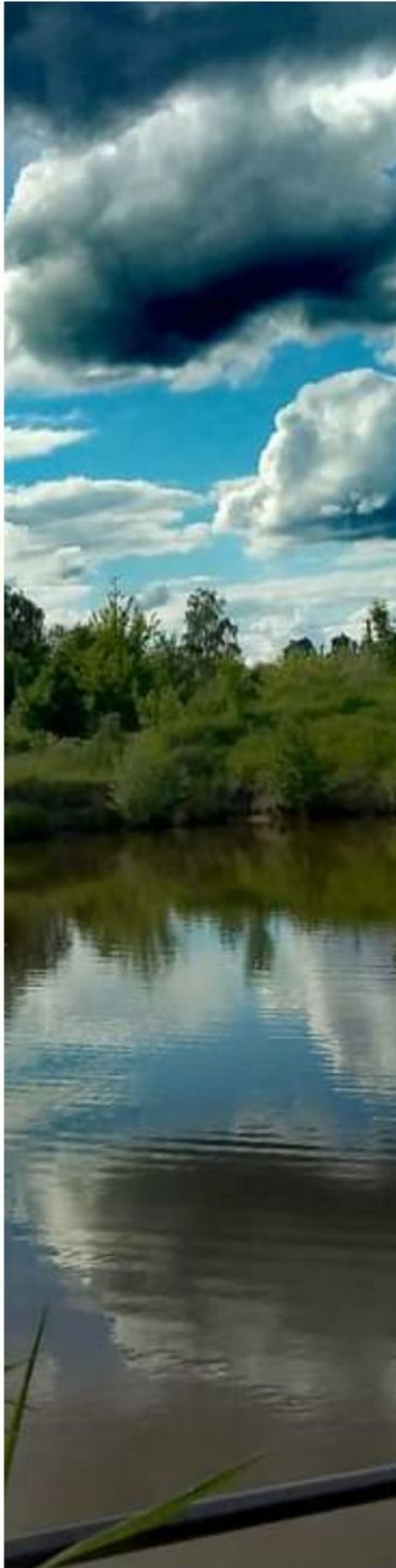




Шацька міжвідомча
науково-дослідна екологічна
лабораторія



SHATSK INTERDEPARTMENTAL
SCIENTIFIC-INVESTIGATION
LABORATORY

ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМ.Г.В.КАРПЕНКА
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

ШАЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ПРИРОДНИЙ ПАРК
ДЕРЖАВНЕ АГЕНТСТВО ЛІСОВИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ

ЗВІТ

ПРО НАУКОВО-ДОСЛІДНУ РОБОТУ

БАТИМЕТРИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ОЗЕР ЛУКИ ТА ПЕРЕМУТ

виконаної в рамках Програми науково-дослідних робіт Шацької міжвідомчої науково-дослідної екологічної лабораторії (МНДЕЛ) на 2022 – 2025 рр.

Відповідальний виконавець

наук. співроб., к.т.н.

ФМІ НАН України

Ольга АЛЬОХІНА

Директор

Шацького НПП

Марія ХРИСТЕЦЬКА

2023

ВІДПОВІДАЛЬНІ ВИКОНАВЦІ

наук. співроб., к.т.н.
ФМІ НАНУ

Ольга АЛЬОХІНА

Заступник директора з
наукової роботи
Шацького НПП

Василь МАТЕЙЧИК

ВИКОНАВЦІ

Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка НАН України

мол. наук. співроб., к.б.н.

Микола КОРУСЬ

мол. наук. співроб.

Дарія ІВЧЕНКО

мол. наук. співроб.

Наталія ПЩЬ

Оцінка об'єму води в межах аквальних комплексів є життєво важливим аспектом для моніторингу та збереження навколишнього природного середовища. Баланс притоку і відтоку води допомагає точно визначити, які процеси впливають на рівень води у водоймі та навколишнє середовище. Коливання об'єму може мати значні наслідки для водної флори та фауни. Зниження рівня води може спричинити пересихання берегів, порушення розмноження риб та інших гідробіонтів, зміну фізико-хімічних властивостей води, забруднення навколишнього середовища. З точки зору управління водними ресурсами, аналіз змін об'єму водних мас дозволяє вирішити такі проблеми як водопостачання місцевих споживачів, використання води для потреб сільського господарства та промисловості, боротьба з повенями, водна безпека. Все вищезазначене є особливо актуальним для територій з великою кількістю аквальних комплексів.

Озера є важливою складовою екосистем і є найбільш чутливими до змін навколишнього середовища.

Стандартним підходом для обчислення об'єму озера є використання планіметра для визначення площі контурів глибини на паперових картах. Цей підхід припускає, що озеро містить численні конічні ділянки, що вимагає повної батиметричної зйомки для створення карти ізобат, на основі якої оцінюється площа контурів глибини. Більш сучасним підходом є використання геоінформаційних систем (ГІС), які, у поєднанні з даними батиметричної зйомки, дозволяють визначити морфометрію водних об'єктів та отримати інформацію щодо генезису конкретних озер, специфічних особливостей розвитку їх котловин й ходу багатьох гідрологічних процесів.

Шацькі озера розташовані в межиріччі Західного Бугу і Прип'яті, мають карстове походження і є унікальним природним комплексом Волинського Полісся України. У 70-х рр. ХХ ст. дослідження Шацьких озер були пов'язані з проведенням осушувальних меліорацій у цьому регіоні. Так, в 1975 р. вченими Київського національного університету ім. Тараса Шевченка вперше здійснено комплексні гідрологічні та гідрохімічні дослідження різних типів

гідрологічних об'єктів Шацького поозер'я: озер Світязь, Пулемецьке, Пісочне, Люцимер, Луки, Перемут; дренажних каналів Копаївської осушувальної системи; підземних водоносних горизонтів [1, 2].

Після створення Шацького національного природного парку, загальною площею $\approx 49\ 000$ га, продовжились дослідження гідрологічних, гідрохімічних та гідроекологічних умов цієї території [3-5], географічних особливостей лімнологічних комплексів [6, 7], озер як складових водних об'єктів басейну Західного Бугу [8-11].

ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

*Озеро Луки*¹ - озеро карстового походження у Ковельському районі Волинської області, біля с. Затишся. Належить до групи Шацьких озер, що у межиріччі Прип'яті й Західного Бугу (Волинське Полісся) (рис.1). Оз. Луки сполучено протокою з оз. Перемут. Деякі дослідники вважають Перемут відособленою частиною загального плеса оз. Луки, тому в літературі трапляється назва – оз. Луки-Перемут. Також, каналами оз. Луки сполучено з озерами Світязь та Острів'янське. Живиться підземними та поверхневими водами та за рахунок водообміну з іншими озерами. Дно у східній частині вкрите замуленим піском, у західній і центральній – шаром сапропелю [6].

Хімічний склад води оз. Луки: мінералізація води невисока – близько $137\ \text{мг/дм}^3$ (менша, ніж у Світязі) (тип води – гідрокарбонатно-кальцієва); рН води – 7,9 (слабколужна); вода добре насичена киснем – $10,9\ \text{мг/дм}^3$, незначний вміст сполук азоту (зокрема, нітратів), заліза [8]. В озері відзначається досить висока якість води, оскільки поряд немає значних джерел забруднення, а статус національного природного парку сприяє охороні водних ресурсів. Поширена водна і водно-прибережна рослинність. Озеро зариблене карасем, лином, лящем, окунем, вугром, щукою, у водоймі

¹ В рамках досліджень озерних комплексів Шацького національного природного парку, усі батиметричні дані та морфометричні характеристики оз. Луки отримано експериментальним та розрахунковим шляхом станом на жовтень 2023 року.

акліматизовано білого амура. На берегах озера Луки спостерігається гніздування птахів, у тому числі лебедів.

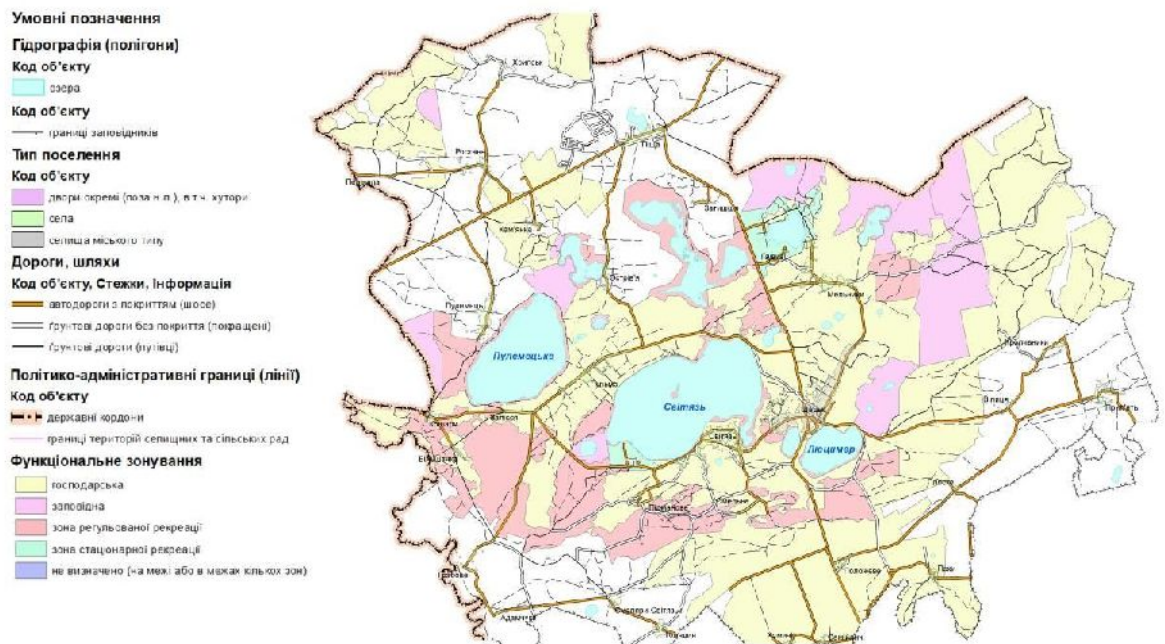


Рисунок 1. Озера Луки та Перемут, Шацький національний природний парк (Ковельський р-н, Волинська обл.)

*Озеро Перемут*² - озеро карстового походження у Ковельському районі Волинської області, сполучається протокою з оз. Луки. На північний схід від озера простягається старий прибережний вал. Живлення озера здійснюється за рахунок підземних вод і поверхневого стоку.

Хімічний склад води оз. Перемут: мінералізація води невисока – близько 136 мг/дм³ (менша ніж у Світязі) (тип води – гідрокарбонатно-кальцієва); рН води – 7,9 (слабколужна); вода добре насичена киснем – 11,0 мг/дм³, незначний вміст сполук азоту (зокрема, нітратів), заліза [8]. Активну реакцію водного середовища (рН) в озері Перемут дослідники відзначали на рівні рН від 8,14 (навесні) до 8,20 (влітку). В цілому, вода слабколужна, що пов'язано із живленням підземними водами карбонатних крейдових відкладів і є характерним для озер Шацької групи [9].

Внаслідок малої глибини озеро Перемут легко прогрівається і тому не має чіткої температурної стратифікації. Вміст кисню з глибиною майже не змінюється і повністю залежить від температури води, коливаючись від 13 мг/дм³ весною до 8 мг/дм³ влітку (100 % насичення води киснем).

Низька продуктивність фітопланктону та зоопланктону оз. Перемут при його незначній глибині пояснюється географічними особливостями, зокрема, живленням підземними водами у вигляді потужних карстових джерел; наявністю піщаних берегів; бідністю водної рослинності та відсутністю на водозборі озера антропогенних забрудників.

Рослинність оз. Перемут не дуже багата: очерет, стрілолист, глечики жовті, рдесник, елодея та харові водорості, тобто водяні мохи. Озеро не відзначається і багатством водоплавних птахів. Тут мешкають: крижень, чирок-тріскунок, червоноголова чернь, лиска. Багатством видів відзначається іхтіофауна озера, зокрема у водоймі поширені щука, плотва, краснопірка,

² В рамках досліджень озерних комплексів Шацького національного природного парку, усі батиметричні дані та морфометричні характеристики оз. Перемут отримано експериментальним та розрахунковим шляхом станом на жовтень 2023 року.

лящ, лин, карась та окунь. Добре акліматизувалися вугор та карликовий сомик.

Відповідно до функціонального зонування території Шацького НПП, оз. Луки та Перемут відносяться до зони стаціонарної рекреації (рис.1).

МОРФОМЕТРИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОЗЕР

В рамках розрахункової частини досліджень визначено наступні морфометричні характеристики озер: площа ($F_0, км^2$), довжина ($L, км$), довжина берегової лінії ($L_{shor}, км$), максимальна ($B_{max}, км$) та середня ширина ($B_{avr}, км$), коефіцієнт відносної довжини ($K_{в.довж.}$), коефіцієнт звивистості берегової лінії ($K_{звив.}$), максимальна ($H_{max}, м$) та середня глибини ($H_{avr}, м$), об'єм води ($V, м^3$) та показник ємності озерної улоговини (C).

Для розрахунку морфометричних характеристик використано дані з супутника Sentinel 2-A, B за 2023 рік (табл. 1 та 2) і дані батиметричних вимірювань всієї акваторії озер Луки та Перемут.

Площа водного дзеркала є однією з найважливіших характеристик. За цим параметром, відповідно до класифікації [11,12], озера Луки та Перемут відносяться до озер *середніх розмірів*, $F_0 = 6,39 км^2$ та $F_0 = 1,49 км^2$, відповідно (площа водного дзеркала становить $10 - 1 км^2$).

Таблиця 1

Морфометричні характеристики озер Луки та Перемут

Назва озера	$F_0, км^2$	$L, км$	$L_{shor}, км$	$B_{max}, км$	$B_{avr}, км$	$K_{в.довж.}$	$K_{звив.}$
Луки	6,39	6,55	18,99	2,34	0,97	6,75	1,20
Перемут	1,49	2,00	5,52	1,28	0,74	2,70	0,72

Коефіцієнт відносної довжини озера показує наскільки витягнутою є надводна конфігурація його улоговини. Правильні обриси, в основному, притаманні суфозійним, суфозійно-карстовим та деяким штучним водоймам.

Отже, за класифікацією водойм за формою улоговини [13], озера Луки та Перемут мають *видовжену форму*, $K_{в.довж} = 6,75$ та $K_{в.довж} = 2,70$, відповідно.

Коефіцієнт розвитку (звивистості) берегової лінії характеризує порізанисть берегів озера і визначається як відношення берегової лінії до довжини окружності круга, площа якого дорівнює площі водного дзеркала озера. Таким чином, відповідно до класифікації водойм [11,12], берегова лінія оз. Луки відноситься до *середньорозвинених* ($K_{звив} = 1,20$). Для оз. Перемут $K_{звив} = 0,72$, берегова лінія відноситься до *малорозвинених*.

Значення максимальних глибин озер можуть побічно свідчити про генезис їх улоговин. Озера Луки та Перемут, незважаючи на невеликі максимальні глибини (табл.2), відносяться до озер карстового походження.

Таблиця 2

Морфометричні показники озер Луки та Перемут
(*розрахункові дані)

Назва озера	$H_{max}, м$	* $H_{avr}, м$	Клас озера за	Клас озера за
			$H_{avr}, м$	$H_{max}, м$
Луки	3,20	0,76	Дуже мале	Мале
Перемут	6,50	1,69	Мале	Невелике

Показник відкритості улоговини визначається як відношення площі озера до середньої глибини улоговини. Він дозволяє судити про ступінь перемішування водних мас та можливості виникнення стратиграфії. Значна площа водойми у поєднанні з мілководдям забезпечує перемішування води внаслідок вітрових процесів, і відповідно покращення режиму внутрішньої циркуляції водної маси.

Для оз. Перемут значення цього показника становить 0,88, що, за відповідною класифікацією [11,12], дозволяє віднести її до *добре відкритих*. Показник відкритості улоговини оз. Луки становить 8,35 і, відповідно до класифікації [11,12], вона відноситься до *максимально відкритих*.

Форма озерної улоговини є одним з найважливіших морфометричних показників, оскільки визначає протікання динамічних процесів в озері, таких як перемішування та нагрівання. Крім того, форма і розміри озерної улоговини безпосередньо пов'язані з встановленням тривалості льодоставу. Тобто, чим більший розмір озерної улоговини, тим, відповідно, більший об'єм водної маси, який довше охолоджується восени або навпаки довше прогрівається весною.

Показник ємності озерної улоговини визначається як відношення середньої глибини озера до максимальної і дозволяє зіставити улоговину озера з тілами обертання. Для циліндра це відношення дорівнює 1, для параболоїда – 0,5, для напівеліпсоїда – 0,66, а для конусу – 0,33. Проте, існує ще одна форма, увігнутий конус, відповідно до якої $C < 0,33$ [14].

Для оз. Перемут показник ємності озерної улоговини становить 0,27, що відповідає формі – увігнутий конус [14]. Така ж сама форма озерної улоговини характерна і для оз. Луки з показником ємності озерної улоговини 0,24 (рис.2) [14].

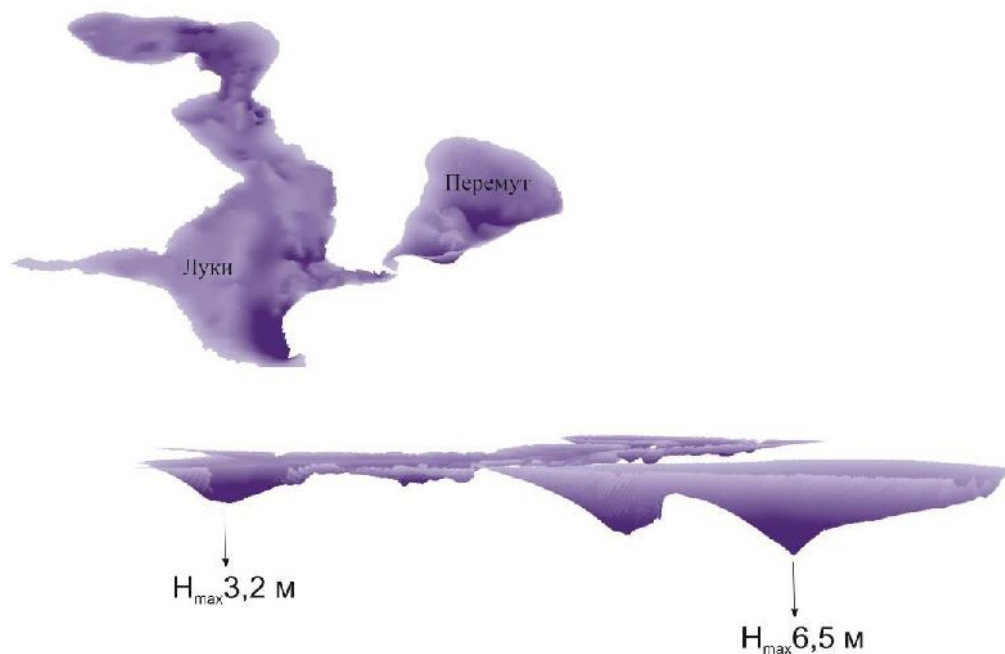


Рисунок 2. Рельєф дна та форма озерних улоговин озер Луки та Перемут

Проте, під час аналізу улоговин озер слід враховувати не тільки їх форму, але й рельєф дна. Так, улоговина може представляти собою або одну просту западину, або складну, що містить декілька заглиблень. Форма озерної улоговини водойми, також, безпосередньо впливає і на розрахунок об'єму її водної маси. Так, для оз. Луки характерним є значна кількість простих впадин, розташованих в різних частинах водойми (рис.2). Для рельєфу оз. Перемут теж характерним є наявність простих впадин (рис.2).

БАТИМЕТРИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ. РЕЛЬЄФ ДНА ОЗЕРА

Важливими вимогами до процесу вимірювання глибин є відносно висока точність і мала просторова дискретність, а також просторова прив'язка вимірів. Особливості рельєфу дна формують також певні вимоги до прокладання маршрутів вимірювань.

Підготовчий етап батиметричної зйомки полягав у вивченні вихідних матеріалів, а саме даних супутникових зображень. З використанням геоінформаційної системи біорезервату «Шацький» [15, 16] визначено мережу точок спостережень та галсів. Відстань між повздовжніми та поперечними галсами визначалась відповідно до поставленої задачі: дискретність по довготі ≈ 200 м. Обрана просторова дискретність вимірювань урахувала відносно малу швидкодію навігатора, а саме: для фіксування даних сонара і GPS-приймача з дискретністю 1 м швидкість пересування не перевищувала 3,0 км/год.

Озеро Перемут має добре відкриту озерну улоговину видовженої форми, піщані береги з малорозвиненою береговою лінією (фото 1). Дно озера піщане, замулене.

Аналіз карти глибин оз. Перемут (рис.3, Додаток 1), створеної за результатами батиметричних вимірювань та ГІС моделювання, свідчить про те, що рельєф дна озера характеризується двома западинами, розташованими у південно-східній та південній частині озера. Найбільша зафіксована

глибина (південно-східна частина) станом на жовтень 2023 р. становить 6,5 м. Інша западина (південна частина) має глибину до 4,7 м.



Фото 1. Озеро Перемут (жовтень 2023 р.)

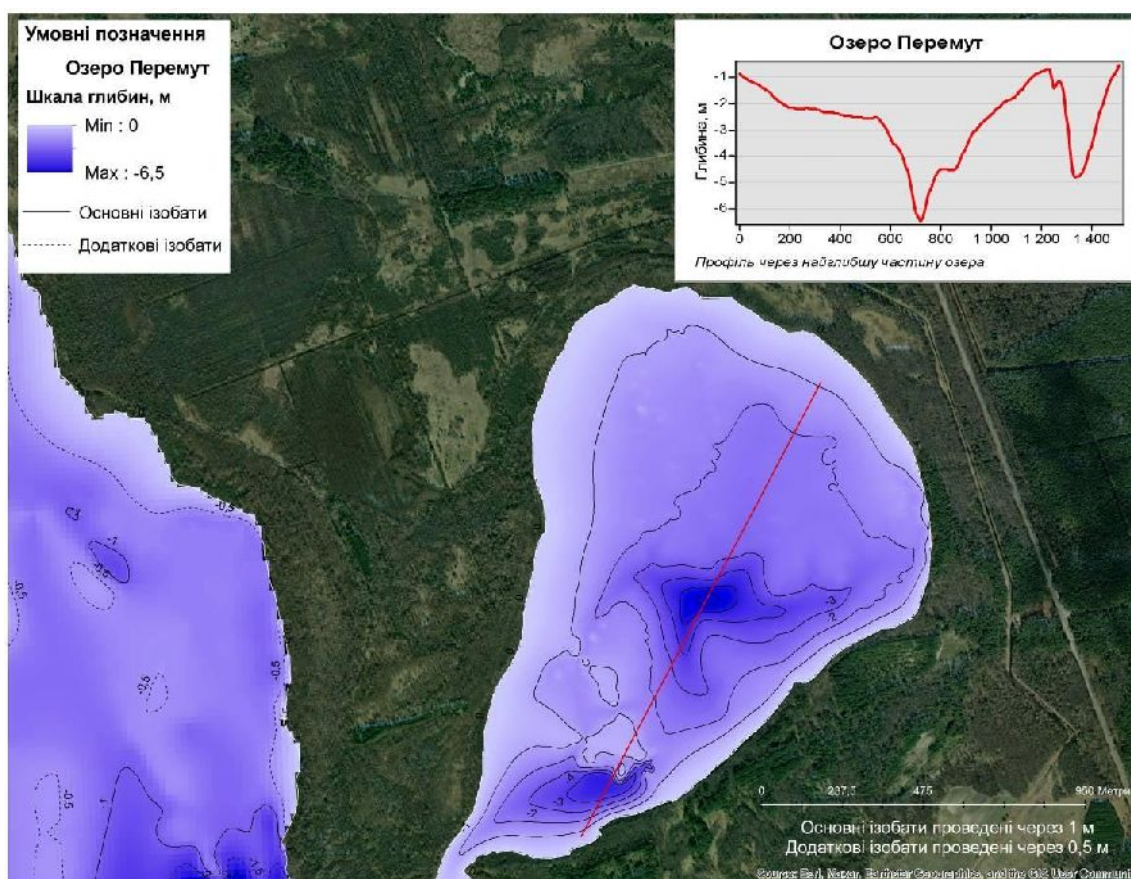


Рисунок 3. Профіль вздовж найглибших западин оз. Перемут:
6,5 м та 4,7 м

Озеро Луки має максимально відкриту озерну улоговину видовженої форми, розчленовані заболочені береги із середньорозвиненою береговою лінією. Практично всю водно-прибережну смугу озера займає очерет звичайний *Phragmites communis* (фото 2, 3).



Фото 2. Озеро Луки



Фото 3. Озеро Луки

Заболочені ділянки озера вкриті лататтям білим *Nymphaea alba* та глечиками жовтими *Nuphar lutea* (фото 4). Острови плавів з наявністю

поодиноких різновікових дерев вільхи чорної *Alnus glutinosa* є характерною особливістю цього озера (фото 5).

Аналіз карти глибин оз. Луки (Додаток 1), створеної за результатами батиметричних вимірювань та ГІС моделювання, свідчить про те, що найглибші ділянки зафіксовано в межах його південно-східної та північно-східної частин.



Фото 4. Прибережні заболочені ділянки оз. Луки



Фото 5. Острови плавів з наявністю поодиноких різновікових дерев вільхи чорної *Alnus glutinosa*

Для решти частини водойми характерною є глибина до 1 м. Найбільша зафіксована глибина (південно-східна частина) станом на жовтень 2023 р. становить 3,2 м. Вздовж північно-східної частини оз. Луки найглибші зафіксовані западини мають глибини від 2,0 м до 2,5 м (рис.4).

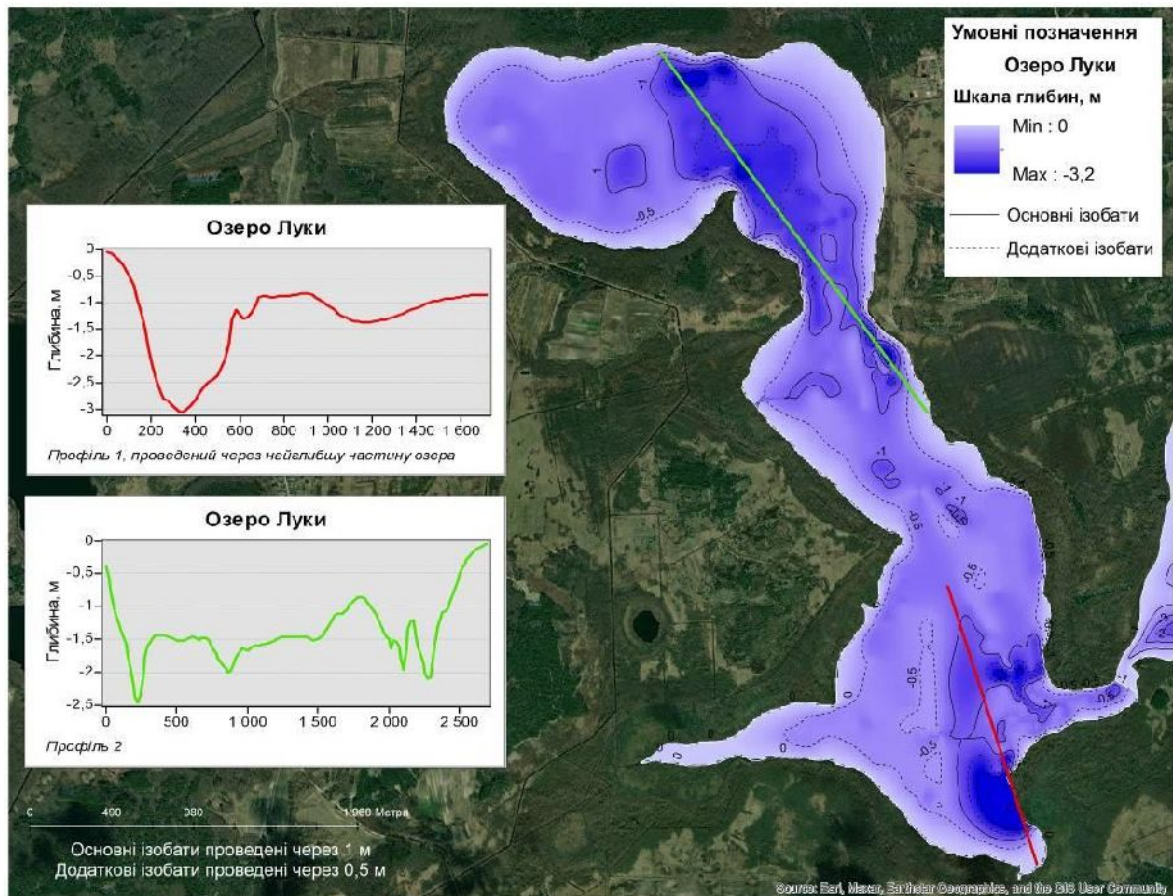


Рисунок 4. Профілі вздовж оз. Луки: *профіль 1 (червоний) проведено вздовж найглибшої западини озера – 3,2 м; профіль 2 (салатовий) проведено вздовж північно-східної частини озера із глибинами від 2,0 до 2,5 м*

За результатами проведених батиметричних вимірювань з використанням розрахованих морфометричних характеристик озер Луки та Перемут проведено розрахунки об'єму водної маси, побудовані батиграфічні та об'ємні криві.

Визначення об'єму води в озерах проводилось з використанням створеної карти ізобат, користуючись «методом призм». Якщо площі обмежені ізобатами становлять f_1, f_2, f_3, f_n , а вертикальні відстані між площинами ізобат становлять h_1, h_2, h_3, \dots , то об'єм озера (V) буде розрахований за формулою:

$$V = h_1(f_1 + f_2)/2 + h_2(f_2 + f_3)/2 + \dots + h_{n-2}(f_{n-2} + f_{n-1})/2 + h_{n-1}(f_{n-1} + f_n)/2 \quad (1)$$

Одним з визначальних показників під час розрахунку об'єму водної маси у водоймі є її площа. За останні десятиліття, окрім звичайних сезонних коливань рівнів води, внаслідок інтенсифікації впливу різних природних та антропогенних чинників, можуть відбуватись зміни як у площі водойм, так і, відповідно, у об'ємах їх водної маси.

Відповідно до проведених розрахунків, станом на жовтень 2023 р., об'єм водної маси оз. Луки становить 4,8 млн. м³, що відповідає площі водного дзеркала 6,39 км². Для оз. Перемут об'єм водної маси становить 2,5 млн. м³, що відповідає площі водного дзеркала 1,49 км².

Для більшості озер, які мають конусоподібні або параболоїдні форми улоговин прослідковується однакова тенденція: із збільшенням глибини озера зменшується об'єм водної маси.

Для оз. Перемут аналіз батиграфічної (рис.5) та об'ємної (рис.6) кривих показує, що таку тенденцію можемо спостерігати, починаючи від відмітки глибини у 2,0 м.

Максимальна площа ізобати фіксується відміткою -1 м і складає 1020818,09 м², найменшу площу займає ізобата, що фіксується відміткою -6,20 м і складає 2028,21 м² (рис. 5).

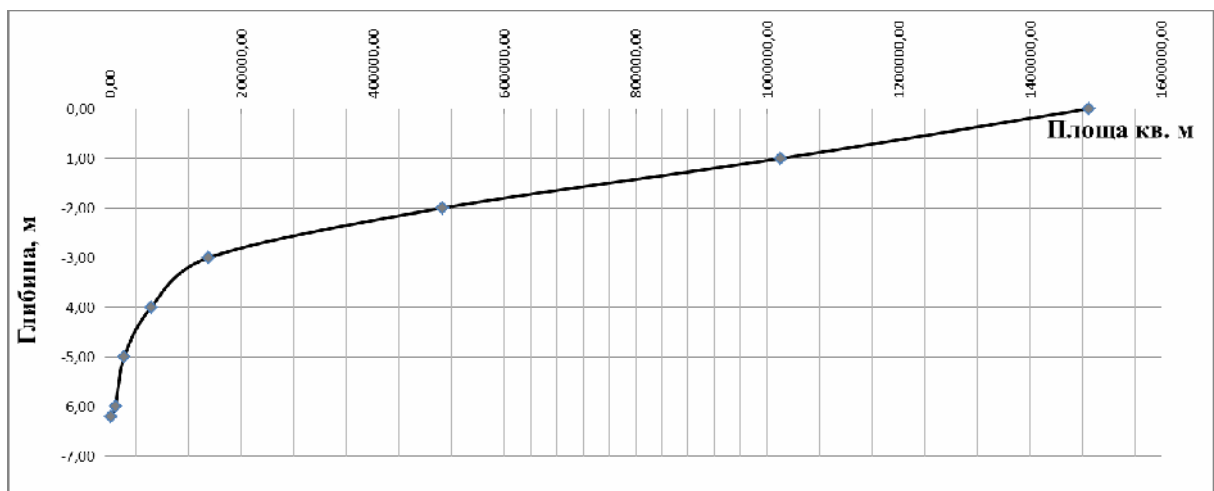


Рисунок 5. Батиграфічна крива оз. Перемут
(Залежність площі озера від глибини)

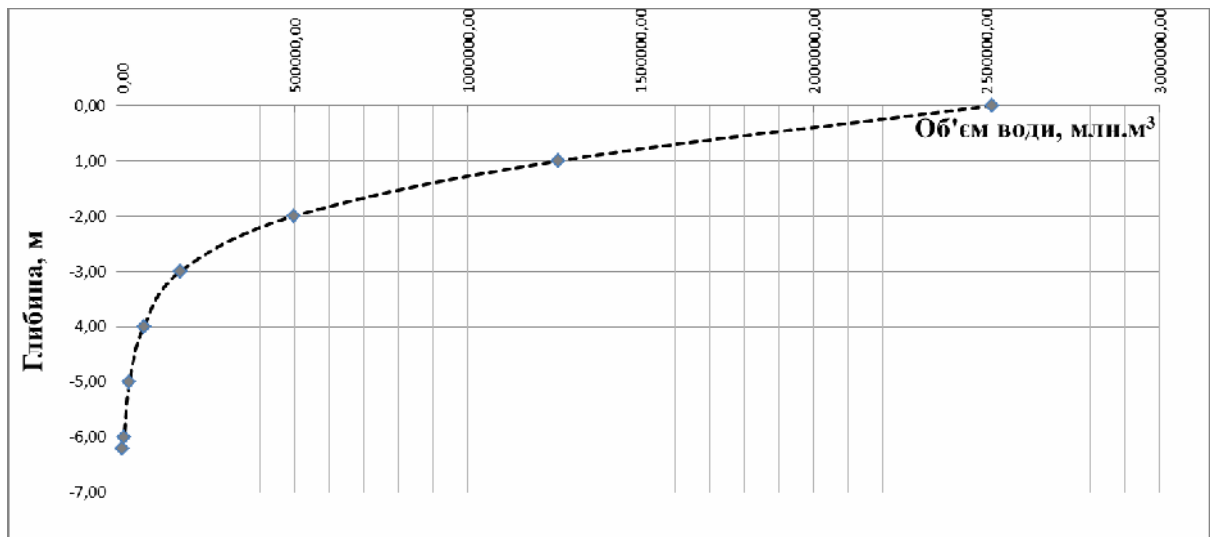


Рисунок 6. Об'ємна крива оз. Перемут
(Залежність об'єму водної маси від глибини)

Для оз. Луки аналіз батиграфічної (рис.7) та об'ємної (рис.8) кривих показує, що тенденція різкого зменшення об'єму озера з глибиною спостерігається, починаючи від відмітки глибини у 1,0 м.

Максимальна площа ізобати фіксується відміткою -0,5 м і складає 4662101,24м², найменшу площу займає ізобата, що фіксується відміткою - 3,20 м і складає 2997,24 м² (рис. 7).

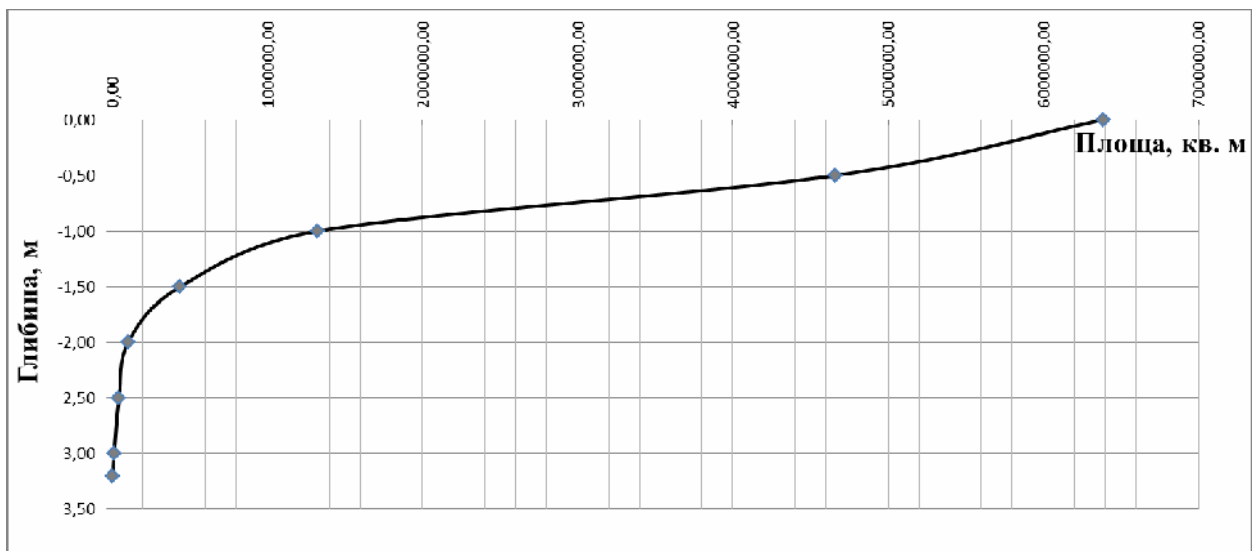


Рисунок 7. Батиграфічна крива оз. Луки
(Залежність площі озера від глибини)

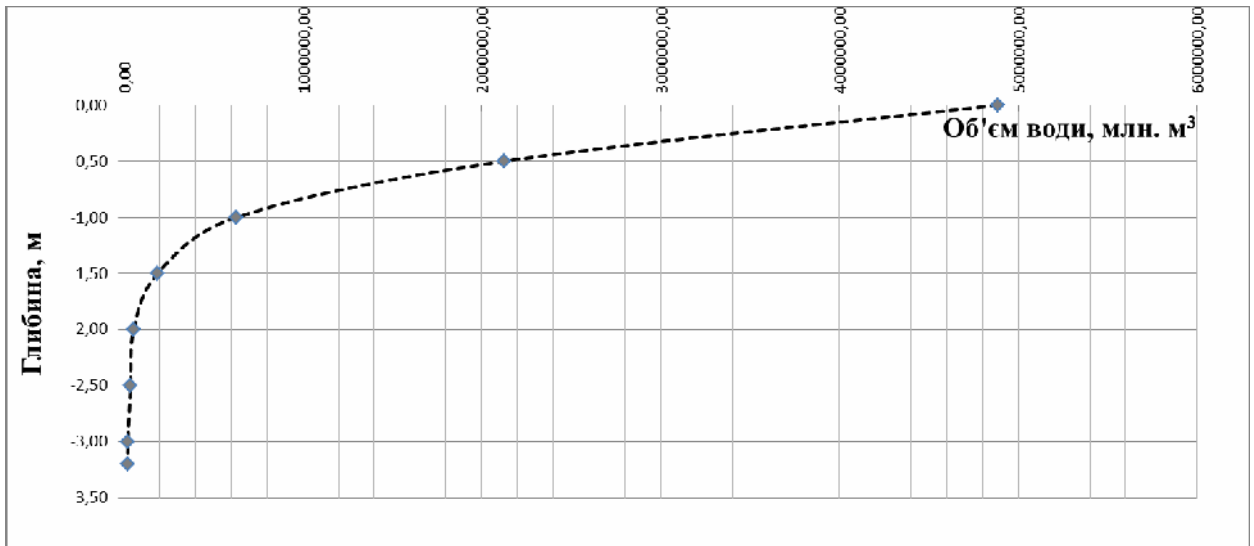


Рисунок 8. Об'ємна крива оз. Луки
(Залежність об'єму водної маси від глибини)

ДИСТАНЦІЙНИЙ МОНІТОРИНГ ЗМІНИ РІВНЯ ОБВОДНЕННЯ ОЗЕРА

Аналіз рівня обводнення та зміни урізу води озер було проведено з використанням 11 космічних знімків з супутника Sentinel-2 з просторовою розрізненістю 10 м (канали Red, Green, Blue та NIR).

Для виділення водного дзеркала озер було розраховано індекс NDWI (Normalized Difference Water Index):

$$NDWI = \frac{X_{green} - X_{nir}}{X_{green} + X_{nir}}, \quad (2)$$

де X_{green}, X_{nir} - коефіцієнти поглинання 3-го і 8-го каналів супутника Sentinel-2. Водні об'єкти приймають значення даного індексу ≥ 0 .

За результатами розрахунків виділено полігони водного дзеркала озер Луки та Перемут за сезонами у різні роки та обчислено їхню площу (табл. 3, 4). Створені у комбінації «природні кольори» космічні знімки та виділені на них межі водного дзеркала озер Луки і Перемут представлені у Додатку 2.

Таблиця 3
Площі водного дзеркала оз. Луки (в га) у 2015-2023 рр.

	Посушливі роки		Вологі роки	
	2015	2019	2017	2023
Весна	–	544,48	671,74	481,18

Літо	476,87	443,1	472,03	435,47
Осінь	483,73	505,29	492,68	394,71

Таблиця 4

Площі водного дзеркала оз. Перемут (в га) у 2015-2023 рр.

	Посушливі роки		Вологі роки	
	2015	2019	2017	2023
Весна	–	131,63	129,92	119,31
Літо	116,66	108,96	115,32	108,01
Осінь	118,36	121,89	120,61	110,65

Слід зазначити, що площа водного дзеркала на цих знімках – це та частина озера, яка не зайнята рослинністю. Досліджувані озера мають сильно зарослу, здебільшого очеретом звичайним *Phragmites communis*, глечиками жовтими *Nuphar lutea* та ін., прибережну частину, а також невеликі «острівці» посеред озера Луки. Дані ділянки не враховуються в площу водного дзеркала, оскільки ідентифікуються на знімку як рослинність.

Одним із найвагоміших чинників зміни площі водного дзеркала озер за сезонами та роками є кліматична складова, а саме кількість опадів і температура повітря (табл. 5), оскільки для озер Луки та Перемут основним джерелом живлення є атмосферні опади.

Кліматичні коливання та досить суттєві метеорологічні відмінності років, в які здійснювався аналіз, зумовили їх поділ на дві групи – посушливі та вологі. У посушливі роки, коли кількість опадів суттєво менша, а температура повітря дещо вища, чітко простежується тенденція до зменшення площі водного дзеркала. При цьому, за достатньої кількості опадів восени, рівень води в озерах зростає, а їх площа збільшується – при 152 мм опадів восени 2019 р. площа озера Луки збільшилась на 62 га, а озера Перемут – на 13 га. При незначних опадах (наприклад, навесні 2019 р. – лише 44 мм) площа водного дзеркала суттєво зменшилась – майже на 100 га оз. Луки та на 23 га оз. Перемут.

Кількість опадів у мм за даними метеостанції «Світязь» у 2015-2023 рр.

	Посушливі роки		Вологі роки	
	2015	2019	2017	2023
Весна	133,1	44,2	159,4	158,9
Літо	66,8	111,1	168,4	-
Осінь	89,5 (вересень)	152,1	241,5	-
Середньорічна температура повітря, °С	9,9	10,4	9	-

У вологі роки коливання рівня води в озері також є суттєвим, але при достатній кількості опадів він швидко повертається до середньорічних показників, а також не спостерігається суттєвої різниці у весняний та осінній період.

ВИСНОВКИ

Таким чином, проведений аналіз результатів батиметричної зйомки озер Луки та Перемут й оцінка їх морфометричних характеристик дозволяють зробити наступні висновки:

1. Порівняльний аналіз усіх виміряних та розрахованих характеристик озер Луки та Перемут з даними, зазначеними у загальнодоступних джерелах, показав деякі розбіжності у значеннях параметрів. Оскільки батиметричні карти озер й отримані з них показники є основними вхідними даними для розрахунку інших морфометричних характеристик водойм та об'ємів їх водної маси, то порівняння отриманих за результатами вимірювань даних можливе лише з аналогічними даними, отриманими з наземних батиметричних вимірювань.

Для оз. Перемут станом на жовтень 2023 р. встановлено наступні параметри: площа водного дзеркала ($F_0 = 1,49 \text{ км}^2$), довжина ($L = 2,00 \text{ км}$), максимальна ($B_{\max} = 1,28 \text{ км}$) та середня ($B_{avr} = 0,74 \text{ км}$) ширина озера,

коефіцієнти відносної довжини ($K_{\text{в.довж.}} = 2,70$) та розвитку берегової лінії ($K_{\text{звиг}} = 0,72$), показники відкритості (0,88) та ємності (0,27) улоговини озера.

Для оз. Луки станом на жовтень 2023 р. встановлено наступні параметри: площа водного дзеркала ($F_0 = 6,39 \text{ км}^2$), довжина ($L = 6,55 \text{ км}$), максимальна ($B_{\text{max}} = 2,34 \text{ км}$) та середня ($B_{\text{avr}} = 0,97 \text{ км}$) ширина озера, коефіцієнти відносної довжини ($K_{\text{в.довж.}} = 6,75$) та розвитку берегової лінії ($K_{\text{звиг}} = 1,20$), показники відкритості (8,35) та ємності (0,24) улоговини озера.

Відповідно до вищенаведених даних, об'єм водної маси оз. Луки становить 4,8 млн. м^3 , що відповідає площі водного дзеркала $6,39 \text{ км}^2$. Для оз. Перемут об'єм водної маси становить 2,5 млн. м^3 , що відповідає площі водного дзеркала $1,49 \text{ км}^2$.

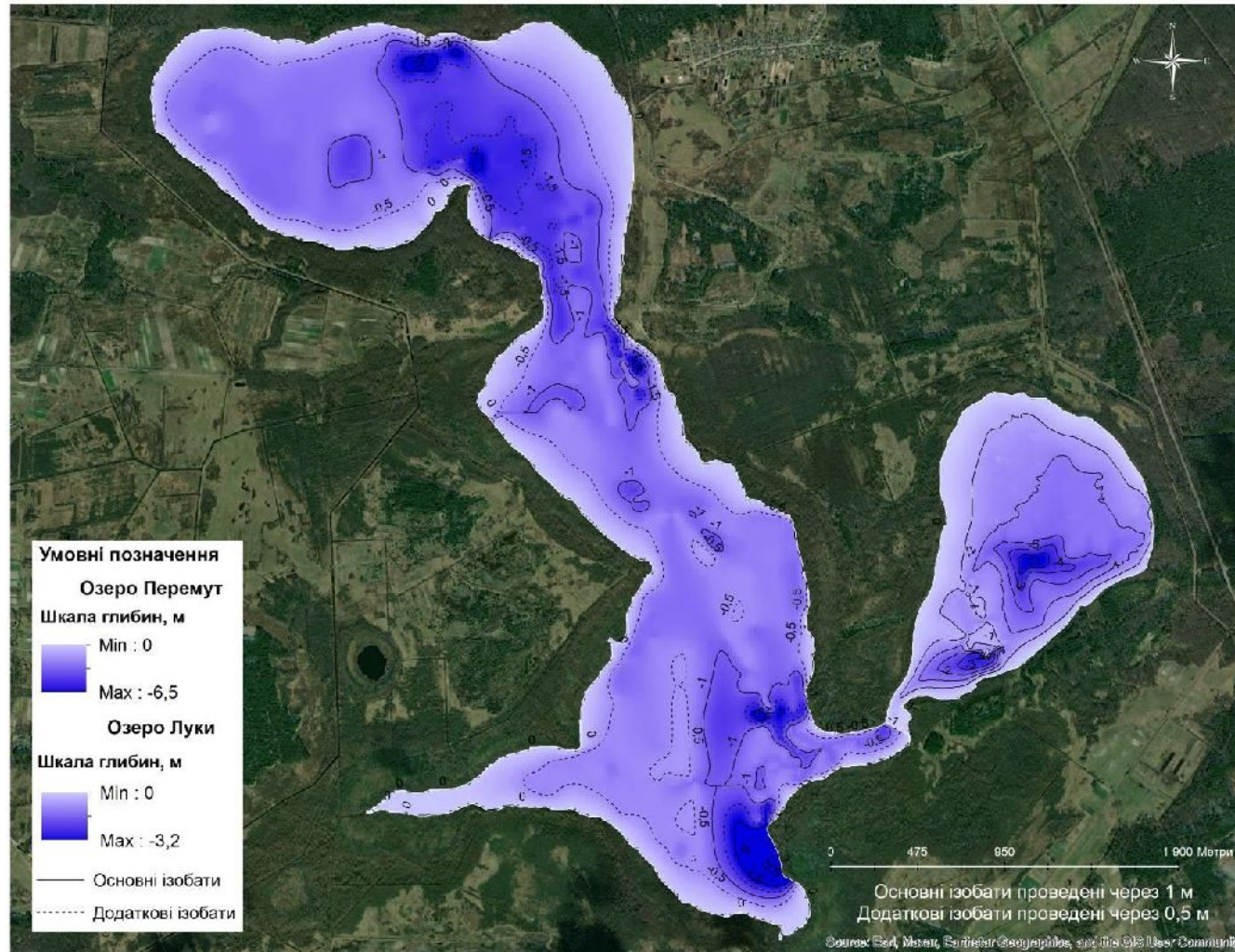
2. За результатами батиметричних вимірювань оз. Перемут встановлено, що рельєф дна озера має дві западини. Найбільша глибина озера зафіксована у південно-східній частині і на жовтень 2023 р. становить 6,5 м. Середня глибина озера за розрахунковими даними 1,69 м. Інша западина знаходиться у південній частині озера, її глибина становить 4,7 м.

За результатами батиметричних вимірювань оз. Луки має декілька простих западин розташованих у різних частинах озера. Найбільша глибина озера зафіксована у південно-східній частині і станом на жовтень 2023 р. становить 3,2 м. Середня глибина озера за розрахунковими даними становить 0,76 м. Вздовж північно-східної частини озера зафіксовано ділянки із глибинами від 2,0 до 2,5 м.

3. Незважаючи на те, що озера Луки та Перемут мають декілька джерел живлення (підземні води, поверхневий стік, водообмін з іншими озерами), кліматична складова є найвагомим чинником зміни площі водного дзеркала озер за сезонами та роками. Це підтверджують результати порівняльного аналізу даних зміни площі водного дзеркала озер, отриманих з супутникових зображень Sentinel у посушливі (2015 і 2019рр.) та вологі (2017 і 2023 рр.) періоди: при 152 мм опадів восени 2019 р. площа озера Луки

збільшилась на 62 га, а озера Перемут – на 13 га. При незначних опадах (наприклад, навесні 2019 р. – лише 44 мм) площа водного дзеркала суттєво зменшилась – майже на 100 га оз. Луки та на 23 га оз. Перемут.

Додаток 1 Карта глибин озер Луки та Перемут (жовтень 2023 р.)



Додаток 2 Межі водного дзеркала озер Луки та Перемут: у посушливі роки –
а) 2015 р., б) 2019 р.; у вологі роки – в) 2017 р., г) 2023 р.



а)



б)



в)



г)

ПЕРЕЛІК ЦИТОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пелешенко В.І., Закревський Д.В., Хільчевський В.К. Про вплив осушувальних меліорацій на хімічний склад вод Шацького природного підрайону // Вісник Київського держ. університету. Серія: Географія. 1978. Вип. 20. С. 56-60.
2. Хільчевський В.К. До питання про класифікацію природних вод за мінералізацією // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2003. Т. 5. С. 11-18.
3. Ситник Ю.М., Шевченко П.Н., Засекін Д.А. Гідрохімічні ISSN:2306-5680 Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology. 2020. No 3 (58) 98 дослідження озер Шацького національного природного парку (1996–2001 рр.) / Матеріали III Всеукр. наук. конф. «Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія». Київ. 2003. С. 133-134.
4. Тімченко В.М., Ярошевич О.Є., Веденіна Ю.Л., Безрідна С.М. Екологічні аспекти гідрології Шацьких озер // Шацький національний природний парк. Наукові дослідження 1983 – 1993 рр. Світязь. 1994. С. 79–95.
5. Хомік Н.В. Водні ресурси Шацького національного природного парку: сучасний стан, охорона, управління. Київ: Аграр. наука. 2013. 239 с.
6. Ільїн Л.В. Лімнокомплекси Українського Полісся. Т.2. Регіональні особливості та оптимізація. Луцьк. Вежа. 2008. 400 с.
7. Ільїн Л.В., Пасічник М.П. Озерні родовища сапропелю Шацького адміністративного району Волинської області // Природа Західного Полісся та прилеглих територій. 2017. 1(14). С. 42–45.
8. Хільчевський В.К., Забокрицька М.Р. Хімічний склад різних типів природних вод Шацького природного підрайону // Матеріали міжнар. наук. конф.: Національні природні парки – минуле, сьогодення, майбутнє (с. Світязь, 23-25. 04. 2014 р.). Київ. 2014. С. 179-183.
9. Хільчевський В.К., Осадчий В.І., Курило С.М. Регіональна гідрохімія України. Київ: ВПЦ «Київ. університет». 2019. 343 с.
10. Khilchevskiy V.K., Grebin V.V., Zabokrytska M.R. Abiotic Typology of the Rivers and Lakes of the Ukrainian Section of the Vistula River Basin and its Comparison with Results of Polish Investigations // Hydrobiological Journal. 2019. 3(55). P. 95-102. DOI:10.1615/HydrobJ.v55.i3.110216.
11. Khilchevskiy V.K., Zabokrytska M.R., Sherstyuk N.P. Hydrography and hydrochemistry of the transboundary river Western Bug on territory of Ukraine. Journal of Geology, Geography and Geocology. 2018. 27(2). P. 232-243. DOI:10.15421/111848.
12. Ільїн Л. В. Особливості озерних улоговин Українського Полісся та їхній зв'язок з лімнічними особливостями / Л. В. Ільїн, Т. Л. Лавренюк // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія : зб. наук. пр. – К., 2002. – Т. 3. – С. 115–119.
13. Якушко О. Ф. Принципы выделения и классификации аквальных ландшафтов /О. Ф. Якушко // Вестник Белорусского университета. – Серия 2.– 1986.– No 1.– С. 53–58.
14. Wajkiewicz-Grabowska E., Mikulski Z. Hydrologia ogólna. - Warszawa : Wyd. Nauk. PWN, 2006. - 339 s.
15. Геоінформаційна складова інформаційно-аналітичної системи управління розвитком біосферного резервату «Шацький» / О.В. Альохіна та ін. Природа Західного Полісся та прилеглих територій. 2015. №12. С. 25–32.
16. А.с. База даних «База геоданих цифрової моделі місцевості біосферного резервату «Шацький» («БГД ЦММ БР «Шацький») [Текст] / В.В. Кошовий, О.В. Альохіна, Д.В. Івченко, Н.А. Піць, М.М. Корусь. – № 103760. Дата реєстрації 05.04.2021 р.