв'язку з відсутністю систематичних гідрологічних спостережень на річках для оцінки їх річного стоку прийнята модель «клімат-стік», запропонована Є. Д. Гопченком та Н. С. Лободою, в роботі для визначення середнього багаторічного модуля річного стоку невеликих річок, що живлять озеро Катлабух використана модель розрахунку природного річного стоку «клімат-стік» Є.Д. Гопченка та Н.С. Лободи [3,7,8]



$$\overline{Y_K} = \overline{X} - \overline{E_m} \left[ 1 + \left( \frac{\overline{X}}{\overline{E_m}} \right)^{-n} \right]^{-\frac{1}{n}} \quad (3.3)$$

де  $Y_K$ ,  $X$ ,  $E_m$  – середні багаторічні величини (норми) кліматичного річного стоку, опадів та максимально можливого випаровування, відповідно

Дана модель дає можливість визначити для озера Катлабух [1]:

1. Кліматичний річний стік – за картою норм річного кліматичного стоку ( $Y_K=20$  мм);

2. Природний річний стік:

- з урахуванням коефіцієнту підстильної поверхні  $K_{nep}=0,42$  (норма природного стоку  $Y_{np}=8,4$  мм; модуль річного стоку  $q_{cep}=0,27$  л/(с\*км<sup>2</sup>); при загальній площі всіх річок, що живлять озеро Катлабух  $F=1060$  км<sup>2</sup> середня багаторічна річна витрата води  $\overline{Q}=0,29$  м<sup>3</sup>/с, об'єм річного стоку  $V_r=9,15$  млн м<sup>3</sup>);

- середнє значення коефіцієнту варіації  $C_v$  (визначено на рівні 1,7);

- співвідношення  $C_s/C_v$  (прийнято в моделі на рівні 1,7 в межах території Північно-Західного Причорномор'я).

Відповідно рекомендацій СНиП 2.01.14-83 річний стік з площі водозборів малих річок  $k_p$ , за відсутності стокових спостережень на них, визначено з урахуванням забезпеченості водності року за формулою (3.4) [9].

Відповідно рекомендацій СНиП [9] річний стік  $Q_r$  з площі водозборів малих річок може бути визначений з урахуванням забезпеченості водності року за формулою

$$Q_r = k_p \cdot \overline{Q}, \quad (3.4)$$

де  $k_p$  - коефіцієнт, що враховує забезпеченість року ймовірністю  $p$  %.

При цьому, вважалось, що забезпеченість річного стоку дорівнює забезпеченості річних опадів, що визначена за кривою їх забезпеченості по м/ст Болград (рис. 3.2).

Коефіцієнти  $k_p$  визначаються по статистичних даних ряду (рядів річного природнього стоку) за кривою трипараметричного гама-розподілу С.Н. Крицького та М.Ф. Менкеля за таблицею [9] (при прийнятому співвідношенні  $C_s/C_v=2,0$ ).

Типова схема внутрішньорічного розподілу річного стоку річок по місяцях наведена для різних за водністю років табл.3.3.

Таблиця 3.3 – Типовий розподіл (у %) річного стоку річок басейну озера Катлабух по місяцях в характерні за водністю роки

Водність року	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Багатоводний	2,6	4,3	13,5	41,3	7,3	10,3	7,2	6,4	0,0	0,0	0,0	7,9
Середньоводний	1,4	4,6	14,2	56,1	4,5	11,1	6,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,4
Маловодний	0,0	14,3	25,6	44,0	7,6	8,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

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

$$V_r = Q_r \cdot 86400 \cdot 365 / 10^6, \quad (3.5)$$

де  $Q_r$  - розрахований річний природний стік з площ водозборів річок басейну озера Катлабух різної забезпеченості;  
86400 – кількість секунд в одній добі;  
365 – кількість діб у році.

#### *Бічний приплив поверхневих вод до озера*

В роботі прийнято співвідношення між річковим  $V_{ri}$  та бічним  $V_{bi}$  припливом, що встановлено за даними проекту Tasis-2001 для озера Ялпуг-Кугурлуй і дорівнює 0,23 від річкового стоку. Тобто бічний приплив розрахований за формулою

$$V_b = 0,23 * V_r . \quad (3.6)$$

#### *Приплив ґрунтових вод*

Ґрунтові води басейну озера, що дренуються по периметру водойми та ґрунтові води, які надходять із поверхневим стоком річок разом складають систему ґрунтового живлення озер.

У даній роботі для оцінки припливу ґрунтових вод до озера Катлабух використана генетична формула А.М. Бефані у вигляді [10]

$$\overline{Y_{gr}} = th[a_2 \left( \frac{F}{F_{1кр}} - 1 \right)^\varepsilon] U_0 , \quad (3.7)$$

де  $\overline{Y_{gr}}$  - шар стоку ґрунтового припливу води;

$U_0$  – норма інфільтрації, мм;

$a_2$  – гідрогеологічний параметр;

$\varepsilon$  – параметр інтенсивності дронування водоносних горизонтів;  
 $F$  – площа водозбору річки, км<sup>2</sup>;  
 $F_{1кр}$  – початкова площа витоку річок – перша критична площа, км<sup>2</sup>.

Для території Південно-Західної України та Молдови норма інфільтрації  $U_0$  змінюється від 5,0 до 1,5 мм.

Гідрогеологічний параметр  $a_2$ , який залежить від геологічної будови, характеру порід, рекомендований рівним 0,20.

Перша критична площа  $F_{1кр}$  є районованою величиною і для Придунайського регіону дорівнює 60 км<sup>2</sup>.

За даними автора роботи [10] параметр  $\varepsilon$  прийнятий на рівні 0,25.

Загальна величина припливу води до озера з ґрунтових водоносних горизонтів  $V_{gr}$  становить 4,13 млн м<sup>3</sup>, що одержана в роботі [1]. При поверхневій складовій надходження води до озера, що становить 9,15 млн м<sup>3</sup> частка ґрунтового припливу дорівнює 45% від цієї величини.

Характер розподілу ґрунтового стоку по місяцях в роки різної водності, виконаний за типовою схемою, що одержана Н.С. Лободою, використовуючи метод гідрологічної аналогії. Розподіл величини ґрунтового припливу (по місяцях) при розрахунках місячних водних балансах озера Катлабух наведений у табл. 3.6.

Таблиця 3.6 – Внутрішньорічний розподіл припливу ґрунтових вод (у % від річного) до озера Катлабух ( $V_{gr}=4,13$  млн м<sup>3</sup>)

Місяці \ Водність	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Багатоводний	4,4	6,4	10,3	10,7	11,4	11,3	8,0	6,4	6,3	7,2	8,4	9,2
Середньоводний	7,4	10,3	12,6	12,3	12,5	6,5	5,2	5,8	6,5	7,7	7,4	5,8
Маловодний	3,9	4,7	5,1	5,2	5,4	6,0	8,0	9,3	11,0	13,4	13,5	14,5

### *Дренажні і комунально – побутові води*

Приплив дренажних (у тому числі й комунально-побутових зворотних) вод  $V_{dr}$ , млн м<sup>3</sup> прийнятий за нормативом Басейнового управління водних ресурсів річок Причорномор'я та нижнього Дунаю як

$$V_{dr} = 0,2V_z, \quad (3.8)$$

де  $V_z$  – забір води на зрошення (застосовано також до інших видів водокористування), млн м<sup>3</sup>.

### 3.2 Визначення витратної частини водних балансів

#### *Випаровування з водної поверхні озера*

Випаровування з водної поверхні водойм є витратною складовою їх водних балансів, що є особливо важливим чинником в умовах посушливого клімату півдня України. Для оцінки складової випаровування з водної поверхні озера Катлабух використовувались дані випаровувального басейну м/ст Болград. Середньобагаторічна величина випаровування за рік становить порядку 809 мм (1960-2020 рр.).

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

$$V_{E_i} = E \cdot F_{\partial z} / 10^3, \quad (3.9)$$

де  $E$  – шар випаровування з водної поверхні, мм;

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

#### *Транспірація водною рослинністю*

Об'єми транспірації водною рослинністю розраховано при врахуванні площі заростей у розмірі 30%, за допомогою перехідного коефіцієнту, що дорівнює 1,14 (прийнято в роботі авторів [1]). Випаровування з ділянок водної рослинності по місяцях (у % від суми за весь рік) наведена у табл. 3.8

Таблиця 3.8 – Випаровування з ділянок водної рослинності по місяцях (у % від суми за весь рік)

Зона	травень	Червень	липень	серпень	вересень	жовтень
Степова	7	23	27	25	15	3

#### *Сумарний забір води з озера Катлабух*

Сумарний забір води озера Катлабух на господарські потреби здійснюється головним чином на зрошування сільськогосподарських земель в його басейні. В умовах півдня України зрошування є одним з найважливіших водоемних споживачів [6].

Насосні станції водозабору розташовані відносно рівномірно по всій акваторії водойми – Суворовська ЗС – на півночі, Ізмаїльська та Кіровська – на

півдні. Ця величина отримується за даними прямих вимірювань по даних БУВР річок Причорномор'я та Нижнього Дунаю.

Основна частка водозаборів приходить на період травень-вересень.

### *Фільтрація води в береги*

Фільтрація води в береги визначена на підставі розрахункових даних Басейнового управління водних ресурсів річок Причорномор'я та нижнього Дунаю. При площі водного дзеркала озера Катлабух дорівнює 68,5 км<sup>2</sup> при НПР, річна фільтрація становить 6,6 млн м<sup>3</sup>, а в середньому за місяць дорівнюватиме 0,55 млн м<sup>3</sup>.

Розподіл середньої величини фільтрації по місяцях розраховується в залежності від коливань рівня води в озері за формулою

$$(\bar{V}_f)_i = 0,55(\bar{H}_i / \bar{H}), \quad (3.10)$$

де  $(\bar{V}_f)_i$  – середня величина фільтрації  $i$ -го місяця, млн м<sup>3</sup>,

$\bar{H}_i$  та  $\bar{H}$  – середній рівень води  $i$ -го місяця і середній річний рівень води в озері, мБС.

### **3.3 Надходження води р. Дунай до озера Катлабух та скиди води з озера в р. Дунай**

Водообмін озера Катлабух з р. Дунай відбувається у регульованому режимі відповідно коливань рівнів води на Дунаї та пропускної спроможності шлюзів каналу Желявський [6]. Безпосередньо достовірних даних про об'єми води, що надходять з р. Дунай та скидаються до річки, а також водообмін з озерами Лунг-Саф'ян немає, тому вони були обчислюються зворотним шляхом з рівняння водного балансу [1].

Скиди води з озера до р. Дунай з 90-х років значно зменшились, у зв'язку зі зниженням рівнів води в озері.

Водообмін озера Катлабух з р. Дунай відбувається у регульованому режимі - у періоди високих рівнів води на р. Дунай (лютий-травень) відбувається наповнення озера Дунайською водою самопливним шляхом до НПР, що дорівнює 1,7 мБС., в періоди меженних рівнів води на р. Дунай (вересень-жовтень), при відкритті шлюзів відбуваються скиди води з озера Катлабух до р. Дунай до РМО = 0,7 мБС.

Коли достовірних даних про водообмін р. Дунай та озера Катлабух по шлюзах регуляторів немає, то вони можуть бути обчислені зворотним шляхом з рівняння водного балансу для  $i$ -го місяця:

- при наповненні озера Катлабух Дунайською водою

$$V_{D_i} = \sum_B V_i - (\sum_{\Pi} V_i)' \pm \Delta W_i, \quad (3.11)$$

- при скидах води з озера Катлабух до р. Дунай

$$V_{D_i}' = \sum_{\Pi} V_i - (\sum_B V_i)' \pm \Delta W_i, \quad (3.12)$$

де  $V_{D_i}$  - надходження води з р. Дунай до озера Катлабух у цьому випадку включає і нев'язку рівняння водного балансу;

$V_{D_i}'$  - скиди води з озера до р. Дунай, які у цьому випадку включають і нев'язку рівняння;

$\sum_{\Pi} V_i$  - приходна частина водного балансу;

$\sum_B V_i$  - витратна частина водного балансу;

$(\sum_{\Pi} V_i)'$  - приходна частина водного балансу, за винятком надходження води з р. Дунай;

$(\sum_B V_i)'$  - витратна частина водного балансу, за винятком скидів води з озера в р. Дунай;

$\Delta W_i$  - зміни об'ємів води в озері за розрахункові періоди, акумуляція води.

### 3.4 Оцінка нев'язок водних балансів

Відносну нев'язку (у %) обчислюють після розрахунку рівняння водного балансу. Рівняння балансу визначають з абсолютними значеннями, без урахування знака складових балансу.

Критерій достовірності розрахунків водних балансів не повинна перевищувати допустимих меж, якими для місячних водних балансів (зокрема, озера Катлабух) слід вважати нев'язку рівну  $\pm H \leq 5\%$  [1].

Величину нев'язки для  $i$ -го місяця було встановлено за рівнянням

$$\Delta V_{ni} = \sum_{\Pi} V_i - \sum_B V_i \pm \Delta W_i, \quad (3.13)$$

де  $\Delta V_{ni}$  - нев'язка водного балансу;

$\sum_{\Pi} V_i$  - приходна частина водного балансу;

$\sum_B V_i$  - витратна частина водного балансу;

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

Під час тривалих водообмінів між р. Дунай і водоймою (маються на увазі наповнення озера дунайською водою і зворотні скиди) об'єми води знаходяться зворотнім шляхом із рівнянь (3.11) і (3.12). В такому разі усі погрішності визначення складових приходної і витратної частин включені до складових  $V_{D_i}$  або  $V_{D_i}'$ .

#### 4 Розрахунок складових рівняння сольового балансу озера Катлабух

Середньорічна мінералізація атмосферних опадів для досліджуваної території відповідно досліджень авторів В.І.Пелешенка та В.К.Хільчевського [4,5] становить в північній частині 32,5-35 мг/дм<sup>3</sup>, а в південній – 35-40 мг/дм<sup>3</sup>, а середньому для озера Катлабух прийнята на рівні 35 мг/дм<sup>3</sup>.

Багаторічна мінливість мінералізації річок, які впадають у озеро, за даними епізодичних вимірів за багаторічний період (1999-2018 рр.) показана на графіку (рис.4.1).

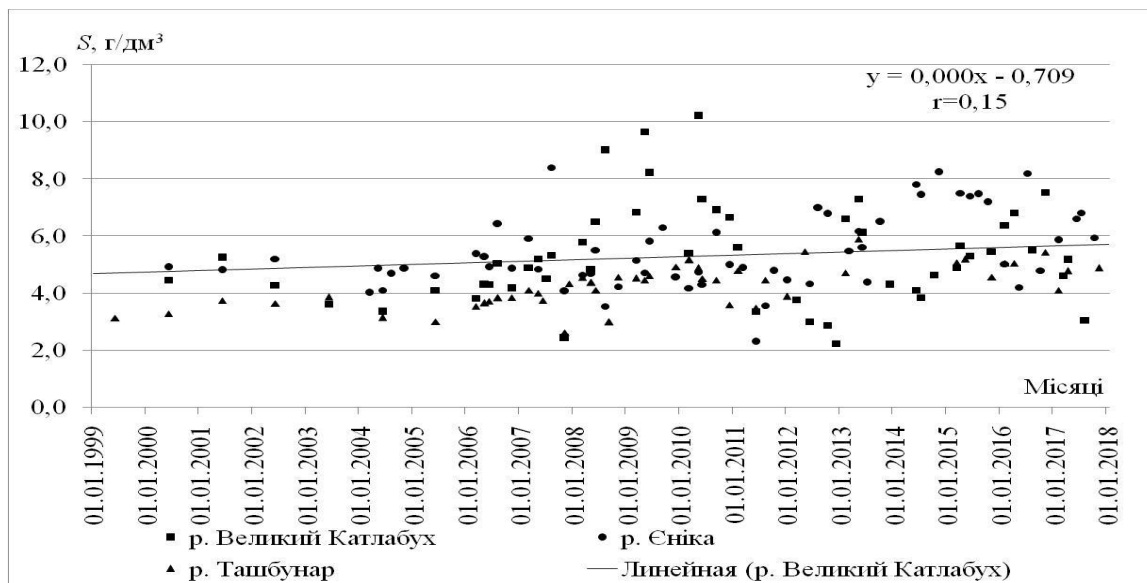


Рисунок 4.1 – Багаторічна мінливість мінералізації річок, що впадають в озеро Катлабух [1]

Можна бачити, що спостерігається деяке зростання мінералізації у багаторічний період, а в окремих роках вона сягає 8-10 г/дм<sup>3</sup>. За класифікацією О.О.Алекіна [11] це води з високою мінералізацією, тобто більш ніж 1000 мг/дм<sup>3</sup>.

Місячна мінералізація річок ( $S_r$ ) встановлена в роботі [1] в залежності від об'ємів річного стоку  $V_r$  за рівнянням

$$S_r = 5,12 \cdot \exp(-0,021 \cdot V_r) \quad (4.1)$$

Зміни мінералізації води рр. Великий Катлабух, Ташбунар та Єніка при різних об'ємах надходження річкових вод представлені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Значення мінералізації води річок Великий Катлабух, Ташбунар і Єніка [1]

$V_r$ $10^6 \text{ м}^3$	0,05	0,1	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
$S_r$ $\text{г/дм}^3$	5,11	5,11	5,07	5,01	4,91	4,81	4,71	4,61	4,51

Мінералізація вод бічного припливу  $S_b$  встановлена за матеріалами інтегрованого моніторингу проекту Tacis 2001 р. для басейну озер Ялпуг-Кугурлуй за співвідношенням

$$S_b = 0,57 S_r, \quad (4.2)$$

де  $S_r$  – мінералізація води в річках, які впадають у озера Катлабух.

Мінералізація ґрунтових вод  $S_{gr}$  прийнята за даними Відокремленого підрозділу «Причорноморський центр водних ресурсів та ґрунтів» БУВР річок Причорномор'я і нижнього Дунаю прийнята на рівні  $2,60 \text{ г/дм}^3$ .

Мінералізація дренажних вод  $S_{dr}$  встановлена за даними Басейнового управління водних ресурсів річок Причорномор'я та нижнього Дунаю для озера Катлабух прийнята на рівні  $2,00 \text{ г/дм}^3$ .

Мінералізація води, що витрачається на фільтрацію  $S_f$ , на зрошування та інші види користування  $S_z$  (враховуючи мінералізацію води, що витрачається на підтримку рівнів води в системі Лунг-Саф'ян  $S_{oz}$ ) приймалися як середні по озеру для розрахункових місяців.

Мінералізація води, що надходить з р. Дунай  $S_D$  прийнята за даними її вимірів – в середньому на рівні  $0,39 \text{ г/дм}^3$  [4,5].

Мінералізація води, що скидається до р. Дунай розраховувалась за співвідношенням [1]:

$$S_{D'} = 0,82 \cdot S, \quad (4.3)$$

де  $S_{D'}$  – мінералізація води озера в його південній частині;

$S$  – середня розрахункова мінералізація у межах водойми на початок поточного місяця.



## 5. Автоматизований програмний комплекс для розрахунку складових водного і сольового режимів озера Катлабух

Автоматизований програмний комплекс для багаторічного і щорічного розрахунку складових сольового і водного режимів озера Катлабух (з часовим кроком в один місяць), графічного і табличного представлення результатів розрахунків за різних умов водообміну у водоймі, що дає можливість здійснювати на вдосконалення режимів експлуатації водойми запропонований авторами [1].

Головне вікно програми представлено на рис. 5.1. Програмний комплекс «*CatlabuhApp*» призначений для автоматизації та полегшення процесу проведення розрахунків водного і сольового балансів озера Катлабух, який викладений у розд. 3 та 4. Можливості «*CatlabuhApp*» полягають у проведенні розрахунків; збереженні розрахункових даних; побудові діаграм на основі даних розрахунків. Основні етапи розрахунків за моделлю водно-сольового балансу озера Катлабух у програмному комплексі представлені блок-схемою (рис. 5.2).

Посібник користувача створено авторами програмного комплексу «*CatlabuhApp*» [1].

Програмний комплекс «*CatlabuhApp*» використовується для автоматизації та полегшення процесу розрахунків (з часовим шагом в один місяць) водного та сольового режимів озера Катлабух (в кожному році) за наявності різного набору вхідних даних, графічного інтерфейсу представлення результатів розрахунків та їх похибок.

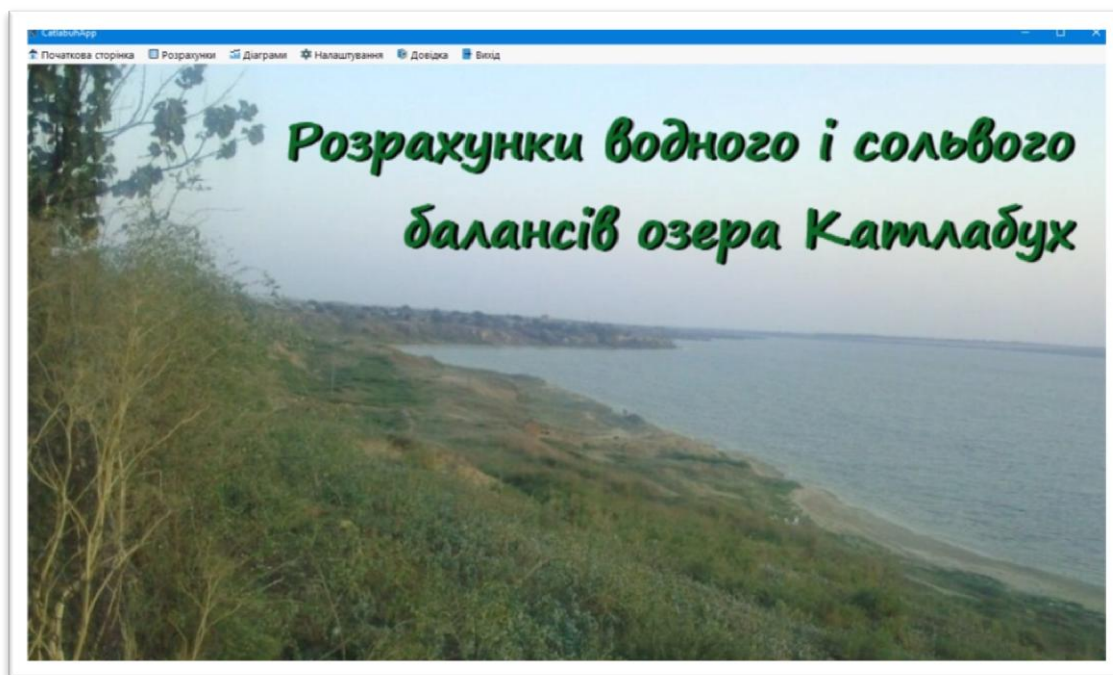


Рисунок 5.1 – Головне вікно програмного комплексу «*CatlabuhApp*»

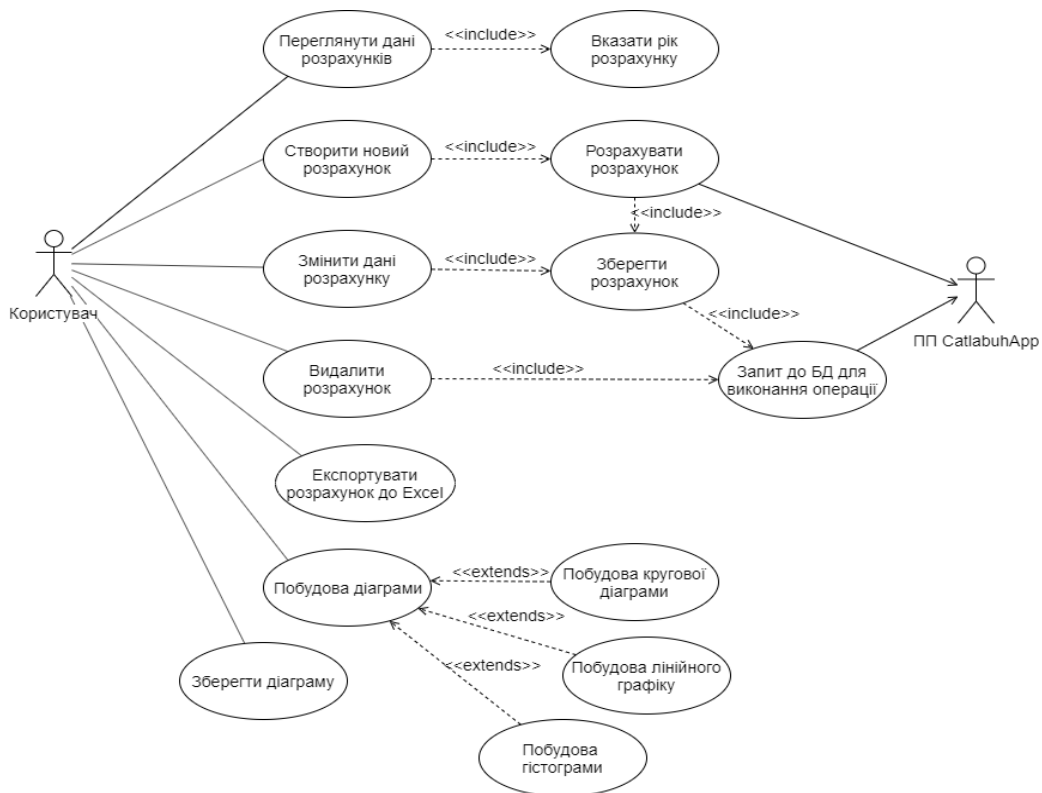


Рисунок 5.2 – Блок-схема етапів розрахунків у програмному комплексі «CatlabuhApp» за моделлю водно-сольового балансу озера Катлабух

### Посібник користувача програмного комплексу «CatlabuhApp»

Посібник користувача програмного комплексу «CatlabuhApp» є частиною користувацької документації на програмний продукт (комплекс) «CatlabuhApp» версії 0.5 [1]. Включає наступні розділи:

- Загальні відомості – включає специфікації апаратних засобів і програмного забезпечення робочого місця.
- Інтерфейс користувача – включає опис інтерфейсу користувача.
- Шляхи вирішення задач користувача – включає опис вирішення поставлених користувачем задач.

**Загальні відомості.** Для зручності роботи в програмі «CatlabuhApp» рекомендуються персональний комп’ютер з наступними характеристиками апаратного і програмного забезпечення (табл. 5.1 і табл. 5.2):

Таблиця 5.1 - Апаратне забезпечення

Апаратне забезпечення	Характеристики
Центральний процесор	Р-III 700МГц і вище
ОЗП	не менш 512 Мб
Монітор	роздільна здатність не менше ніж 1440x900, рекомендована – 1920x1080

Таблиця 5.2 - Програмне забезпечення

Програмне забезпечення	Характеристики
Операційна система	MS Windows 7, 8, 10

Після аналізу моделі розрахунку і алгоритму його проведення, було виділено 4 групи процесів для поняття моделі розрахунку:

- 1) Вхідні дані (InputData) – дані, які вводяться користувачем, для проведення розрахунку.
- 2) Диспетчерський графік роботи шлюзів (GatewaySchedule) – дані з диспетчерського графіку роботи шлюзів, які можуть бути вихідними даними якщо користувач вирішив розрахувати ці дані або частиною вхідних даних.
- 3) Розрахунок (Calculation) – група, яка виконує операцію розрахунку за вихідними даними та об'єднує всі частини даних моделей.
- 4) Вихідні дані (OutputData) – отримані дані в ході виконання операції розрахунку.

### Інтерфейс користувача.

При створюванні проекту інтерфейсу користувача виділено 3 сторінки програмного комплексу:

1) сторінка «Перегляд розрахунків» – призначена для перегляду і видозміни вже існуючих розрахунків. Вона (ця сторінка) складається з Панелі інструментів (рис. 5.3) і Панелі вкладок для перегляду розрахункових даних балансів:

- Водний баланс (рис. 5.4);
- Сольовий баланс(рис. 5.5).

Будь який баланс складається з двох частин: прибуткової і витратної. Перелік умовних позначень до розрахунків водних балансів надається в табл. 5.3, 5.4, а сольових балансів – в табл. 5.5,5.6;

2) сторінка «Перегляд налаштувань» – призначена для перегляду і модифікації налаштувань програми і коефіцієнтів розрахунку, які беруть участь під час проведення розрахунку водного і сольового балансів;

3) сторінка «Перегляд діаграм» – призначена для створення, перегляду і налаштування діаграми.

Для виклику тієї чи іншої сторінки, користувачеві надано Головне меню.

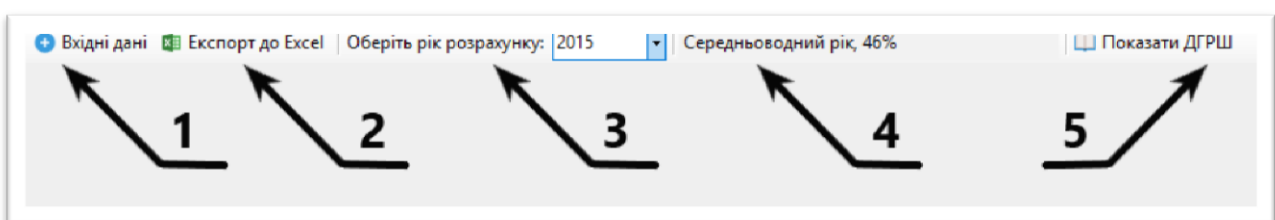


Рисунок 5.3 – Панель інструментів сторінки перегляду розрахунків

Місяць		H1	H2	H ср.	W1	W2	ΔW	F(H ср.)	P Ізм.	P Болр.	Vp	Vr	Vb	Vg	Vdr	ΣP	VD+	Voz+	ΔVні
Січ.	1.42	1.55	1.48	112.56	121.28	8.72	68.2	15.8	15.8	1.08	0.24	0.05	0.31	0	1.67	0	0	7.62	
Лют.	1.55	1.65	1.6	121.28	127.99	6.71	68.35	46.2	46.2	3.16	0.58	0.13	0.43	0	4.3	6.9	0	3.03	
Берез.	1.65	1.8	1.72	127.99	138.05	10.06	68.51	60.6	60.6	4.15	0.95	0.22	0.52	0.27	6.11	8.3	0	4.72	
Квіт.	1.8	1.77	1.78	138.05	136.04	-2.01	68.53	43.5	43.5	2.98	0.45	0.1	0.51	0.75	4.79	0	0	-1.01	
Трав.	1.77	1.64	1.7	136.04	127.32	-8.72	68.51	14.1	14.1	0.97	0.56	0.13	0.52	4.68	6.85	0	0	-5.3	
Черв.	1.64	1.52	1.58	127.32	119.27	-8.05	68.35	39.9	39.9	2.73	0.47	0.11	0.27	6	9.58	0	0	-4.17	
Лип.	1.52	1.35	1.44	119.27	107.86	-11.41	68.13	43.9	43.9	2.99	0.77	0.18	0.21	6	10.15	0	0	-7.02	
Серп.	1.35	1.17	1.26	107.86	95.78	-12.08	67.92	18.3	18.3	1.24	1.06	0.24	0.24	3	5.79	0	0	-4.29	
Вер.	1.17	1.05	1.11	95.78	87.73	-8.05	67.71	21.2	21.2	1.44	0.47	0.11	0.27	0.6	2.89	0	0	-2.66	
Жовт.	1.05	1.11	1.08	87.73	91.76	4.03	67.64	105.5	105.5	7.14	0.49	0.11	0.32	0.26	8.32	0	0	-3.73	
Листоп.	1.11	1.16	1.14	91.76	95.11	3.35	67.71	81.1	81.1	5.49	0.55	0.13	0.31	0	6.47	0	0	-2.67	
Груд.	1.16	1.16	1.16	95.11	95.11	0	67.78	0	0	0	0.58	0.13	0.24	0	0.95	0	0	-0.51	
Σ								490.1	490.1	33.36	7.17	1.65	4.13	21.56	67.87	15.2	0	-15.98	
%										40.16	8.64	1.99	4.97	25.95	81.7	18.3	0	-19.24	

Місяць		d	Ig(d)	Ig(E)	E	Et	VE	Vtr	Vf	Vz	ΣR	VD-	Voz-
Січ.	0.7	-0.15	0	0	0	0	0	0	0.57	0	0.57	0	0
Лют.	1.2	0.08	0	0	0	0	0	0	0.62	0	0.62	0	0
Берез.	2.4	0.38	0	0	0	0	0	0	0.67	0.09	0.76	0	0
Квіт.	6.2	0.79	1.85	70.89	0	4.86	0	0	0.69	0.25	5.8	0	0
Трав.	8.9	0.95	2.06	115.25	7.62	7.9	0.16	0.66	1.56	10.27	0	0	0
Черв.	11.9	1.08	2.18	151.25	25.03	10.34	0.51	0.61	2	13.46	0	0	0
Лип.	15	1.18	2.22	167.02	29.39	11.38	0.6	0.56	2	14.53	0	0	0
Серп.	18.3	1.26	2.23	169.81	27.21	11.53	0.55	0.49	1	13.58	0	0	0
Вер.	9.8	0.99	2.01	103.23	32.65	6.99	0.66	0.43	0.2	8.28	0	0	0
Жовт.	3.4	0.53	0	0	3.27	0	0.07	0.42	0.087	0.57	24.7	0	0
Листоп.	3.5	0.54	0	0	0	0	0	0.44	0	0.44	6.5	0	0
Груд.	1.6	0.2	0	0	0	0	0	0.45	0	0.45	0	0	0
Σ				777.45	108.84	52.99	2.55	6.6	7.19	69.34	31.2	0	0
%						52.71	2.54	6.56	7.15	68.97	31.03	0	0

Рисунок 5.4 – Панель вкладок - сторінка перегляду розрахунку. Вкладка водного балансу

Місяць		W1	W2	Vp	Vr	Vb	Vg	Vdr	VD+	Voz+	S1	S2	Sp	Sr	Sb	Sg	Sdr	SD+	Soz+	C1	C2	Cp	Cr	Cb	Cg	Cdr	CD+	Coz+	ΣpCi+
Січ.	112.	121.	1.08	0.24	0.05	0.31	0	0	0	0	0.02	0.22	5.16	2.94	2.6	2	0.39	0	0	2.41	0.24	1.22	0.16	0.79	0	0	0	2.41	
Лют.	121.	127.	3.16	0.58	0.13	0.43	0	6.9	0	0.02	0.08	0.22	5.16	2.94	2.6	2	0.39	0	2.41	10.28	0.69	3	0.39	1.11	0	2.69	0	7.88	
Берез.	127.	138.	4.15	0.95	0.22	0.52	0.27	8.3	0	0.08	0.16	0.22	5.16	2.94	2.6	2	0.39	0	10.28	21.79	0.91	4.89	0.64	1.35	0.54	3.24	0	11.57	
Квіт.	138.	136.	2.98	0.45	0.1	0.51	0.75	0	0.16	0.2	0.22	5.16	2.94	2.6	2	0.39	0	21.79	27.76	0.66	2.33	0.31	1.32	1.5	0	0	6.11		
Трав.	136.	127.	0.97	0.56	0.13	0.52	4.68	0	0.2	0.33	0.22	5.16	2.94	2.6	2	0.39	0	27.76	41.49	0.21	2.89	0.38	1.34	9.36	0	0	14.18		
Черв.	127.	119.	2.73	0.47	0.11	0.27	6	0	0.33	0.48	0.22	5.16	2.94	2.6	2	0.39	0	41.49	56.7	0.6	2.44	0.32	0.7	12	0	0	16.06		
Лип.	119.	107.	2.99	0.77	0.18	0.21	6	0	0.48	0.68	0.22	5.16	2.94	2.6	2	0.39	0	56.7	73.18	0.66	3.96	0.52	0.56	12	0	0	17.7		
Серп.	107.	95.78	1.24	1.06	0.24	0.24	3	0	0.68	0.89	0.22	5.16	2.94	2.6	2	0.39	0	73.18	85.26	0.27	5.48	0.72	0.62	6	0	0	13.09		
Вер.	95.78	87.73	1.44	0.47	0.11	0.27	0.6	0	0.89	1.02	0.22	5.16	2.94	2.6	2	0.39	0	85.26	89.68	0.32	2.44	0.32	0.7	1.2	0	0	4.98		
Жовт.	87.73	91.76	7.14	0.49	0.11	0.32	0.26	0	1.02	0.76	0.22	5.16	2.94	2.6	2	0.39	0	89.68	69.72	1.57	2.55	0.33	0.83	0.52	0	0	5.81		
Листоп.	91.76	95.11	5.49	0.55	0.13	0.31	0	0	0.76	0.73	0.22	5.16	2.94	2.6	2	0.39	0	69.72	69.63	1.21	2.81	0.37	0.79	0	0	0	5.18		
Груд.	95.11	95.11	0	0.58	0.13	0.24	0	0	0.73	0.77	0.22	5.16	2.94	2.6	2	0.39	0	69.63	73.32	0	3	0.39	0.62	0	0	0	4.01		
Σ			33.36	7.17	1.65	4.13	21.56	15.2	0											7.34	37.02	4.85	10.74	43.12	5.93	108.	0	0	
%			40.16	8.64	1.99	4.97	25.95	18.3	0											6.73	33.96	4.45	9.85	39.56	5.44	0	100		

Місяць		VE	Vtr	Vf	Vz	VD	Voz-	Sf	Sz	SD-	Soz-	Cf	Cz	CD-	Coz-	ΣpCi-
Січ.	0	0	0.57	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Лют.	0	0	0.62	0	0	0	0	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0	0	0	0.01
Берез.	0	0	0.67	0.09	0	0	0	0.08	0.08	0.08	0.08	0.05	0.01	0	0	0.06
Квіт.	4.86	0	0.69	0.25	0	0	0	0.16	0.16	0.16	0.16	0.11	0.04	0	0	0.15
Трав.	7.9	0.16	0.66	1.56	0	0	0	0.2	0.2	0.2	0.2	0.13	0.32	0	0	0.45
Черв.	10.34	0.51	0.61	2	0	0	0	0.33	0.33	0.33	0.33	0.2	0.65	0	0	0.85
Лип.	11.38	0.6	0.56	2	0	0	0	0.48	0.48	0.48	0.48	0.26	0.95	0	0	1.21
Серп.	11.53	0.55	0.49	1	0	0	0	0.68	0.68	0.68	0.68	0.33	0.68	0	0	1.01
Вер.	6.99	0.66	0.43	0.2	0	0	0	0.89	0.89	0.89	0.89	0.38	0.18	0	0	0.56
Жовт.	0	0.07	0.42	0.087	24.7	0	0	1.02	1.02	1.02	1.02	0.43	0.09	25.25	0	25.76
Листоп.	0	0	0.44	0	6.5	0	0	0.76	0.76	0.76	0.76	0.33	0	4.94	0	5.27
Груд.	0	0	0.45	0	0	0	0	0.73	0.73	0.73	0.73	0.33	0	0	0	0.33
Σ	52.99	2.55	6.6	7.19	31.2	0						2.57	2.91	30.19	0	35.68
%	52.71	2.54	6.56	7.15	31.03	0						7.22	8.16	84.62	0	100

Рисунок 5.5 – Панель вкладок - сторінка перегляду розрахунку. Вкладка сольового балансу

Таблиця 5.3 - Складові ВБПЧ (водний баланс прибуткова частина)

<b>Позначення складової</b>	<b>Опис</b>	<b>Одиниці вимірювання</b>
H1	Рівень води на початку місяця	мБС
H2	Рівень води наприкінці місяця	мБС
H ср.	Середній рівень води за місяць	мБС
W1	Об'єм води в озері на початку місяця	млн м <sup>3</sup>
W2	Об'єм води в озері наприкінці місяця	млн м <sup>3</sup>
$\Delta W$	Зміни об'ємів води в озері за місяць	млн м <sup>3</sup>
F(H ср.)	Площа водного дзеркала	км <sup>2</sup>
P Ізм.	Опади виміряні на м/ст Ізмаїл	мм
P Болг.	Опади виміряні на м/ст Болград	мм
Vp	Об'єм атмосферних опадів	млн м <sup>3</sup>
Vr	Об'єм річкового стоку	млн м <sup>3</sup>
Vb	Об'єм бічного припливу	млн м <sup>3</sup>
Vg	Об'єм припливу ґрунтових вод	млн м <sup>3</sup>
Vdr	Об'єм надходження дренажних вод	млн м <sup>3</sup>
$\Sigma P$	Сума прихідної частини	млн м <sup>3</sup>
VD+	Приплив води з р. Дунай	млн м <sup>3</sup>
Voz+	Підтримка рівнів води озер Лунг-Сафьян	млн м <sup>3</sup>
$\Delta V_{ні}$	Нев'язкі рівняння водного балансу	млн м <sup>3</sup>

Таблиця 5.4 - Складові ВБВЧ (водний баланс витратна частина)

<b>Позначення складової</b>	<b>Опис</b>	<b>Одиниці вимірювання</b>
D	Дефіцит влогості	гПа
lg(d)	Логарифм дефіциту вологості	-
lg(E)	Логарифм випаровування	-
E	Випаровування	мм
E <sub>tr</sub>	Транспірація	мм
VE	Об'єм випаровування	млн м <sup>3</sup>
V <sub>tr</sub>	Об'єм транспірації	млн м <sup>3</sup>
V <sub>f</sub>	Об'єм фільтрації	млн м <sup>3</sup>
V <sub>z</sub>	Збір води на зрошування	млн м <sup>3</sup>
∑R	Сума витратної частини	млн м <sup>3</sup>
VD-	Скиди води з озера в р. Дунай	млн м <sup>3</sup>
V <sub>oz-</sub>	Підримка рівнів води озер Лунг-Сафьян	млн м <sup>3</sup>

Таблиця 5.5 - Складові СБПЧ (сольовий баланс прибуткова частина)

Позначення складової	Опис	Одиниці вимірювання
W1, W2, Vp, Vr, Vb, Vg, Vdr, VD+, Voz+	Дивись (2.2)	млн м <sup>3</sup>
S1	Середня по озеру мінералізація на початку місяця	кг/м <sup>3</sup>
S2	Середня по озеру мінералізація наприкінці місяця	кг/м <sup>3</sup>
Sp	Мінералізація атмосферних опадів	кг/м <sup>3</sup>
Sr	Мінералізація поверхневого стоку	кг/м <sup>3</sup>
Sb	Мінералізація бічного стоку	кг/м <sup>3</sup>
Sg	Мінералізація ґрунтового стоку	кг/м <sup>3</sup>
Sdr	Мінералізація дренажних вод	кг/м <sup>3</sup>
SD+	Мінералізація Дунайської води	кг/м <sup>3</sup>
Soz+	Мінералізація води на підтримку рівнів води в системі озер Лунг-Сафьян	кг/м <sup>3</sup>
C1	Концентрація солей по озеру на початку місяця	10 <sup>6</sup> т.
C2	Концентрація солей по озеру на прикінці місяця	10 <sup>6</sup> т.
Cp	Надходження солей з опадами	10 <sup>6</sup> т.
Cr	Надходження солей з поверхневим стоком	10 <sup>6</sup> т.
Cb	Надходження солей з бічним припливом	10 <sup>6</sup> т.
Cg	Надходження солей з ґрунтовими водами	10 <sup>6</sup> т.
Cdr	Надходження солей з дренажними водами	10 <sup>6</sup> т.
CD+	Надходження солей з Дунайською водою	10 <sup>6</sup> т.
Coz+	Надходження солей з системи озер Лунг-Сафьян	10 <sup>6</sup> т.
∑pCi+	Сума прихідної частини	10 <sup>6</sup> т.

Таблиця 5.6 - Складові СБВЧ (сольовий баланс витратна частина)

Позначення складової	Опис	Одиниці вимірювання
VE, Vtr, Vf, Vz, VD-, Voz-	Дивись (2.2)	млн м <sup>3</sup>
Sf	Мінералізація фільтрації	кг/м <sup>3</sup>
Sz	Мінералізація збору води на зрошування	кг/м <sup>3</sup>
SD-	Мінералізація скидів води у р. Дунай	кг/м <sup>3</sup>
Soz-	Мінералізація води на підтримку рівнів води в системі озер Лунг-Сафьян	кг/м <sup>3</sup>
Cf	Втрата солей з фільтрацією	10 <sup>6</sup> т.
Cz	Втрата солей на зрошуванні	10 <sup>6</sup> т.
CD-	Скиди води разом із солями у р. Дунай	10 <sup>6</sup> т.
Coz-	Вивід солей з водою на підтримку рівнів води у системі озер Лунг-Сафьян	10 <sup>6</sup> т.
ErCi-	Сума витратної частини	10 <sup>6</sup> т.

Сторінка «Перегляд налаштувань».

Налаштування програми розміщені у вкладці «Загальні налаштування», налаштування коефіцієнтів розрахунку у вкладці – «Налаштування розрахунку».

У вкладці «Загальні налаштування» можна змінити:

- Шлях до файлу бази даних розрахунків;
- Розташування папки, куди будуть зберігатися Excel-файли розрахунків;
- Розташування папки, куди будуть зберігатися зображень діаграм;
- Мову програмного продукту.

У вкладці «Налаштування розрахунку» можна змінити:

- Коефіцієнти, що беруть участь в проведенні розрахунку ВБПЧ, ВБВЧ, СБПЧ і СБВЧ
- Значення таблиць розподілів:
  - поверхневого стоку;
  - припливу ґрунтових вод;
- Відношень:
  - F до Hcp.;
  - P до p%;
  - kр до p%;



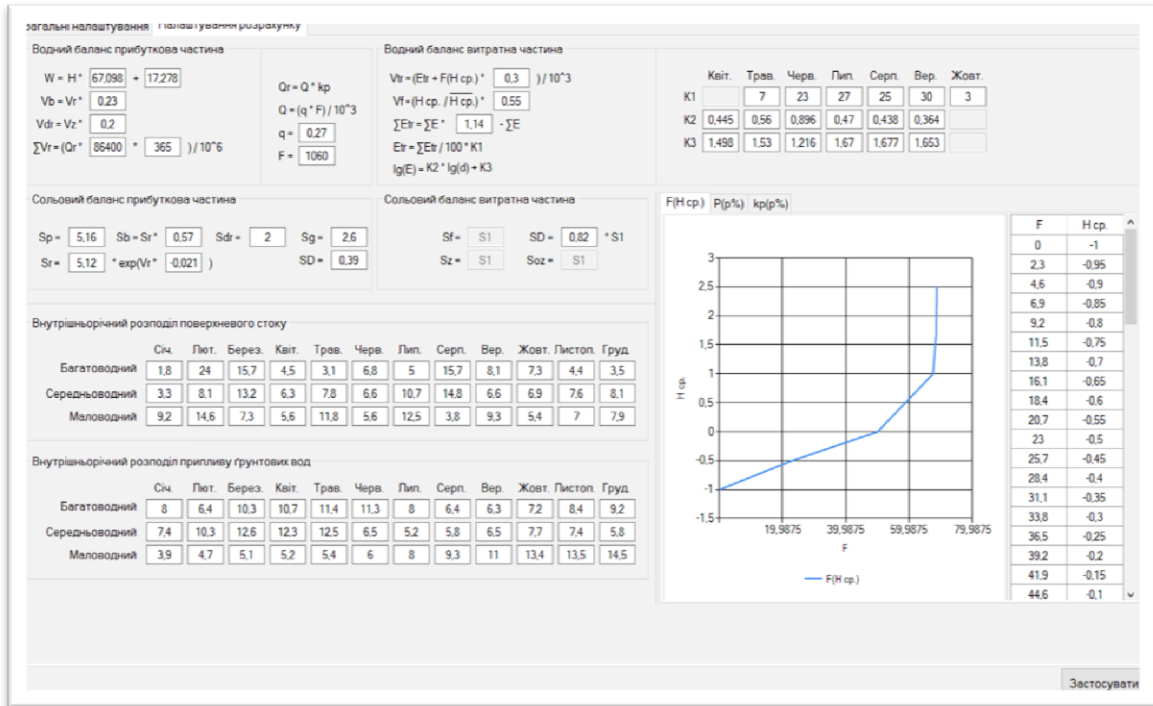


Рисунок 5.6 – Сторінка перегляду налаштувань. Вкладка налаштувань коефіцієнтів розрахунку

Сторінка «Перегляд діаграм» призначена для формування (створення), перегляду і налаштуванню діаграми. Сторінка складається з Панелі інструментів (рис.5.7) і Області діаграми (рис.5.8).

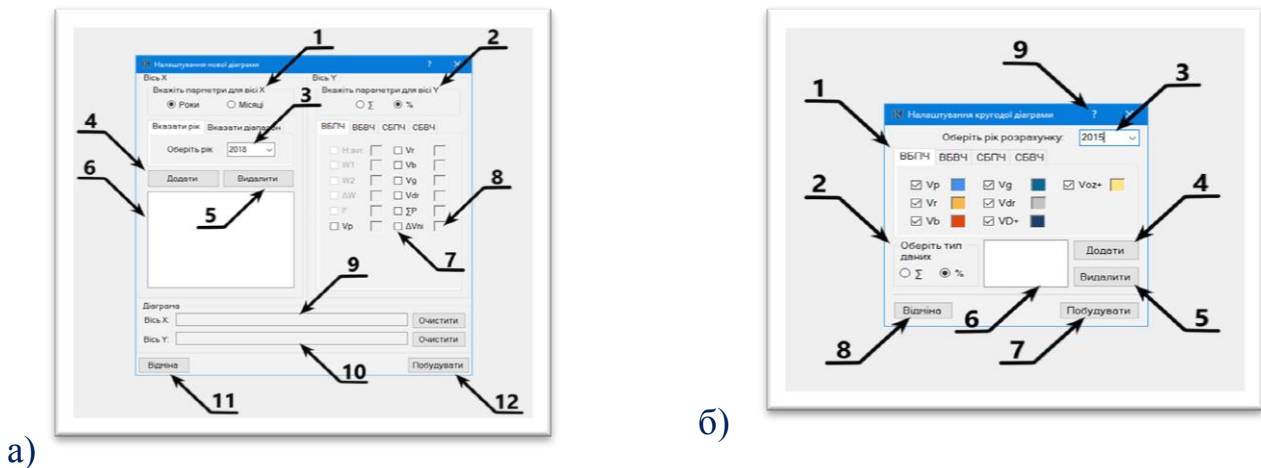


Рисунок 5.7 - Вікно налаштування стовбчатої (а) та кругової (б) діаграм

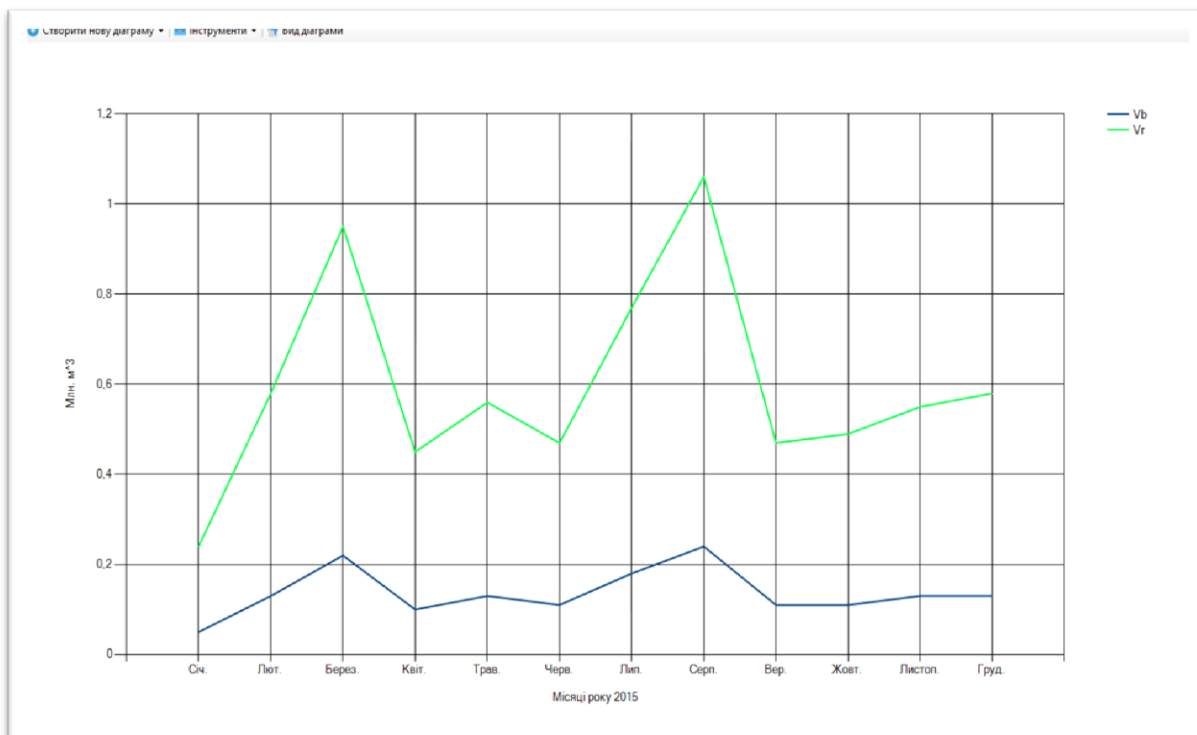


Рисунок 5.8 – Сторінка перегляду діаграми

Встановлення і перший запуск програмного продукту «*CatlabuhApp*».

Для встановлення цього програмного продукту на персональний комп'ютер, необхідно витягти папку *CatlabuhApp* з архіву у місце на диску, яке є вільним.

Для дебютного запуску програми треба встановити «*NET Framework*» версії 4.6.1. Якщо цей пакет є відсутнім, то при запуску *CatlabuhApp*, програма видає відповідне повідомлення.

Завантажити та встановити цей пакет можна з офіційного сайту Microsoft: <https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=49982>.

Розроблений програмний комплекс дозволяє якомога швидко та легко розрахувати водно-сольовий режим озера Катлабух, представити у вигляді графіка отримані результати, створити модель водний баланс водойми у часі за різних умов його водогосподарської використання з цілю надання резонних техніко-економічних рекомендацій щодо приведення озера до належного гідроекологічного стану.

Подальші можливості розвитку комплексу зв'язані з покращенням і прискоренням обчислень розрахунку, просторовим по акваторії озера моделюванням розподілу мінералізації та якості води.

## 6 Практичне завдання

### Розрахунки водно-сольового режиму Придунайських озер в умовах господарського використання (на прикладі озера Катлабух)

**Мета роботи.** Метою практичної роботи є розрахунки складових водного та сольового балансів озера Катлабух, вирішення рівняння водно-сольового балансу в умовах господарського використання.

#### Завдання.

1. Дати письмові відповіді на контрольні запитання.
2. Виконати розрахунки складових водного та сольового балансів озера Катлабух (відповідно обраного року).
3. Підготувати висновок по результатам розрахунків.

### Порядок розрахунків (на прикладі 2020 року)

**I. Збір вихідної гідрометеорологічної інформації** і формування бази даних у програмному комплексі «*CatlabuhApp*» для озера Катлабух у 2020 р.

В ході роботи для розрахунків водного балансу озера Катлабух необхідний збір таких вихідних даних у конкретному році:

- сума опадів за місяць по метеостанції Ізмаїл та м/ст Болград;
- сума випаровування за місяць по метеостанції Болград;
- середньомісячні температури повітря по метеостанції Ізмаїл та Болград;
- щоденні рівні води в озері Катлабух.

Всі вихідні дані заносяться у базу вихідних даних програмного комплексу «*CatlabuhApp*» (рис. 6.1).

Вкажіть рівні води, мБС			
01 Січ.	0.75	/ 31 Січ.	0.71
01 Лют.	0.71	/ 28(29) Лют.	0.73
01 Берез.	0.73	/ 31 Берез.	0.74
01 Квіт.	0.74	/ 30 Квіт.	0.84
01 Трав.	0.84	31 Трав.	1.01
01 Черв.	1.01	/ 30 Серп.	1.13
01 Лип.	1.13	/ 31 Лип.	1.08
01 Серп.	1.08	/ 31 Серп.	0.84
01 Вер.	0.84	/ 30 Вер.	0.72
01 Жовт.	0.72	/ 31 Жовт.	0.7
01 Листоп.	0.7	/ 30 Листоп.	0.7
01 Груд.	0.7	/ 31 Груд.	0.7

Сума опадів за місяць, мм		
	Дані з м/ст Ізмаїл	Дані з м/ст Болград
Січ.	6.6	7.7
Лют.	31.2	35.6
Берез.	2	10
Квіт.	1.9	14.4
Трав.	49.7	68.5
Черв.	52.8	176.8
Лип.	77.4	31.6
Серп.	6	1.3
Вер.	15.7	21.9
Жовт.	20.7	45.7
Листоп.	40.3	46.5
Груд.	53.7	79

Вкажіть забір води на зрош., млн. м³		
Січ.	0	
Лют.	0	
Берез.	3,85	
Квіт.	15,44	
Трав.	19,96	
Черв.	20,61	
Лип.	18,68	
Серп.	0,95	
Вер.	0	
Жовт.	0	
Листоп.	0	
Груд.	0	

Вкажіть визначення випаровування		
<input checked="" type="radio"/> Дані з м/ст. Болград		
<input type="radio"/> Дані за SLEB		
<input type="radio"/> Розрахувати за дефіцитом вологості		
Січ.	0	
Лют.	0	
Берез.	0	
Квіт.	114	
Трав.	161	
Черв.	174	
Лип.	254	
Серп.	276	
Вер.	210	
Жовт.	127	
Листоп.	48	
Груд.	62	

Вкажіть об'єми за рік, млн. м³: Приплив ґрунтових вод: 4.13

Вкажіть середню мінералізацію, кг/м³: Груд поперед. року: 0

ДГРШ: Враховувати дані з графіку роботи шлюзів?

Рисунок 6.1 - Вихідні дані гідрометеорологічної інформації у базі даних програмного комплексу «*CatlabuhApp*» у 2020 р.

## II. Основні етапи розрахунків водного та сольового балансів озера Катлабух

Для виконання розрахунків **водного балансу** озера за програмним комплексом «*CatlabuhApp*» здійснюється за такими етапами:

1. Розрахунок компонентів приходної частини водного балансу (у млн м<sup>3</sup>):  $V_{P_i}$  - атмосферні опади;  $V_{ri}$  - річковий стік;  $V_{bi}$  - бічний приплив;  $V_{gri}$  - приплив ґрунтових вод;  $V_{dri}$  - приплив дренажних вод;  $V_{Di}$  - стік річки Дунай.

2. Розрахунок компонентів витратної частини водного балансу (у млн м<sup>3</sup>):  
До компонентів витратної частини відносяться такі складові:  $V_{Ei}$  - об'єм випаровування з водної поверхні озера;  $V_{Tri}$  - об'єм транспірації водною рослинністю;  $V_{fi}$  - об'єм фільтрації води в береги;  $V_{zi}$  - об'єм забору води з водосховища Катлабух;  $V_{Di}$  - об'єм скидів води з озера в р. Дунай;  $V_{ozi}$  - підтримка рівнів води озер Лунг-Саф'ян.

3. Розрахунок неув'язок водного балансу (у млн м<sup>3</sup> чи у %).

Результати розрахунків водного балансу озера Катлабух у 2020 р. (за пп.1-3) наведені в табл.6.1.

Таблиця 6.1 - Результати розрахунків водного балансу озера Катлабух у 2020 р.

Місяць	H1	H2	H ср.	W1	W2	ΔW	F(H ср.)	P Ізм.	P Болг.	Vp	Vr	Vb	Vg	Vdr	ΣP	VD+	Voz+	ΔVні
Січ.	0.75	0.71	0.73	67.6	64.92	-2.68	63.12	6.6	7.7	0.42	0.21	0.05	0.33	0	1	0	0	-3.2
Лют.	0.71	0.73	0.72	64.92	66.26	1.34	63.12	31.2	35.6	1.97	2.77	0.64	0.26	0	5.64	0	0	-3.82
Берез.	0.73	0.74	0.74	66.26	66.93	0.67	63.12	2	10	0.13	1.81	0.42	0.43	0.77	3.55	0	0	1.46
Квіт.	0.74	0.84	0.79	66.93	73.64	6.71	64	1.9	14.4	0.12	0.52	0.12	0.44	3.09	4.29	25.68	0	25.68
Трав.	0.84	1.01	0.92	73.64	85.05	11.41	66.62	49.7	68.5	3.31	0.36	0.08	0.47	3.99	8.21	34.77	0	34.77
Черв.	1.01	1.13	1.07	85.05	93.1	8.05	67.64	52.8	176.8	3.57	0.79	0.18	0.47	4.12	9.13	32.95	0	32.95
Лип.	1.13	1.08	1.1	93.1	89.74	-3.35	67.71	77.4	31.6	5.24	0.58	0.13	0.33	3.74	10.02	24.34	0	24.34
Серп.	1.08	0.84	0.96	89.74	73.64	-16.1	67.5	6	1.3	0.4	1.81	0.42	0.26	0.19	3.09	0	0	2.04
Вер.	0.84	0.72	0.78	73.64	65.59	-8.05	64	15.7	21.9	1	0.94	0.22	0.26	0	2.42	0	0	4.64
Жовт.	0.72	0.7	0.71	65.59	64.25	-1.34	63.12	20.7	45.7	1.31	0.84	0.19	0.3	0	2.64	0	0	4.62
Листоп.	0.7	0.7	0.7	64.25	64.25	0	62.25	40.3	46.5	2.51	0.51	0.12	0.35	0	3.48	0	0	-0.03
Груд.	0.7	0.7	0.7	64.25	64.25	0	62.25	53.7	79	3.34	0.4	0.09	0.38	0	4.22	0	0	0.1

Місяць	d	lg(d)	lg(E)	E	Etr	VE	Vtr	Vf	Vz	ΣR	VD-	Voz-
Січ.	0	0	0	0	0	0	0	0.49	0	0.49	0	0
Лют.	0	0	0	0	0	0	0	0.48	0	0.48	0	0
Берез.	0	0	0	0	0	0	0	0.49	3.85	4.34	0	0
Квіт.	0	0	0	114	0	7.3	0	0.53	15.44	23.26	0	0
Трав.	0	0	0	161	13.97	10.73	0.28	0.62	19.96	31.58	0	0
Черв.	0	0	0	174	45.92	11.77	0.93	0.71	20.61	34.02	0	0
Лип.	0	0	0	254	53.9	17.2	1.09	0.73	18.68	37.71	0	0
Серп.	0	0	0	276	49.91	18.63	1.01	0.64	0.95	21.23	0	0
Вер.	0	0	0	210	59.89	13.44	1.15	0.52	0	15.11	4.64	0
Жовт.	0	0	0	127	5.99	8.02	0.11	0.47	0	8.6	4.62	0
Листоп.	0	0	0	48	0	2.99	0	0.47	0	3.45	0	0

4. Графічне представлення компонентів приходної (рис.6.2) та витратної частин водного балансу (у млн м<sup>3</sup>) (рис.6.3) та вклад основних компонентів в водному балансі озера (рис.6.4, рис.6.5).

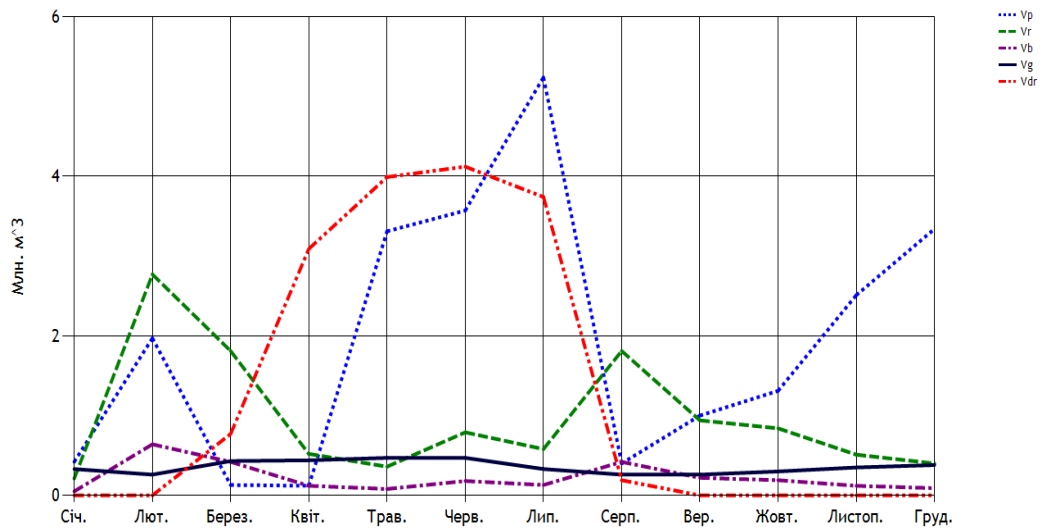


Рисунок 6.2 - Графічне представлення компонентів приходної частини водного балансу озера Катлабух (у млн м<sup>3</sup>) у 2020 р.

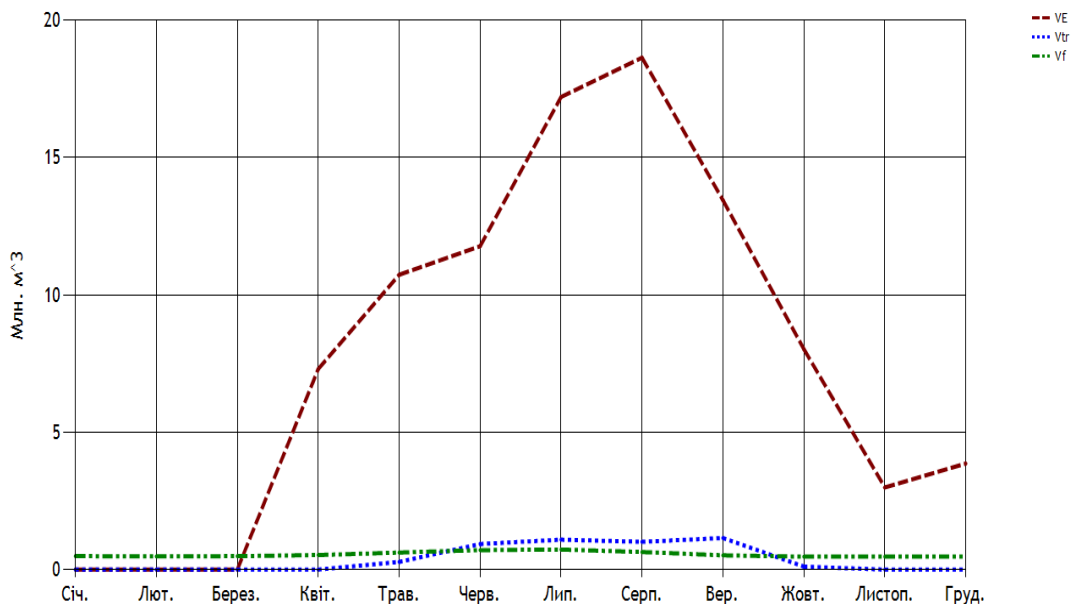


Рисунок 6.3 - Графічне представлення компонентів витратної частини водного балансу озера Катлабух (у млн м<sup>3</sup>) у 2020 р.

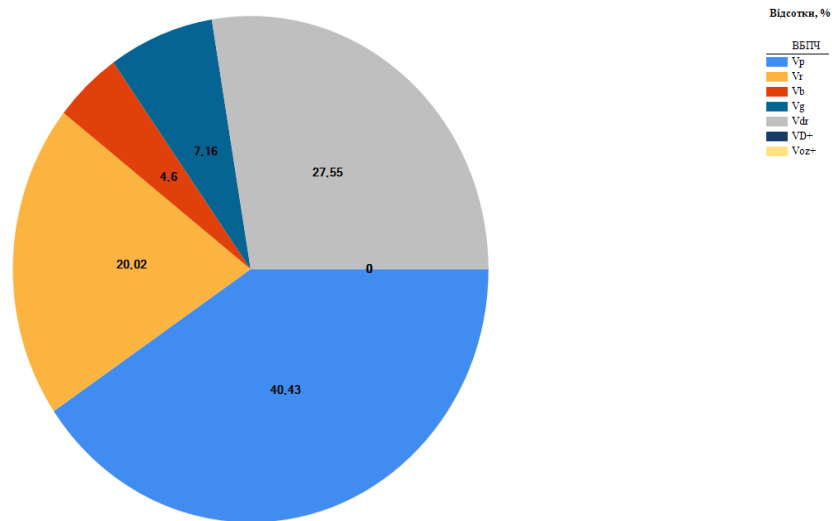


Рисунок 6.4 - Вклад основних компонентів у приходній частині водного балансу озера Катлабух (у %) у 2020 р.

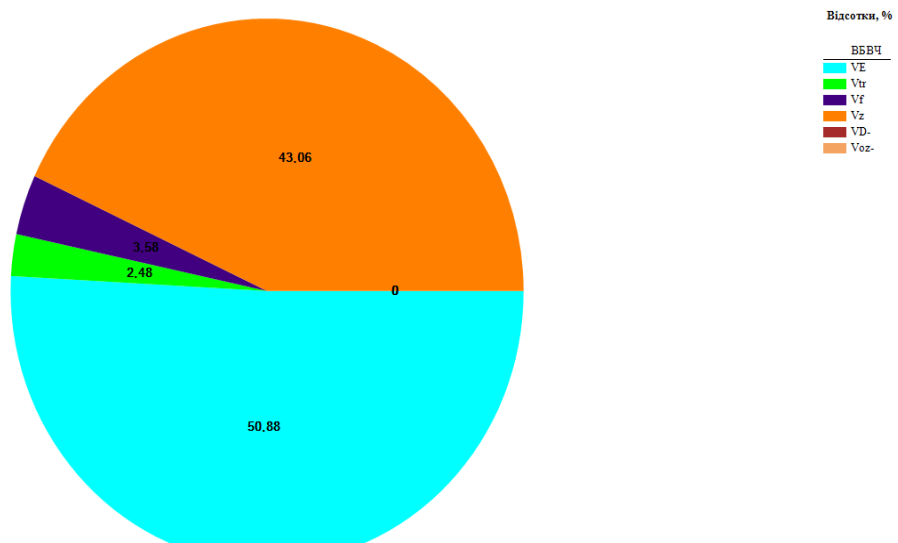


Рисунок 6.5 - Вклад основних компонентів у витратній частині водного балансу озера Катлабух (у %) у 2020 р.

Етапи розрахунків **сольових балансів** наступні:

1. Початкова мінералізація для першого місяця розрахункового року приймається кінцева мінералізація для попереднього року.
2. На основі рівняння (2.2) розраховується кінцева мінералізація для першого місяця, яка стає початковою для другого розрахункового місяця.
3. Розрахунок компонентів приходної частини сольового балансу (у  $10^3$ т):  $C_p$  - надходження солей з опадами;  $C_r$  - надходження солей з поверхневим стоком;  $C_b$  - надходження солей з бічним припливом;  $C_g$  - надходження солей з

грунтовими водами;  $C_{dr}$  - надходження солей з дренажними водами;  $C_{D+}$  - надходження солей з Дунайською водою;  $C_{oz+}$  - надходження солей з системи озер Лунг-Сафьян.

4. Розрахунок компонентів витратної частини сольового балансу (у  $10^3$ т):  $C_f$  - втрата солей з фільтрацією;  $C_z$  - втрата солей на зрошуванні;  $C_D$  - скиди води разом із солями у р. Дунай;  $C_{oz-}$  - вивід солей з водою на підтримку рівнів води у системі озер Лунг-Сафьян.

Результати розрахунків сольового балансу озера Катлабух у 2020 р. (за пп.1-4) наведені в табл.6.2.

Таблиця 6.2 - Результати розрахунків сольового балансу озера Катлабух у 2020 р.

Місяць	W1	W2	Vr	Vb	Vg	Vdr	VD+	Voz+	S1	S2	Sp	Sr	Sb	Sg	Sdr	SD+	Soz+	C1	C2	Cp	Cr	Cb	Cg	Cdr	CD+	Coz+	ΣpCi+
Січ.	67,6	64,92	0,42	0,21	0,05	0,33	0	0	4,42	4,6	0,22	5,1	2,91	2,6	2	0,39	0	298,8	298,8	0,09	1,06	0,14	0,86	0	0	0	2,15
Лют.	64,92	66,26	1,97	2,77	0,64	0,26	0	0	4,6	4,72	0,22	4,83	2,75	2,6	2	0,39	0	298,8	312...	0,43	13,39	1,76	0,69	0	0	0	16,27
Берез.	66,26	66,93	0,13	1,81	0,42	0,43	0,77	0	4,72	4,56	0,22	4,93	2,81	2,6	2	0,39	0	312...	305...	0,03	8,94	1,17	1,11	1,54	0	0	12,79
Квіт.	66,93	73,64	0,12	0,52	0,12	0,44	3,09	25,68	4,56	3,3	0,22	5,06	2,89	2,6	2	0,39	0	305...	242,7	0,03	2,63	0,35	1,15	6,18	0	0	10,33
Трав.	73,64	85,05	3,31	0,36	0,08	0,47	3,99	34,77	3,3	2,2	0,22	5,08	2,9	2,6	2	0,39	0	242,7	186...	0,73	1,82	0,24	1,22	7,98	0	0	12
Черв.	85,05	93,1	3,57	0,79	0,18	0,47	4,12	32,95	2,2	1,66	0,22	5,04	2,87	2,6	2	0,39	0	186...	154...	0,79	3,96	0,52	1,21	8,24	0	0	14,72
Лип.	93,1	89,74	5,24	0,58	0,13	0,33	3,74	24,34	1,66	1,51	0,22	5,06	2,88	2,6	2	0,39	0	154...	135...	1,15	2,92	0,38	0,86	7,47	0	0	12,79
Серп.	89,74	73,64	0,4	1,81	0,42	0,26	0,19	0	1,51	1,96	0,22	4,93	2,81	2,6	2	0,39	0	135...	144...	0,09	8,94	1,17	0,69	0,38	0	0	11,27
Вер.	73,64	65,59	1	0,94	0,22	0,26	0	0	1,96	2,28	0,22	5,02	2,86	2,6	2	0,39	0	144...	149...	0,22	4,7	0,62	0,68	0	0	0	6,21
Жовт.	65,59	64,25	1,31	0,84	0,19	0,3	0	0	2,28	2,4	0,22	5,03	2,87	2,6	2	0,39	0	149...	154...	0,29	4,24	0,56	0,77	0	0	0	5,86
Листоп.	64,25	64,25	2,51	0,51	0,12	0,35	0	0	2,4	2,45	0,22	5,07	2,89	2,6	2	0,39	0	154...	157...	0,55	2,57	0,34	0,9	0	0	0	4,37
Груд.	64,25	64,25	3,34	0,4	0,09	0,38	0	0	2,45	2,49	0,22	5,08	2,89	2,6	2	0,39	0	157...	160...	0,74	2,05	0,27	0,99	0	0	0	4,05

Місяць	VE	Vtr	Vf	Vz	VD	Voz-	Sf	Sz	SD-	Soz-	Cf	Cz	CD-	Coz-	ΣpCi-
Січ.	0	0	0,49	0	0	0	4,42	4,42	3,62	4,42	2,15	0	0	0	2,15
Лют.	0	0	0,48	0	0	0	4,6	4,6	3,77	4,6	2,2	0	0	0	2,2
Берез.	0	0	0,49	3,85	0	0	4,72	4,72	3,87	4,72	2,31	18,18	0	0	20,49
Квіт.	7,3	0	0,53	15,44	0	0	4,56	4,56	3,74	4,56	2,4	70,4	0	0	72,79
Трав.	10,73	0,28	0,62	19,96	0	0	3,3	3,3	2,7	3,3	2,03	65,78	0	0	67,81
Черв.	11,77	0,93	0,71	20,61	0	0	2,2	2,2	1,8	2,2	1,56	45,29	0	0	46,85
Лип.	17,2	1,09	0,73	18,68	0	0	1,66	1,66	1,36	1,66	1,22	31,05	0	0	32,27
Серп.	18,63	1,01	0,64	0,95	0	0	1,51	1,51	1,24	1,51	0,96	1,43	0	0	2,39
Вер.	13,44	1,15	0,52	0	4,64	0	1,96	1,96	1,61	1,96	1,02	0	0	0	1,02
Жовт.	8,02	0,11	0,47	0	4,62	0	2,28	2,28	1,87	2,28	1,08	0	0	0	1,08
Листоп.	2,99	0	0,47	0	0	0	2,4	2,4	1,97	2,4	1,12	0	0	0	1,12

5. Графічне представлення компонентів приходної (рис.6.6) та витратної частин сольового балансу (у  $10^3$  т) (рис.6.7) та вклад основних компонентів в сольовому балансі озера Катлабух (у %) (рис.6.8, рис.6.9).

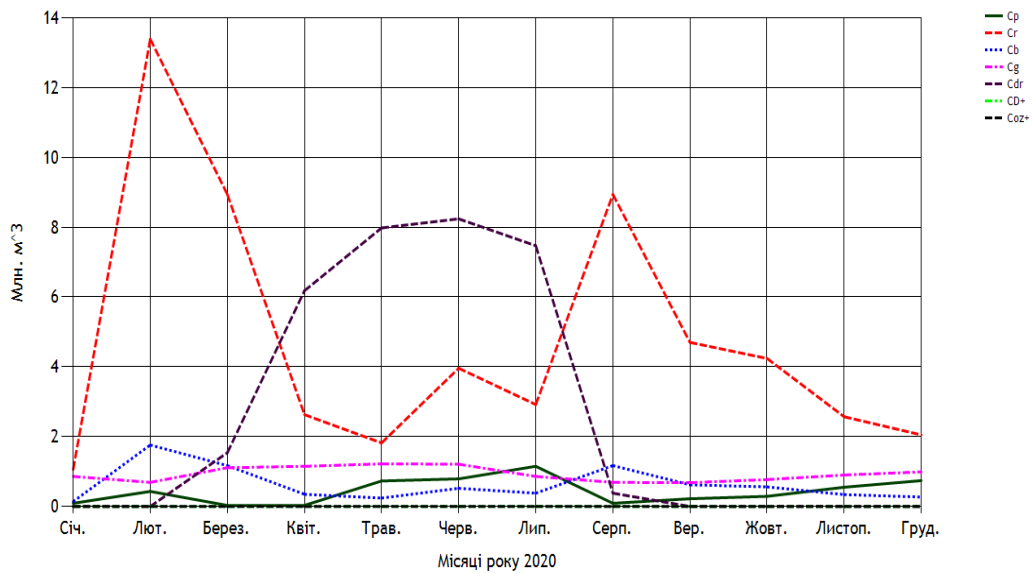


Рисунок 6.6 - Графічне представлення компонентів приходної частини сольового балансу озера Катлабух (у  $10^3$  т) у 2020 р.

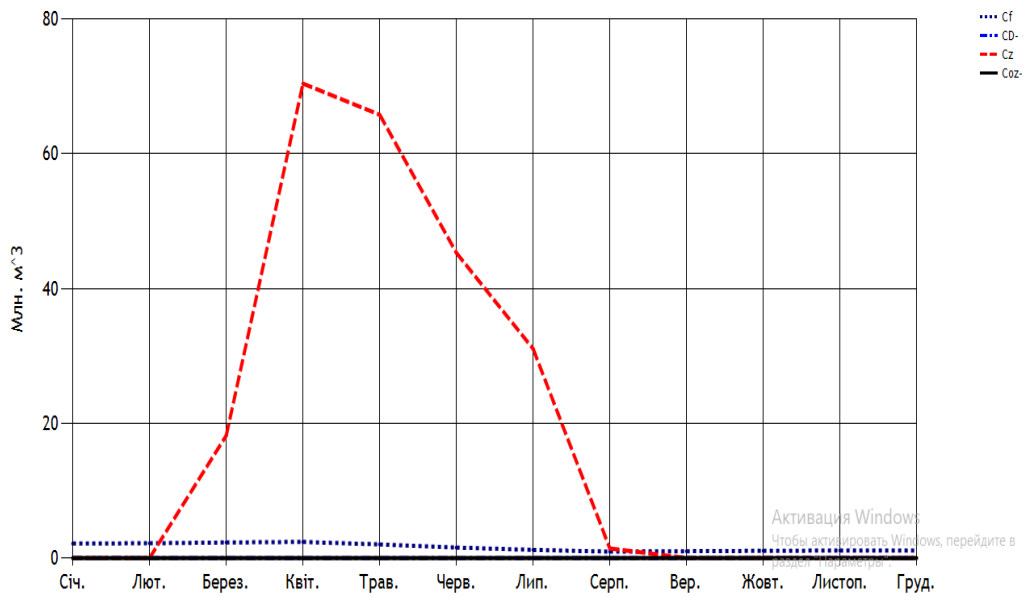


Рисунок 6.7 - Графічне представлення компонентів витратної частини сольового балансу озера Катлабух (у  $10^3$  т) у 2020 р.



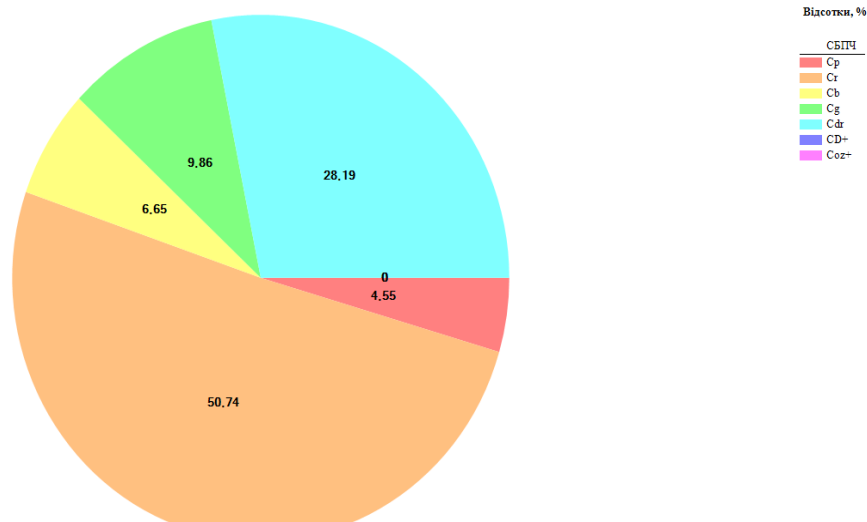


Рисунок 6.8 - Вклад основних компонентів у приходній частині сольового балансу озера Катлабух (у %) у 2020 р.

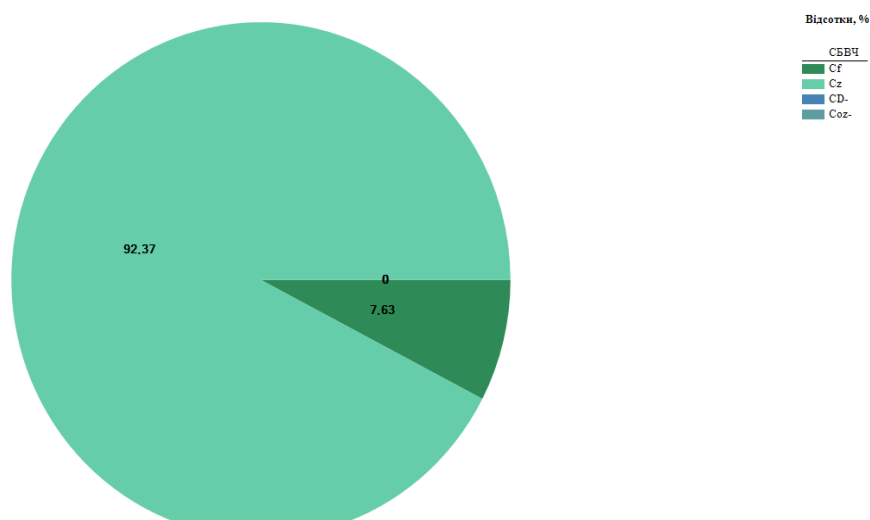


Рисунок 6.9 - Вклад основних компонентів у витратній частині сольового балансу озера Катлабух (у %) у 2020 р.

### III. Формулювання висновку.

В результаті виконання роботи визначені складові водного та сольового балансів озера Катлабух у 2020 р.

Результати розрахунків водних балансів у 2020 р. показали, що основний об'єм приходної частини становлять атмосферні опади (40,4%), об'єм річкового припливу та надходження води з р. Дунай дорівнює 20,0%, приплив дренажних вод 27,6%, об'єми ґрунтових вод 7,16%, та бічного припливу 4,6%.

У витратній частині основний об'єм припадає на випаровування та транспірацію (53,5%), об'єми заборів води на зрошення у 2020 році становлять 43,1%, на та фільтрацію становлять 3,6%.

Розрахунки сольового балансу у 2020 р. показали, що у приходній частині надходження солей з поверхневим стоком та води з р. Дунай – становить 50,7%. З дренажними водами 28,2% ґрунтовими водами, бічним припливом, та водами з атмосферних опадів надходить відповідно 9,9%, 6,6%, та 4,6% солей.

У витратній частині втрати солей відбуваються з об'ємами води на зрошування та дорівнюють 92,4%, а втрати солей на фільтрацію становлять 7,63%.

### **Контрольні запитання**

1. Які основні складові входять до розрахунку приходної частини водного балансу озера Катлабух по програмі «CatlabuhApp»?
2. Як розрахувати приплив води по річках до озера за відсутності спостережень за стоком води на них?
3. Як розрахувати приплив води від опадів на площу водної поверхні озера?
4. Які основні складові входять до розрахунку витратної частини водного балансу озера Катлабух по програмі «CatlabuhApp»?
5. Які основні складові входять до розрахунку приходної частини сольового балансу озера Катлабух по програмі «CatlabuhApp»?
6. Які основні складові входять до розрахунку витратної частини сольового балансу озера Катлабух по програмі «CatlabuhApp»?

### **СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ**

#### *Основна*

1. Шакірманова Ж.Р., Романова Є.О. Водний і сольовий режими озера Катлабух: монографія / Одеський державний екологічний університет. Житомир: ТОВ «505», 2021. 336 с.
2. Медведєва Ю.С., Гопченко Є.Д., Шакірманова Ж.Р. Водний і сольовий режими озера Китай: монографія; ОДЕКУ. Одеса: ТЕС, 2018. 136 с.
3. Гопченко Є.Д., Гушля О.В. Гідрологія суші з основами водних меліорацій: навч. посібник. Київ: ІСЛЮ, 1994. 296 с.
4. Пелешенко В.І., Хільчевський В.К. Загальна гідрохімія. Київ : Либідь, 1997. 382 с.
5. Хільчевський В.К., Осадчий В.І., Курило С.М. Регіональна гідрохімія України: підручник. ВПЦ "Київський університет", 2019. 343 с.

### *Додаткова*

6. Правила експлуатації озера Катлабух / Південний науковий центр академії АН України. Регіональний науковий центр з водних проблем «Фобіус». Одеса, 2000. 74 с.
7. Водні ресурси та гідроекологічний стан Тилігульського лиману: монографія/ Од. держ. еколог. ун-т; за ред. Ю.С. Тучковенка, Н.С. Лободи. Одеса:ТЕС, 2014. 277 с.
8. Водний режим та гідроекологічні характеристики Куяльницького лиману: монографія/ Од. держ. еколог. ун-т; за ред. Н.С. Лободи, Є.Д. Гопченка. Одеса: ТЕС, 2016. 332 с.
9. Пособие по определению расчетных гидрологических характеристик. Ленинград: Гидрометеиздат, 1984. 448 с.
10. Бефани А.Н. Пути генетического определения нормы стока. *Научный ежегодник ОГУ*. Одеса, 1957. 125 с.
11. Алекин О. А. Основы гидрохимии. Гидрометеорологическое издательство. Ленинград, 1970. 444 с.

## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

по виконанню практичних занять з дисципліни  
«Антропогенна гідрологія»  
за темою «Розрахунки водно-сольового режиму Придунайських озер в умовах  
господарського використання»  
для студентів денної та заочної форм навчання  
спеціальності 103 «Науки про Землю»  
ОП Гідрологія та комплексне використання водних ресурсів  
рівень вищої освіти магістр

### **Укладачі:**

Шакірзанова Жаннетта Рашидівна д-р геогр. наук, проф.  
Мирза Катерина Леонідівна, ас.

Підп. до друку  
Умовн. друк. арк.

Формат  
Тираж

Папір  
Зам. №

Надруковано з готового оригінал-макета

---

Одеський державний екологічний університет  
65016, Одеса, вул.Львівська, 15

---