

<https://doi.org/10.26565/2410-7360-2026-64-21>

УДК 556.555(477.82)

Рівневий режим озера Світязь

Василь Фесюк¹,  <https://orcid.org/0000-0003-3954-9917>, e-mail: fesyuk@ukr.net

д. геогр. н., професор, кафедра фізичної географії

Ірина Мороз²,  <https://orcid.org/0000-0001-9167-4876>, e-mail: moroz.iryana1@gmail.com

к. хім. н., доцент, кафедра харчових технологій та хімії

¹ Волинський національний університет імені Лесі Українки, Луцьк, Україна,

² Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна

АНОТАЦІЯ

Світязь – найбільше й найглибше із Шацьких озер, рівень якого визначають опади, випаровування, підземне живлення та антропогенний вплив. Найбільш суттєві зниження рівня озера характерні у 2019–20 років. Це ускладнює прогнозування й вимагає науково обґрунтованого управління. Метою статті є наукове обґрунтування особливостей формування, виділення сучасних тенденцій та чинників зміни рівневого режиму озера Світязь на основі аналізу гідрометеорологічних параметрів, елементів водного балансу озера та просторово-часових закономірностей їх коливань. Об'єктом дослідження є рівневий режим озера Світязь як результат дії природних та антропогенних чинників. Предметом дослідження є просторово-часові особливості коливань рівня води, природні й антропогенні чинники, що визначають водний баланс і рівневий режим озера Світязь. У дослідженні використано середньомісячні рівні води озера Світязь, середньомісячну температуру та кількість опадів за 1970–2024 рр., а також числа Вольфа як показник сонячної активності. Багаторічні та сезонні зміни рівня води проаналізовано за допомогою графіків і статистичних розрахунків. Визначено основні параметри сезонного циклу. Методом кореляційного аналізу проведено оцінку зв'язку рівня води з температурою, опадами та сонячною активністю. Визначено роки з мінімальними та максимальними рівнями води, проведено порівняння рівнів із метеорологічними умовами та циклом сонячної активності. Проаналізовано вплив головних чинників зміни рівневого режиму озера в умовах коливань клімату. Встановлено, що найбільшою мірою рівень води в озері залежить від метеорологічних умов. Річна сезонність є домінуючим чинником формування рівневого режиму. На фоні річних циклів простежуються багаторічні хвилі з періодом 9,26 років. Встановлено кількісні закономірності впливу метеорологічних чинників та сонячної активності на багаторічну динаміку рівнів води озера Світязь. Розраховані параметри автокореляційної функції рівнів води та коефіцієнти кореляції між рівнями води, опадами та температурою повітря, визначена їх статистична значущість. Побудована періодограма часового ряду середньомісячних рівнів води. Проведена декомпозиція часового ряду рівнів води озера. Отримані результати можуть бути використані для розробки програм сталого управління лімносистемами Шацьких озер, природоохоронних заходів, моніторингу та адаптації до зміни клімату.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ :

Рукопис надійшов

17 грудня 2025

Отримано після рецензування

6 травня 2026

Затверджено до друку

25 травня 2026

Опубліковано онлайн

30 травня 2026

Ключові слова :

озеро; рівні води озера; коливання рівнів; рівневий режим озера; чинники, що впливають на рівні води озера; живлення озера; підземний стік як джерело живлення; водний баланс озера; зміна клімату.

Вступ

Світязь – найбільше та найглибше із Шацьких озер. Його рівневий режим формується під впливом складної взаємодії атмосферних опадів, випаровування, підземного живлення, водообміну з сусідніми водоймами, дії антропогенних чинників. Протягом останніх кількох

десятиліть озеру властиві суттєві міжрічні коливання рівнів води, що спричиняють гідроекологічні ризики, впливають на структуру прибережних екосистем, режим зволоження та розвиток рекреації. Особливо критичним у цьому відношенні був 2019 р. Кліматичні зміни, зокрема, збільшення температури повітря, зміна режиму випадання опадів і водного балансу,

Як цитувати :

Фесюк Василь, Мороз Ірина (2026). Географічні чинники територіального брендингу у стратегії місцевого розвитку (на прикладі Ковалівської сільської громади). *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна Серія «Геологія. Географія. Екологія»*, (64), 279–292. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2026-64-21>



© Василь Фесюк, Ірина Мороз, 2026

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

визначають особливу актуальність наукового обґрунтування причин і механізмів зміни рівня води, прогнозування цих змін та реагування на прогнози. Недостатність довгострокових інструментально визначених гідрометеорологічних даних, фрагментарність гідрологічних та гідрогеологічних спостережень, не повне розуміння ролі підземного стоку у живленні озера та впливу меліоративних систем на водний баланс озера ускладнюють прогнозування майбутнього стану гідроекосистеми. В той же час розробка науково обґрунтованої оцінки рівневого режиму є необхідною умовою для сталого управління лімносистемами Шацьких озер, природоохоронних заходів, моніторингу та адаптації до наслідків зміни клімату.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Серед наукових робіт, присвячених дослідженню рівневого режиму озера Світязь, насамперед слід відзначити серію праць українських авторів, безпосередньо присвячених самому озеру. Батиметричні дослідження [1] уточнюють просторову структуру донного рельєфу та локалізацію підземних джерел живлення озера, що є дуже важливим для розуміння механізмів коливань рівнів. Робота [2] присвячена аномальним змінам рівня води в озері у 2019 р., демонструє реакцію Світязя на поєднання локальних гідрометеорологічних та басейнових чинників. У контексті геолого-геоморфологічних умов, які впливають на живлення озера, цікавими є дослідження реліктового карсту Світязя [3], вони пояснюють глибинні причини водночас стабільності та уразливості його рівневого режиму. Важливою віхою в комплексному дослідженні озера була монографія за ред. проф. Я.О. Мольчака про сучасний природно-господарський стан озера [4]. Дослідження тенденцій коливань річних та сезонних сум опадів на метеостанції Світязь [5] є підґрунтям для аналізу кліматично зумовлених трендів рівневих коливань. В роботі про меліорацію та ренатуралізацію ґрунтів Шацького регіону [6] обґрунтовано участь педосфери у місцевих та регіональних процесах водообміну. Оцінка вразливості поверхневих вод до кліматичних змін у роботі [7] інтегрує досліджуваний регіон у ширший простір кліматичних ризиків. Праці з екологічної оцінки води [8] та дослідження евтрофікації Шацьких озер [9] показують, що ці процеси безпосередньо залежать від рівневого режиму через зміни водного балансу й біогеохімічних циклів. Гідрологічна характеристика водних об'єктів Шацького НПП у роботі [10] є підґрунтям для розуміння тенденцій зміни рівня води у довгостроковій перспективі.

Також важливими для нашої роботи є праці переважно українських авторів, які розширюють регіональний контекст дослідження Світязя. Наприклад, стаття про особливості регіонального клімату та розподіл опадів на українсько-польсько-білоруському прикордонні [20] поглиблює розуміння гідрометеорологічних умов, що визначають живлення озера, роботи про вплив кліматичних змін на обміління Світязя [19] та зміни природних вод Шацького Поозер'я в контексті змін клімату [11] є важливими для інтерпретації сучасних трендів зниження рівнів, розуміння синергії регіональних і локальних чинників.

Досліджене питання рівневого режиму озер та чинників, що на нього впливають, у закордонній науковій літературі. Такі праці визначають науковий фон вивчення рівневого режиму озер світу та дають методологічні орієнтири для аналізу його на прикладі оз. Світязь. Статті, присвячені гідрології та морфометрії озерних систем у контексті кліматичних змін [12], тенденціям рівня води Великих озер Північної Америки під впливом змін клімату [13], використанню кліматичних прогнозів для гідрологічного моделювання [15; 23], визначають ключові механізми формування динаміки рівнів води озер в умовах глобального потепління. Одним із основних методів відстеження змін в озерних гідроекосистемах є методи ДЗЗ [14]. Дослідження ролі підземного живлення в озерних системах [16], впливу рекреації на якість води [22] формують концептуальні засади аналізу водного балансу Світязя з урахуванням його складного походження та особливостей антропогенного впливу.

Окремим методичним блоком досліджень є розробка та імплементація сучасних моделей прогнозування рівнів води – від нейромережних і гібридних алгоритмів [17; 18] до байєсівських та регіональних моделей водного балансу [25; 26]. Такі підходи забезпечують можливість створення точних багатофакторних моделей змін рівня, що виглядає перспективним для Світязя за умови обмеженості інструментальних спостережень. Дослідження екологічно мінімальних рівнів у мілководних озерах [24] і взаємозв'язків вмісту солей у воді та рівня озер [27] відкривають нові підходи до розробки моделей управління рівневим режимом озера в умовах змін клімату та гідрологічного навантаження. Важливими для нас були також публікації про вплив клімату й антропогенних чинників на ґрунтові води [28], екстремальні екологічні події у водоймах [33], оскільки вони актуальні для аналізу ризиків різких знижень рівня Світязя.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Озеро Світязь є складною

гідрологічною системою, рівневий режим якої визначається особливостями поєднання атмосферного, поверхневого та підземного живлення. Незважаючи на наявність окремих досліджень по батиметрії, гідрохімічних особливостях, евтрофікації, результатах дистанційного моніторингу, стан досліджень озера досить фрагментарний. Не вистачає кількісної оцінки внеску підземних вод в структуру водного балансу озера, інтегрованих моделей водного балансу та систематичних даних про особливості антропогенного впливу. Недостатньо вивченою є реакція гідроекосистеми озера на коливання рівня води, верифікація локальних вимірювань із даними ДЗЗ, вплив зміни клімату на рівень води та водний баланс озера. Ці прогалини обмежують можливості для прогнозування, оцінки стійкості гідроекосистеми озера та розробки заходів сталого управління озером та його водозбірною територією.

Метою дослідження є наукове обґрунтування особливостей формування, виділення сучасних тенденцій та чинників зміни рівневого режиму озера Світязь на основі аналізу гідрометеорологічних параметрів, елементів водного балансу озера та просторово-часових закономірностей їх коливань.

Матеріали та методи

Для проведення досліджень використані матеріали Волинського центру з гідрометеорології (середньомісячні рівні води оз. Світязь з 1970 по 2024 р., середньомісячні температури та кількість опадів за той же період). Автори висловлюють щиру вдячність колективу та адміністрації Волинського центру з гідрометеорології за надані матеріали. А також датасет із числами Вольфа, що характеризують сонячну активність, взятий з сайту Solar Influences Data Analysis Center [32].

Методика проведення дослідження передбачала послідовну реалізацію декількох етапів.

На першому етапі всі дані зібрані в єдину базу. Проведена їх попередня перевірка на наявність пропусків, аномальних («вистрибуючих») або некоректних значень. Наступний аналіз спрямований на дослідження динаміки рівня води. Побудова графіків та базові статистичні процедури дозволили виявити довготривалі тенденції, зокрема, встановити, чи озеро стабільне за розмірами внаслідок коливання рівнів, чи спостерігається його обміління тощо. Визначено сезонні коливання шляхом обчислення середніх значень рівня води для кожного місяця протягом досліджуваного періоду.

Для встановлення синхронності зміни рівня води з змінами метеорологічних параметрів, реакції гідроекосистеми озера на теплі та сухі роки, впливу сонячної активності на гідрологічні процеси через кліматичні механізми використано кореляційний аналіз. Окрему увагу приділено визначенню років із критичними максимумами та мінімумами рівнів води. Вони зіставлені з погодними умовами та фазами сонячних циклів, що дозволило краще зрозуміти чутливість озера до зовнішніх впливів. На підсумковому етапі отримані результати узагальнені для оцінки багаторічної динаміки рівневого режиму озера Світязь та визначення ключових чинників його змін у контексті кліматичних коливань і антропогенного впливу.

Результати

Аналіз графіка багаторічних коливань середньорічних величин рівня води (рис. 1) показує, що протягом періоду спостережень (1970–2024 рр.) середньорічний рівень води озера зазнавав значних і нерегулярних коливань.

Рівні води змінювалися в широкому діапазоні – від 98 до 178 см. Лінійний тренд на графіку показує повільне, але стає зростання рівня води з часом (від 131 см в 1970 р. до 145 см у 2024 р.).

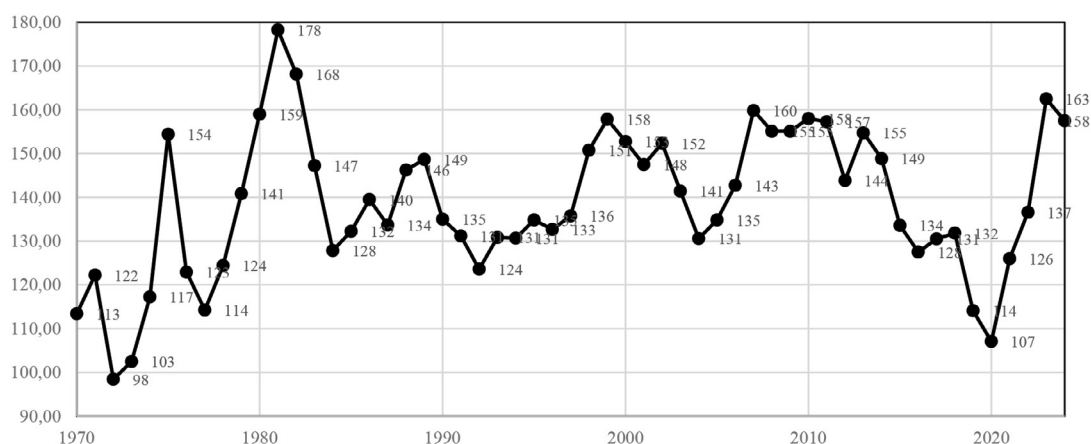


Рис. 1. Динаміка середньорічних рівнів води озера Світязь, см
Fig. 1. Trends in average annual water levels of Lake Svityaz, cm

З графіка (рис. 1) видно, що динаміці рівнів властивий чітко виражений цикл тривалістю 10-15 років. Найвищі значення рівнів води за досліджуваній період спостерігалися наприкінці 1970-х – на початку 1980-х рр., на межі 1990–2000 рр., всередині 2010-х рр., в 2023–24 рр. Найбільші зниження рівнів зафіксовано у середині 1970-х рр., на початку 1990-х та у 2019-21 рр., коли рівень води озера знизився майже до мінімуму.

Мінімальні із розрахованих середньорічних величин рівня води зафіксовано в 1972 р. (98 см), 1973 р. (103 см). Проте найбільшого суспільного розголосу набули не ці значення, а рівень 2020 р. (107 см) та 2019 р. (114 см). Хоча це й не були мінімальні значення із середньорічних, рівні води не перевищували 98 см протягом з серпня 2019 р. до січня 2020 р., далі рівень почав відновлюватись.

Максимальні значення середньомісячних величин рівня води відмічені в 1981 р. (178 см), 1982 р. (168 см), 2023 р. (163 см). Зокрема, з січня до квітня 1981 р. рівень води перевищував 184 см, за той же ж період 1982 р. – 185 см, у 2023 р. зафіксовано лише рівень 170 см в квітні-травні, а в 2024 р. – 181 см – в березні-квітні. Загалом в наш час рівні води дещо нижчі і зміщені на весну.

Особливо помітними на графіку є відносно короткі періоди різких змін: швидке підвищення у 1975-81 рр., суттєве зниження після 1981 р., у 2016-20 рр., яке завершилося дуже швидким відновленням у 2020-23 рр. Це свідчить про значну чутливість водного балансу озера до метеорологічних параметрів, особливостей

формування стоку та гідрологічних умов, можливий вплив багаторічних атмосферних циклів і циклів сонячної активності.

Поліноміальна апроксимація (рис. 1) показує, що в багаторічному коливанні рівнів води можуть чітко видні циклічні закономірності. Також чітко проявляється вплив нерегулярних або зовнішніх чинників, що виражається в динаміці періодичною складовою. Повільне підвищення середнього рівня води на тлі багаторазових коливань, яке в цілому простежується по графіку, зумовлене високими рівнями в 2023-24 рр., меншою мірою в 2007-11 рр.

Для гідрологічного режиму озера властиві періодичні багаторічні цикли, що супроводжуються різкими коливаннями рівня, пов'язаними зі зміною режиму опадів та зливового стоку, дією інших природних чинників.

Важливо також проаналізувати коливання рівнів води в розрізі окремих місяців. На рис. 2 зображено графік багаторічної динаміки середніх місячних рівнів озера. Його аналіз дозволив виділити наступні тенденції.

- по всіх місяцях простежується подібна послідовність зміни рівнів;
- рівень озера має виражений хвилюватий характер, що підтверджує тезу про природну циклічність і міжрічні коливання;
- спостерігається суттєвий міжрічний розкид даних;
- чітка монотонна тенденція (постійне зростання чи спадання рівня) відсутня, графік демонструє довготривалий цикл зі змінною амплітудою;

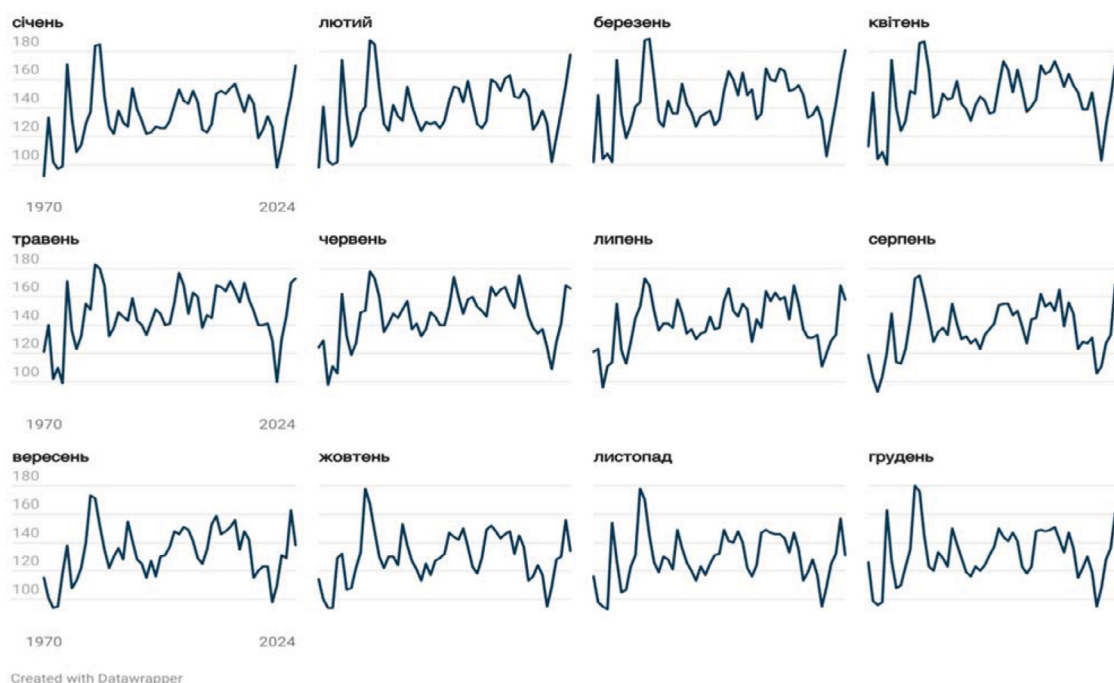


Рис. 2. Графічна візуалізація багаторічної динаміки середніх місячних рівнів озера (побудовано з використанням онлайн-інструменту Datawrapper)

Fig. 2. Graphical visualization of long-term dynamics of average monthly lake levels (created using the Datawrapper tool)

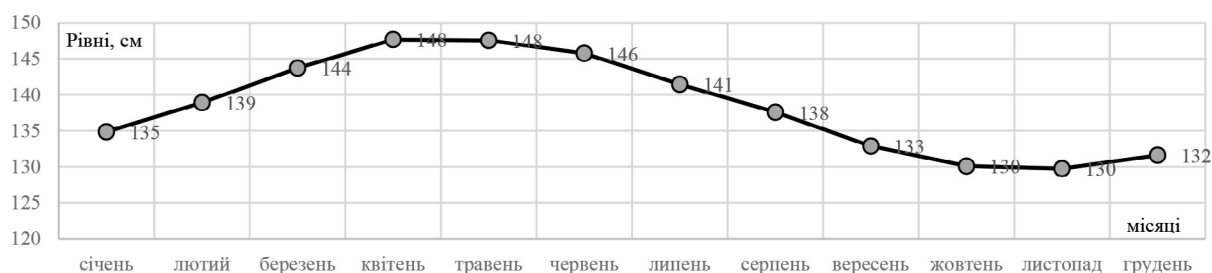


Рис. 3. Середні багаторічні місячні рівні води протягом року /
Fig. 3. Average long-term monthly water levels throughout the year

– у 2023-24 рр. простежується різкий підйом графіка, що може свідчити про екстремально високий рівень води в озері в останні роки.

Детальний аналіз графіка (рис. 2) дозволяє виділити особливості сезонів. Наприклад, протягом зимових місяців рівні демонструють найрізкіші міжрічні коливання, глибокі падіння та короткі високі піки. Навесні характер коливань дещо подібний до зимового, але амплітуда більш згладжена. У травні чітко виділяються періоди відносно вищих рівнів. Влітку динаміка стійкіша, зміни менш різкі, а рівні коливаються у стабільніших межах. Восени знову спостерігаються помітніші коливання, подібні до зимового періоду, амплітуда їх збільшується, різкі піки трапляються частіше.

Графік (рис. 3) демонструє класичну сезонну криву рівня озера, яка відбувається за наступним сценарієм: підвищення взимку → весняний максимум → літнє плато → осіннє падіння → зимове відновлення.

Такі закономірності рівневого режиму характерні для оз. Світязь, оскільки його режим визначається таненням снігу, кількістю опадів, температурним режимом, інтенсивністю випаровування. Рівень озера найвищий навесні (квітень-травень) і найнижчий восени (жовтень-листопад). Основними тенденціями при цьому є:

1. Поступове підвищення рівнів з січня до квітня. За середніми багаторічними даними рі-

вень води від січня до квітня піднімається на 14 см, що пояснюється таненням снігу й збільшенням поверхневого притоку.

2. Пік рівнів досягається в квітні (середній багаторічний – 149 см), що відповідає періоду найбільш інтенсивного весняного стоку.

3. Протягом травня-червня відбувається легка стабілізація до рівня 146 см. При цьому рівень майже не змінюється, зберігається плато рівнів. Це період, коли озеро ще добре наповнене, а випаровування не досягло максимуму.

4. Протягом другої половини літа і аж до осені (липень-листопад) рівень озера поступово знижується, найбільше падіння фіксується восени через інтенсивне літнє випаровування, зменшення кількості опадів та поверхневого притоку.

5. Мінімальні рівні властиві у жовтні-листопаді (130 см) і пов'язані з завершенням сезону дощів, ще досить високим випаровуванням, низьким поверхневим притоком води.

6. В грудні фіксується невелике зростання рівнів через початок зимових опадів і зменшення випаровування через холод. Воно знаменує перехід до нового витка річного циклу.

В цьому контексті особливо цікавим виглядає аналіз динаміки рівнів води у екстремальні місяці, тобто за найвищого і найнижчого рівня (рис. 4).

Як видно з рис. 4, для динаміки рівнів води досліджуваного озера властиве поєднання довго-

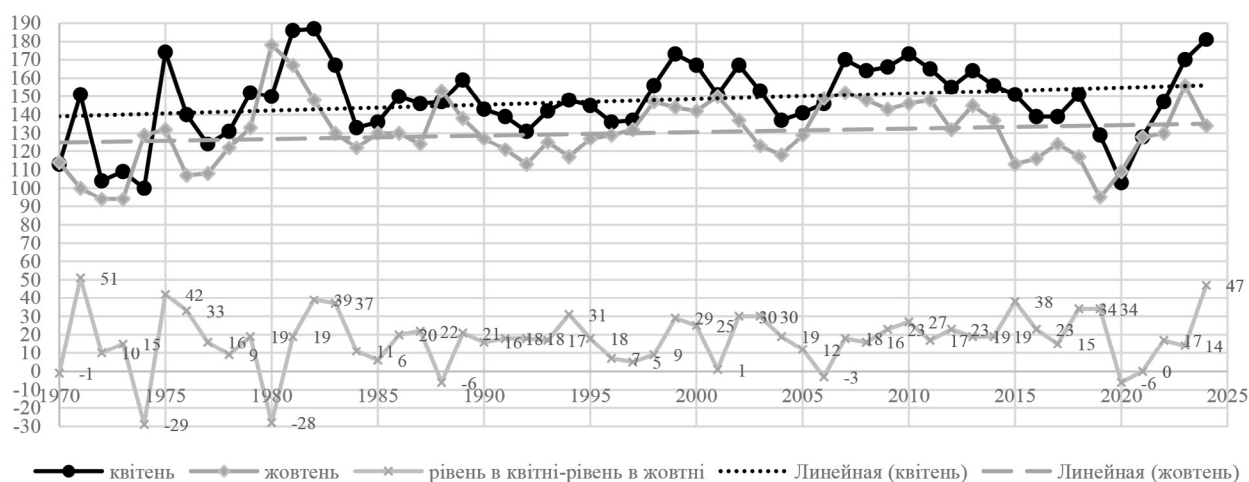


Рис. 4. Динаміка рівнів води у екстремальні місяці та різниці між ними /
Fig. 4. Water level dynamic in extreme months and differences between them

строкових слабких трендів із виразною міжрічною мінливістю. Це свідчить про чутливість лімно-системи до кліматичних флуктуацій. Амплітуда значень між весняним і осіннім рівнями в окремі періоди – це індикатор змін у режимі випадання опадів, температурі та випаровуванні, а також впливі антропогенних чинників у басейні.

Причиною високих весняних рівнів води є природний гідрологічний режим з максимумом, зумовлений сніготаненням і весняними опадами. Значенням рівнів в квітні властиві значна міжрічна мінливість – спостерігаються як різкі максимуми (кінець 1970-х рр., початок 1980-х рр., окремі роки після 2000 р.), так і глибокі мінімуми (середина 1970-х рр., 2019–21 рр.). Лінійний тренд для квітня має слабо позитивний нахил, що свідчить про загальну тенденцію до незначного підвищення весняних рівнів у довгостроковій перспективі (від 140 до 155 см).

Осінні рівні води нижчі, але теж демонструють істотну міжрічну варіабельність. Аномально низькі значення зафіксовані у 2000-х рр., наприкінці 2010-х рр. пов'язані з тривалими маловодними періодами та дефіцитом опадів у теплий сезон. Лінійний тренд рівнів жовтня є пологішим ніж для квітня, ближчим до ней-

см), 1980 р. (-28 см). Загалом за усі роки спостережень від'ємних значень амплітуди було суттєво менше (приблизно 9%). Це є індикатором контрастних гідрологічних умов року. Аналіз динаміки різниці рівнів свідчить, що попри значну амплітуду коливань у 1970–1980-х рр., сучасний період характеризується частим чергуванням маловодних років із глибокими мінімумами (наприклад, 2019–2021 рр.). Хоча загальна дисперсія ряду в останні десятиліття не демонструє статистично значущого зростання порівняно з початком спостережень, частіша поява екстремальних значень свідчить про зміщення сезонних максимумів та трансформацію традиційної структури гідрологічного режиму».

Аналіз закономірностей рівневого режиму озера дозволив виділити основні гідроекологічні ризики. Найбільш ймовірними серед них є:

1. Ризик мілководіння та деградації літоралі. Екстремально низькі рівні озера у жовтні, особливо у 1972 р., 1973 р., 2019 р. становили 90–95 см, це є індикатором підвищеної ймовірності скорочення площі літоральної зони, оголення донних відкладів і вторинного запилення берегів, деградації прибережно-водної рослинності. Для озера така ситуація може бути критичною, оскільки літораль є ключовою зоною біопродуктивності та самоочищення.

2. Посилення сезонної нестійкості гідрологічного режиму. Суттєва міжрічна мінливість амплітуди між весняним і осіннім рівнями свідчить про зниження стабільності водного балансу, порушення усталеного сезонного ритму наповнення й спрацювання озера, що створює ризики для гідробіонтів, життєві цикли яких пов'язані із сезонними рівневими фазами.

3. Ризик евтрофікації та «цвітіння» води. Зниження рівня води пов'язано із зменшенням об'єму води в озері. А це в свою чергу підвищує концентрацію біогенних елементів, температуру води, інтенсивність розвитку фітопланктону та ціанобактерій [22]. Тому зростає ризик евтрофікації озера у маловодні роки.

4. Дестабілізація донних процесів. Різкі коливання рівнів, зокрема, різкі весняні підйоми рівнів та глибокі осінні спади сприяють періодичному пересиханню та повторному затопленню донних відкладів, повернення у воду сполук фосфору та органічних речовин, задепонованих у озерному мулі, погіршенню кисневого режиму.

5. Зниження екологічної стійкості озера. Зростання амплітуди коливань і частоти екстремальних років свідчить про підвищену чутливість озера до кліматичних коливань, знижену буферну здатність гідроекосистеми, ризик переходу озера у гірший, менш стабільний екологічний стан.

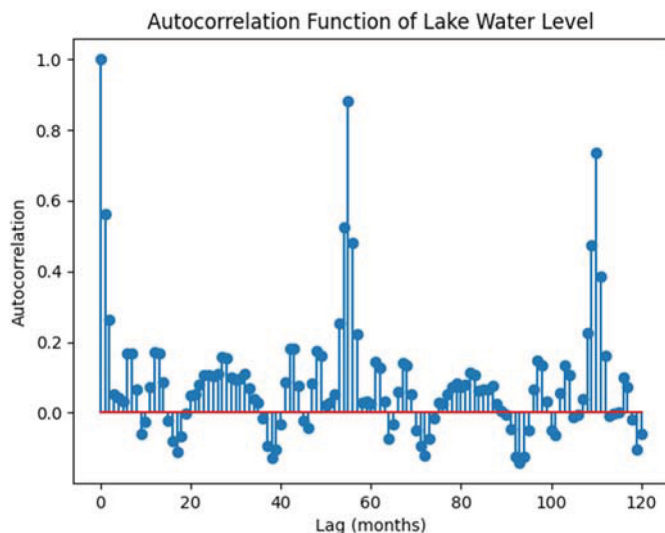


Рис. 5. Автокореляційна функція рівнів води озера /
Fig. 5. Autocorrelation function of lake water levels

трального, з тенденцією до слабого зростання або стабілізації рівнів (з 125 до 133 см).

Різниця максимальних і мінімальних рівнів по місяцях протягом більшості років додатна, що свідчить про суттєвість весняного максимуму у ці роки. Але в той же ж час амплітуда різниці значно коливається: від майже нульових і навіть від'ємних значень (в окремі роки, коли жовтневий рівень дорівнює або вище квітневого) до різко позитивних піків (40–50 см). Наприклад, амплітуда була максимальною додатною в 1970 р. (+51 см), 1975 р. (+42 см), 2024 р. (+48 см), максимальною від'ємною в 1974 р. (-29

На рис. 5 зображений графік автокореляційної функції рівнів води озера. З графіка видно, що досить великим є значення автокореляції при лагу 1 місяць ($\approx 0,56$). А це свідчить, що рівень води сильно залежить від особливостей попереднього місяця, тобто про інерційність лімносистеми. Помітний також пік на лагу 12 місяців, повторювані підвищення кореляції біля 12 місяців, 24 місяців, далі слабше. Це виділяє сезонність з періодом 1 рік. Амплітуда автокореляційної функції зменшується з лагом, довготривала стабільна кореляція відсутня, що типово для квазіперіодичних процесів. Також відсутні виражені піки на 36, 48, 60 місяців. Отже, автокореляційна функція не дозволяє однозначно підтвердити довгий (декількарічний) цикл коливань рівнів.

Для кількісного визначення домінантних періодів (циклів) у часовому ряді середньомісячних рівнів води використано метод спектрального аналізу. В основі методу лежить швидке перетворення Фур'є. На рис. 6 представлено періодограму (оцінку спектральної густини потужності) для часового ряду середньомісячних рівнів води, обчислену на основі 660 спостережень (55 років).

Періодограма показує, що найбільша потужність зосереджена у короткому (річному) циклі, довгі хвилі є другорядними. Це типовий результат для багатьох природних процесів, де річна сезонність переважає над багаторічними трендами. На графіку можна ідентифікувати кілька чітко виражених піків. Найбільш потужний пік із них має частоту 0,0833 циклів на місяць (період 12 місяців). Для нього властива найвища амплітуда серед усіх компонент. Отже, річна сезонність є домінуючим фактором коливання рівня води в озері. Гідрологічно це пояснюється річним циклом опадів, таненням снігу та випаровуванням. Другий за потужністю пік має частоту 0,009 циклів на місяць, що відповідає періоду приблизно 9,26 року. Він свідчить про значущу багаторічну складову в динаміці рівня води, яка, ймовірно, пов'язана з кліматичним циклом або циклами сонячної активності. Третій пік має найнижчу частоту 0,0015 циклів на місяць (період 55,56 років) і відображає тренд за весь період спостережень. Він має низьку потужність порівняно з річним циклом, але все ж є значущим.

Після ідентифікації домінантних періодів (1 рік та 9,26 року) перевірена їх статистична значущість. Для цього застосовано критерій Фішера для періодограми (g-критерій Фішера). Нульова гіпотеза (H_0) сформульована наступ-

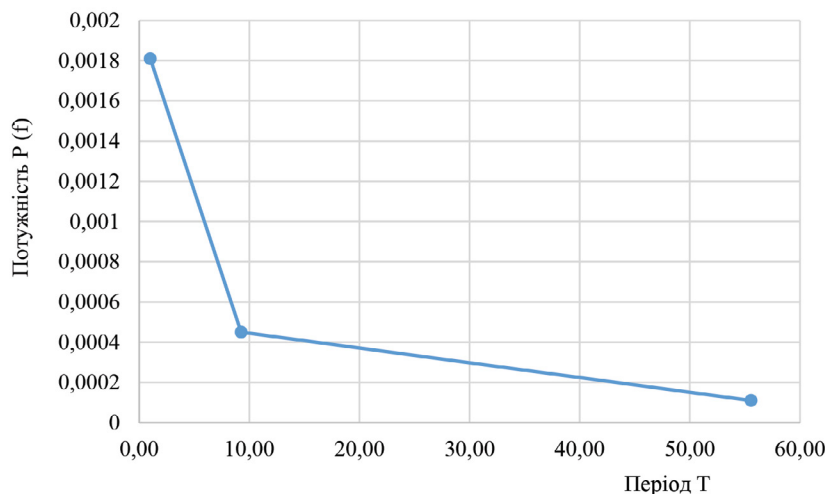


Рис. 6. Періодограма часового ряду середньомісячних рівнів води /
Fig. 6. Periodogram of the time series of average monthly water levels

Таблиця 1 / Table 1
Результати розрахунку g-критерій Фішера / Results of
Fisher's g-test calculation

Період, T (роки)	Розрахункове g	Критичне $g_{crit}(\alpha=0.05)$	Значущість
1	12,07	$\approx 0,05$	Значущий
9,26	3,10	$\approx 0,05$	Значущий

ним чином: часовий ряд є випадковим білим шумом, всі частоти мають однакову очікувану потужність, виявлені піки є випадковими флуктуаціями. Альтернативна гіпотеза (H_A) каже, що часовий ряд містить принаймні одну значущу гармонічну складову (період), що відрізняється від шуму. Розрахунки g-критерій Фішера (табл. 1) підтвердили, що виявлені за допомогою періодограми цикли є статистично значущими. Розрахований для моделі коефіцієнт детермінації (R^2) становить 0,778. Це досить значний показник, як для процесу, на який впливає дуже багато чинників.

Декомпозиція часового ряду рівнів води озера дозволяє виділити тренд-циклічну, періодичну та неперіодичну складові (рис. 7). Тренд-циклічна складова коливається навколо виділеного багаторічного періоду зміни рівнів (9,26 років), накладеного на середній рівень (134,8 см). Це свідчить про відсутність різкого лінійного зростаючого або спадаючого тренду за період спостереження. Періодична складова являє собою практично ідеальну синусоїду з періодом 12 місяців. Вона демонструє, що рівень води щороку коливається за дуже схожим і передбачуваним сценарієм. Неперіодична

складова (флуктуація, залишкова компонента) – це невстановлена варіація, отримана після віднімання всіх змодельованих систематичних компонент. Вона показує, що більша частина дисперсії була пояснена моделлю. Залишок зосереджений навколо нуля і має вигляд слабо корельованого шуму.

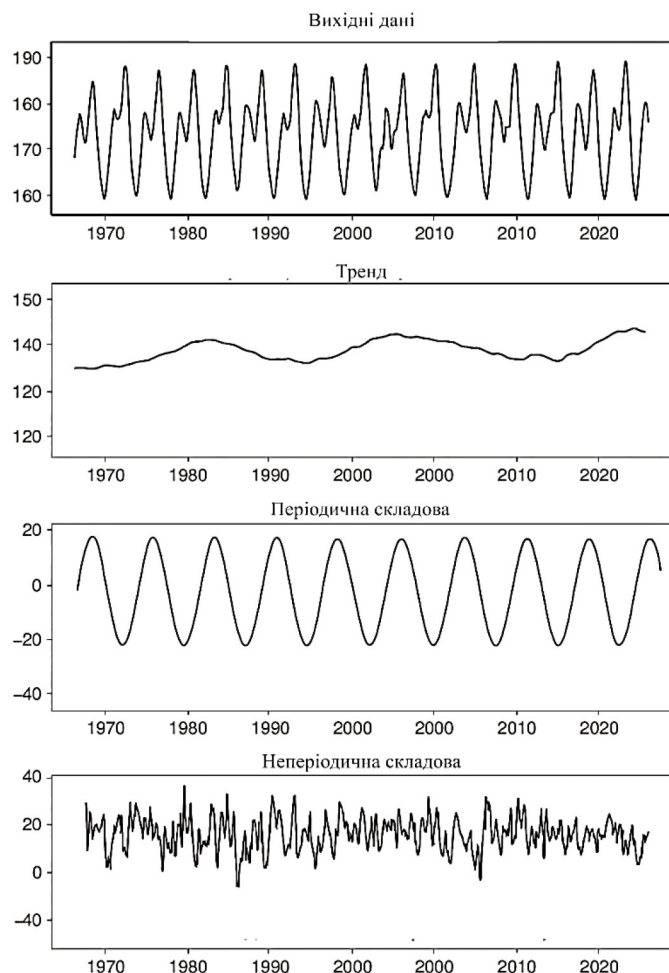


Рис. 7. Декомпозиція часового ряду рівнів води озера
Fig. 7. Decomposition of the time series of lake water levels

На рис. 8 та у табл. 2 наведені результати кореляційного аналізу рівнів води (середніх місячних рівнів, середніх за рік, всього масиву по місяцях за рік) та опадів (середніх за місяць, рік). Тільки за вересень зв'язок помірний (середній), за лютий, квітень, червень-серпень, листопад, грудень і за рік зв'язок слабкий, в усі інші місяці – дуже слабкий.

Розраховані коефіцієнти кореляції перевірені на статистичну значущість (табл. 2). Для цього використано t-критерій Стюдента. Обсяг вибірки становить 55 років, рівень значущості $\alpha = 0,05$, число ступенів свободи $df = n - 2 = 55 - 2 = 53$. За таких умов $t_{\text{табл}}$ становить приблизно 2,0057. Якщо $|t_{\text{емп}}| \geq 2,0057$, коефіцієнт кореляції статистично значущий. На рівні значущості $\alpha = 0,05$ статистично достовірними (значущими) є коефіцієнти кореляції лише для квітня та вересня. Дуже близьким є також коефіцієнт за листопад. Усі інші коефіцієнти (в т.ч. річний $r = 0,12$) є статистично незначущими, тобто відсутні підстави стверджувати про існування лінійного зв'язку в генеральній сукупності. Це нашоує на думку, що статистично значущим є зв'язок для місяців із екстремальними (максимальними та мінімальними) рівнями – квітня та жовтня, в околі якого якраз і є вересень та листопад. Отже, оскільки щільність зв'язку між опадами та рівнями не висока, то сама по собі кількість опадів не є чинником, що визначає рівень озера.

Аналогічно розраховані коефіцієнти й між рівнями води (середніми місячними рівнями, середніми за рік) та температурою повітря (середньою за місяць, рік). Результати представлені на рис. 9 та у табл. 3. Помірний (середній) зв'язок

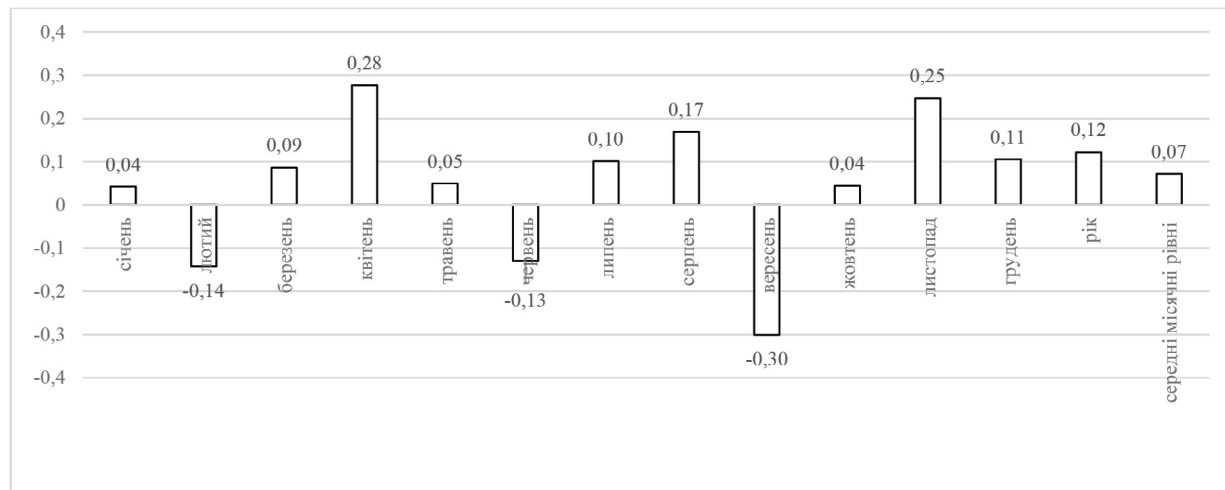


Рис. 8. Коефіцієнти кореляції між рівнем води та опадами /
Fig. 8. Correlation coefficients between water level and precipitation

Таблиця 2 / Table 2

Результати кореляційного аналізу / Results of correlation analysis

Місяць	r	temp	Статистична значущість	Сила зв'язку
січень	0,04	0.3063	не значущий	Дуже слабкий
лютий	-0,14	-1.0517	не значущий	Слабкий
березень	0,09	0.6296	не значущий	Дуже слабкий
квітень	0,28	2.1769	значущий	Слабкий
травень	0,05	0.3593	не значущий	Дуже слабкий
червень	-0,13	-0.9503	не значущий	Слабкий
липень	0,10	0.7367	не значущий	Слабкий
серпень	0,17	1.2504	не значущий	Слабкий
вересень	-0,30	2.3825	значущий	Помірний (Середній)
жовтень	0,04	0.3197	не значущий	Дуже слабкий
листопад	0,25	1.9397	не значущий	Слабкий
грудень	0,11	0.8927	не значущий	Слабкий
рік	0,12	0.8927	не значущий	Слабкий
середні місячні рівні	0,07	0.5225	не значущий	Дуже слабкий

характерний лише для травня, для інших місяців – слабкий. Хоча сила зв'язку між рівнями та температурою суттєво вища, ніж між рівнями та опадами.

За рівня значущості $\alpha = 0,05$ статистично достовірним (значущим) є коефіцієнт кореляції лише для травня. В усі інші місяці статистична значимість не підтвердилась. Це закономірно, оскільки статистична значущість пов'язана із силою зв'язку. Температура повітря визначає величину випаровування і, на перший погляд здається, що саме в травні вона помірно пов'язана із формуванням рівня води. Але температура в цій моделі діє як тригер танення, а не як чинник випаровування.

Підсумовуючи взаємозв'язок рівнів води і метеорологічних параметрів території слід відмітити, що озеро чітко реагує на весняні опади (квітень) підвищенням рівня, хоча й зі слабкою силою зв'язку. Восени вплив опадів стає оберне-

ним, що свідчить про переважання випаровування або інших чинників (наприклад, впливу водозабору) у цей сезон. Гідрологічний режим озера найчутливіший до кліматичних факторів у весняно-осінній перехідний період (квітень, травень, вересень), а не протягом основних сезонів (літа чи зими). Рівень води визначається інтенсивністю весняного стоку та сукупним ефектом літніх втрат. Зв'язок між рівнем і кліматичними показниками в більшості місяців є слабким та статистично недостовірним. Це є ознакою складності гідрологічної системи, в якій, крім опадів і температури, важливу роль відіграють інші, в т.ч. невраховані чинники (грунтові та підземні води, водозбір, тощо).

Врахування впливу кліматичних чинників на рівень озера останнім часом ускладнене їх зміною в останні десятиліття (рис. 10, 11). Вона впливає на рівень води в озері Світязь, зміщуючи гідрологічний баланс у бік втрат. Це під-

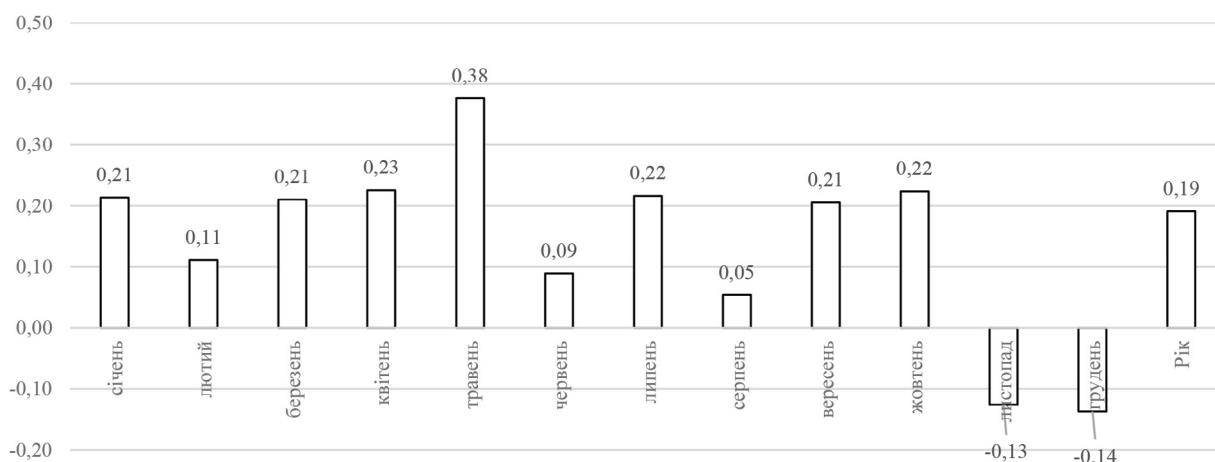


Рис. 9. Коефіцієнти кореляції між рівнем води та температурою повітря

Fig. 9. Correlation coefficients between water level and air temperature

Таблиця 3 / Table 3

Результати кореляційного аналізу / Results of correlation analysis

Місяць	r	t _{emp}	Значущість	Сила зв'язку
січень	0.21	1.5770	Не значущий	Слабкий
лютий	0.11	0.8109	Не значущий	Слабкий
березень	0.21	1.5495	Не значущий	Слабкий
квітень	0.23	1.6667	Не значущий	Слабкий
травень	0.38	2.9969	Значущий	Помірний (середній)
червень	0.09	0.6504	Не значущий	Слабкий
липень	0.22	1.5970	Не значущий	Слабкий
серпень	0.05	0.3925	Не значущий	Слабкий
вересень	0.21	1.5110	Не значущий	Слабкий
жовтень	0.22	1.6541	Не значущий	Слабкий
листопад	-0.13	0.9231	Не значущий	Слабкий
грудень	-0.14	1.0084	Не значущий	Слабкий
Рік	0.19	1.4097	Не значущий	Слабкий

тверджують кореляційні зв'язки між рівнем озера і метеорологічними параметрами. Зокрема, зростання температури посилює випаровування. Хоч цей процес лінійно не корелює з рівнем води влітку, але його акумулятивний ефект є настільки суттєвим, що переважає надходження води в озеро. Про це свідчить обернений достовірний зв'язок у вересні. Зміна клімату змінила режим їх випадання. Дефіцит опадів у теплий період разом із підвищенням температури зумовлює ситуацію, коли річні показники водного балансу стають від'ємними, а рівень води знижується

через неможливість компенсації літніх втрат. Малі значення коефіцієнтів кореляції свідчать про те, що кількість опадів у певний момент часу не впливає на рівень води в озері, минулорічні опади більше впливають на зміну рівня води [2]. Також це є свідченням суттєвості впливу на рівень води не лише клімату і його зміни, але й діяльності людини (використання підземних вод, меліорація). Причому саме вплив цього чинника посилюється в умовах кліматичного стресу.

Ще одним аспектом, що викликає науковий інтерес, є ймовірний зв'язок рівнів води із соняч-

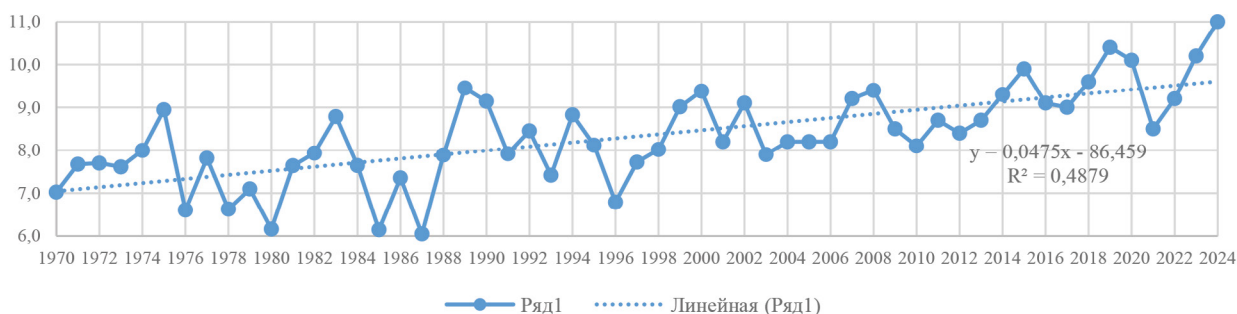


Рис. 10. Динаміка середньорічної температури повітря по МС Світязь за 1970-2024 рр. /

Fig. 10. Trends in the average annual air temperature in the Svitiaz MS for 1970-2024

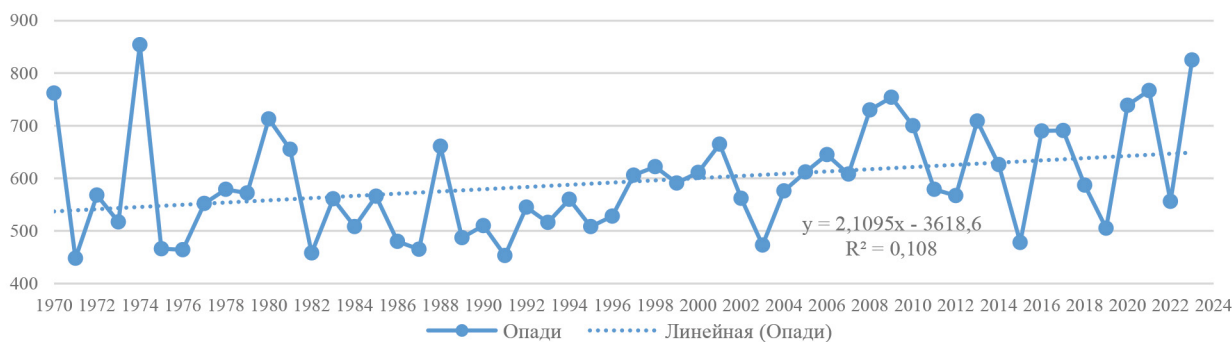


Рис. 11. Кількість опадів по МС Світязь за 1970-2024 рр. /

Fig. 11. Amount of precipitation in the Svitiaz meteorological station for 1970-2024

ною активністю. Вона циклічна. Найвідомішим є 11-річний сонячний цикл (цикл Швабе) із періодами сонячного максимуму та мінімуму. Сонячні цикли можуть впливати на клімат через зміну атмосферної циркуляції, яка визначає траєкторії циклонів і антициклонів над Східною Європою. Циклічні зміни сонячної активності можуть бути одним із природних кліматичних драйверів, що підсилюють (або пом'якшують) сезонну асиметрію водного балансу, спричинену зміною клімату. Для розрахунків використано числа Вольфа – міру кількості сонячних плям і груп сонячних плям на поверхні Сонця, за допомогою яких відстежується активність Сонця та 11-річного циклу сонячної активності. Безпосереднього і загально визнаного зв'язку між числами Вольфа та рівнем води в конкретному озері не існує. Проте, в ряді досліджень зустрічаються гіпотези або твердження про те, що динаміка сонячної активності, виражена через числа Вольфа, може опосередковано впливати на рівень води в озерах. Зокрема, через зміни в глобальних і регіональних кліматичних та гідрологічних процесах. Наприклад, у роботі [33] досліджено вплив сонячної активності на режим оз. Вікторія.

Тому проведено кореляційний аналіз середніх місячних рівнів оз. Світязь та чисел Вольфа за період 1970-2024 рр. Коефіцієнт кореляції $r = 0,084286$ є статистично значущим на рівні $\alpha = 0,05$. Значення коефіцієнта пряме, але дуже низьке, що відповідає дуже слабкій кореляції. Значний обсяг вибірки (660 місяців) дозволяє стверджувати, що цей невеликий зв'язок не є випадковим та існує в генеральній сукупності. Тобто цикли сонячної активності впливають на рівні озера дуже слабо.

Зіставлення фаз сонячного циклу з аномаліями рівня води дозволило зробити висновок, що підвищення сонячної активності може дуже слабо корелювати з зниженням рівня води ($r = -0,11$) приблизно через 18-24 місяці. Спектральний аналіз даних зниження рівня води не показує чіткого 11-річного циклу, властивого сонячній активності. Це підтверджує, що вона не є домінуючим чинником формування рівнів води.

Одним із чинників, що впливає на рівні і проявляється на водозборі озера є господарська діяльність. Зокрема, активне меліоративне освоєння території, використання води для зрошення багаторічних культур (ягід), самовільне спорудження ставків-випаровувачів для зниження рівня ґрунтових вод на приватних ділянках, необліковане добування підземних

вод, потенційний вплив Хотиславського крейдового кар'єру.

Дискусія і висновки

Дослідження рівневого режиму оз. Світязь підтвердили його високу чутливість до дії метеорологічних чинників. Протягом періоду спостережень (1970-2024 рр.) рівні води коливались в широкому діапазоні значень, від критичних мінімумів до аномально високих рівнів. Річна сезонність є домінуючим чинником формування рівневого режиму, але на фоні річних циклів простежуються багаторічні хвилі з періодом 9,26 років. Виявлена тенденція засвідчила поєднання короткострокових закономірностей із довготривалими флуктуаціями, що й визначає рівневий режим озера.

Протягом екстремальних періодів (1972-73 рр., 2019-21 рр., 2023-24 рр) рівні води досягали критичних мінімумів або, навпаки, різко зростали. Такі коливання сприяють формуванню гідроекологічних ризиків. Зокрема, мілководдя, деградації літоралі, нестійкості сезонного режиму, евтрофікації та «цвітіння» води, дестабілізації донних процесів. Статистично виявлена тенденція зростання амплітуди між весняними та осінніми рівнями є ознакою зниження буферної здатності лімносистеми й підвищення її вразливості.

Кореляційний аналіз розкрив відносно слабкий зв'язок рівнів води з кількістю опадів. Це свідчить про багатофакторність процесів живлення озера, значну роль ґрунтових та підземних вод у цьому процесі. Навіть за відносно стабільної кількості опадів можуть відбуватись різкі коливання рівнів води через внутрішні гідрологічні механізми. Повільне проникнення поверхневого живлення до ґрунтових вод та глибших водоносних горизонтів, а також антропогенна діяльність збільшують часовий лаг впливу опадів на рівень води в озері.

Отримані результати дозволяють зробити кілька ключових висновків:

- рівневий режим озера Світязь відображає накладання сезонних і багаторічних коливань гідрологічних та метеорологічних параметрів;
- сучасні тенденції свідчать про збільшення нестійкості лімносистеми та ризик її переходу до менш стабільного стану;
- для збереження екологічної стійкості необхідний постійний гідроекологічний, гідрологічний, гідрогеологічний та меліоративний моніторинг, моделювання сценаріїв змін лімносистеми та розробка заходів її кліматичної адаптації.

Внесок авторів: всі автори зробили рівний внесок у цю роботу

Конфлікт інтересів: автори повідомляють про відсутність конфлікту інтересів

Декларація про використання генеративного штучного інтелекту: Автори використовували інструменти генеративного штучного інтелекту (GenAI) для допоміжної роботи: Gemini та DeepL було залучено для перевірки правильності перекладу з однієї мови на іншу та під час оформлення списку використаних джерел. Усі результати роботи з цими інструментами були ретельно контрольовані, перевірені та, за необхідності, відредаговані авторами. Автори несуть повну відповідальність за зміст та цілісність публікації.

Authors Contribution: All authors have contributed equally to this work

Conflict of Interest: The authors declare no conflict of interest

Declaration of use of generative artificial intelligence: The authors utilized generative artificial intelligence (GenAI) tools in a supportive capacity: Gemini and DeepL were used to check the accuracy of translations from one language to another and to compile a list of sources used. All outputs from these tools were carefully supervised, reviewed, and, where necessary, edited by the authors. The authors retain full responsibility for the content and integrity of the publication.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

REFERENCES

1. Альохіна, О. В., Корусь, М. М., Івченко, Д. В., Піць, Н. А., & Турич, В. В. (2020). Батиметричні дослідження озера Світязь в околі розташування можливих підземних джерел його водопостачання. *Екологічна безпека та природокористування*, 34(2), 53–71. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2020.2.53-71> [in Ukrainian].
2. Корлятович, Т. Ю., Тартачинська, З. Р., & Покотило, І. Я. (2020). Дослідження аномальності стану рівня води Шацьких озер у 2019 році. *Екологічні науки*, 1(28), 221–227. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.1-28.35>
3. Наседкін, І. Ю. (2021). Життя реліктового карсту на прикладі озера Світязь. Наукові записки Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка. *Географічні науки*, 2(2), 60–70. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4782601>
4. Озеро Світязь: Сучасний природно-господарський стан та проблеми. (2004). Я.О. Мольчак (Ред.). Луцьк: РРВ ЛДТУ.
5. Павловська, Т. С. (2025). Тенденції коливань річних та сезонних сум опадів на метеостанції Світязь (Волинська область, Україна). Наукові відкриття та фундаментальні наукові дослідження: світовий досвід. Вінниця: ТОВ «УКРЛОГОС Груп». С. 472–476.
6. Полянський, С. В. (2014). Ренатуралізація меліорованих гідроморфних ґрунтів Шацького району. *Природа Західного Полісся та прилеглих територій*, 11, 69–74.
7. Тарасюк, Н. А., Стельмах, В. Ю., & Теребейчик, І. В. (2025). Вразливість ресурсів поверхневих вод Волині до змін клімату. *Грааль науки*, 58, 1091–1098. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.14.11.2025.143>
8. Фесюк, В. О., Мороз, І. А., Ільїн, Л. В., Ільїна, О. В., Карпюк, З. К., & Чижевська, Л. Т. (2020). Екологічна оцінка якості води озера Світязь. Конструктивна географія і картографія: стан, проблеми, перспективи. Львів: Простір-М. С. 114–116.
9. Фесюк, В. О., Нетробчук, І. М., Полянський, С. В., & Довган, Д. Я. (2024). Особливості сучасного стану евтрофікації Шацьких озер. *Український журнал природничих наук*, 8, 279–288. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.8.2024.29>
10. Хомік, Н. В., & Матейчик, В. І. (2012). Гідрологічна характеристика Шацького національного природного парку. *Природа Західного Полісся та прилеглих територій*, 9, 47–54.
11. Яцюк, М. В., Сидоренко, О. О., Цветова, О. В., Тураєва, О. В., & Нечай, О. Екологічні науки М. (2022). *Природні води Шацького Поозер'я в контексті змін клімату.*, (6)45, 63–70. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.6-45.8>
12. Adams, K. D., & Sada, D. W. (2014). Surface water hydrology and geomorphic characterization of a playa lake system: Implications for monitoring the effects of climate change. *Journal of Hydrology*, 510, 92–102. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.12.018>
13. Bartolai, A. M., He, L., Hurst, A. E., Mortsch, L., Paehlke, R., & Scavia, D. (2015). Climate change as a driver of change in the Great Lakes St. Lawrence River Basin. *Journal of Great Lakes Research*, 41(1), 45–58. <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2014.11.012>
14. Carrea, L., Crétau, J. F., Liu, X., Wu, Y., Calmettes, B., Duguay, C. R., Merchant, C. J., ... & Albergel, C. (2023). Satellite-derived multivariate world-wide lake physical variable timeseries for climate studies. *Scientific Data*, 10(1), 30. <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01889-z>
1. Alohkhina, O. V., Korus, M. M., Ivchenko, D. V., Pits, N. A., & Turych, V. V. (2020). Bathymetric research of Lake Svitiaz in the vicinity of possible underground sources of its water supply. *Environmental safety and natural resource management*, 34(2), 53–71. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2020.2.53-71> [in Ukrainian].
2. Koriyatovych, T. Yu., Tartachynska, Z. R., & Pokotylo, I. Ya. (2020). Research on the anomaly of the water level state of the Shatsk Lakes in 2019. *Environmental sciences*, 1(28), 221–227. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2020.eco.1-28.35> [in Ukrainian].
3. Nasyedkin, I. Yu. (2021). The life of relict karst on the example of Lake Svitiaz. Scientific Notes of Sumy State Pedagogical University named after A. S. Makarenko. *Geographical Sciences*, 2(2), 60–70. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4782601> [in Ukrainian].
4. Molchak, Ya. O. (Ed.). (2004). Lake Svitiaz: Modern natural and economic condition and problems. RRV LDTU. [in Ukrainian].
5. Pavlovskaya, T. S. (2025). Trends in fluctuations of annual and seasonal precipitation totals at Svitiaz weather station (Volyn region, Ukraine)]. Scientific discoveries and fundamental research: world experience. (pp. 472–476). TOV "UKROHOS Hrup". [in Ukrainian].
6. Polyanskiy, S. V. (2014). Renaturalization of reclaimed hydromorphic soils of the Shatsk district. *Nature of Western Polissya and nearby areas*, 11, 69–74. [in Ukrainian].
7. Tarasiuk, N. A., Stelmakh, V. Yu., & Terebeichyk, I. V. (2025). Vulnerability of surface water resources of Volyn to climate change. The Holy Grail of Science, 58, 1091–1098. <https://doi.org/10.36074/grail-of-science.14.11.2025.143> [in Ukrainian].
8. Fesyuk, V. O., Moroz, I. A., Ilyin, L. V., Ilyina, O. V., Karpuyk, Z. K., & Chyževska, L. T. (2020). Ecological assessment of Lake Svitiaz water quality. Constructive geography and cartography: state, problems, prospects. (pp. 114–116). Prostr-M. [in Ukrainian].
9. Fesyuk, V. O., Netrobchuk, I. M., Polyanskiy, S. V., & Dovhan, D. Ya. (2024). Features of the current state of eutrophication of the Shatsk Lakes. *Ukrainian Journal of Natural Sciences*, 8, 279–288. <https://doi.org/10.32782/naturaljournal.8.2024.29> [in Ukrainian].
10. Khomik, N. V., & Mateichyk, V. I. (2012). Hydrological characteristics of the Shatsk National Nature Park. *Nature of Western Polissya and nearby areas*, 9, 47–54. [in Ukrainian].
11. Yatsyuk, M. V., Sydorenko, O. O., Tsvetova, O. V., Turayeva, O. V., & Nechai, O. M. (2022). Natural waters of Shatsk Lake District in the context of climate change. *Environmental sciences*, (6)45, 63–70. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.6-45.8> [in Ukrainian].
12. Adams, K. D., & Sada, D. W. (2014). Surface water hydrology and geomorphic characterization of a playa lake system: Implications for monitoring the effects of climate change. *Journal of Hydrology*, 510, 92–102. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.12.018>
13. Bartolai, A. M., He, L., Hurst, A. E., Mortsch, L., Paehlke, R., & Scavia, D. (2015). Climate change as a driver of change in the Great Lakes St. Lawrence River Basin. *Journal of Great Lakes Research*, 41(1), 45–58. <https://doi.org/10.1016/j.jglr.2014.11.012>
14. Carrea, L., Crétau, J. F., Liu, X., Wu, Y., Calmettes, B., Duguay, C. R., Merchant, C. J., ... & Albergel, C. (2023). Satellite-derived multivariate world-wide lake physical variable timeseries for climate studies. *Scientific Data*, 10(1), 30. <https://doi.org/10.1038/s41597-022-01889-z>

15. Croley, T. E. II. (2013). Using climate predictions in Great Lakes hydrologic forecasts. In *Climate variations, climate change, and water resources engineering* (Chapter 12). <https://doi.org/10.1061/9780784408247.ch12>
16. Dinka, M. O. (2020). Estimation of groundwater contribution to Lake Basaka using conceptual net-groundwater flux model. *European Journal of Remote Sensing*, 53(1), 100696. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2020.100696>
17. Ebtehaj, I., Sammen, S. Sh., Sidek, L. M., Malik, A., Sihag, P., & Al-Janabi, A. M. S. (2021). Prediction of daily water level using hybridized GS-GMDH and ANFIS-FCM models. *International Journal of River Basin Management*, 19(6), 1343–1361. <https://doi.org/10.1080/19942060.2021.1966837>
18. Ehteram, M., Ferdowsi, A., Faramarzpour, M., Al-Janabi, A. M. S., Al-Ansari, N., Bokde, N. D., & Yaseen, Z. M. (2021). Hybrid AI models for lake water level prediction and uncertainty analysis. *Alexandria Engineering Journal*, 60(1), 123–138. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2020.12.034>
19. Fedoniuk, V., Khrystetska, M., Fedoniuk, M., Merlenko, I., & Bondarchuk, S. (2020). Shallowing of the Svitiaz Lake in the context of regional climate change. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 29(4), 673–683. <https://doi.org/10.15421/112060>
20. Fedoniuk, V. V., Fesyuk, V. O., & Fedoniuk, M. A. (2023). Dynamics and precipitation regime in the Poland-Belarus-Ukraine region (2010–2018). *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 32(2), 241–253. <https://doi.org/10.15421/112323>
21. Fergus, C. E., Brooks, J. R., Kaufmann, P. R., Herlihy, A. T., Pollard, A. I., Weber, M. H., & Paulsen, S. G. (2020). Lake water levels and hydrologic characteristics in the U.S. *Journal of the American Water Resources Association*, 56(3), 450–471. <https://doi.org/10.1111/1752-1688.12817>
22. Fesyuk, V. O., Ilyin, L. V., Moroz, I. A., & Ilyina, O. V. (2020). Environmental assessment of water quality in Volyn lakes used for recreation. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series Geology. Geography. Ecology* 52, 236–250. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2020-52-17>
23. Fry, L. M., Apps, D., & Gronewold, A. D. (2020). Operational water supply and water level forecasting for the Laurentian Great Lakes. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 146(9), 04020088. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0001214](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0001214)
24. Gudas, C., Vachon, D., & Prairie, Y. T. (2025). A global framework for integrating lake hypsography and function. *Nature Water*, 3(7), 818–830. <https://doi.org/10.1038/s44221-025-00461-4>
25. Guennon, N., Salerno, F., Rossi, D., Rainaldi, M., Calizza, E., & Romano, E. (2021). Climate change and water abstraction impacts on Lake Bracciano water levels. *European Journal of Remote Sensing*, 54(1), 100880. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2021.100880>
26. Haddeland, I., Heinke, J., Biemans, H., Eisner, S., Flörke, M., Hanasaki, N., & Wisser, D. (2013). Global water resources affected by human interventions and climate change. *PNAS*, 111(9), 3251–3256. <https://doi.org/10.1073/pnas.1222475110>
27. Liu, X., Yang, W., Fu, X., & Li, X. (2024). Ecological water levels in shallow lakes. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 24(4), 931–943. <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2023.08.014>
28. Liu, Z., Cheng, L., Lin, K., & Cai, H. (2022). A hybrid Bayesian vine model for water level prediction. *Environmental Modelling & Software*, 149, 105075. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2021.105075>
29. Lin, P., Yang, Z.-L., Cai, X., & David, C. H. (2015). Development of a lake level model for water resource management: Lake Buchanan case study. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 4, 661–674. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2015.08.005>
30. McGrath, G. S., Huntley, B., & Venarsky, M. P. (2025). Salinity–water level interactions in shallow lakes. *Journal of Hydrology*, 644, 133347. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2025.133347>
31. Santos, R. M. B., Sanches Fernandes, L. F., Moura, J. P., Pereira, M. G., & Pacheco, F. A. L. (2015). Impacts of climate change, human interference and uncertainty on aquifer properties. *Journal of Hydrology*, 521, 153–168. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.09.001>
32. Sunspot number V2.3 Monthly. (n.d.). SIDC. URL: <https://www.sidc.be/SILSO/datafiles>
15. Croley, T. E. II. (2013). Using climate predictions in Great Lakes hydrologic forecasts. In *Climate variations, climate change, and water resources engineering* (Chapter 12). <https://doi.org/10.1061/9780784408247.ch12>
16. Dinka, M. O. (2020). Estimation of groundwater contribution to Lake Basaka using conceptual net-groundwater flux model. *European Journal of Remote Sensing*, 53(1), 100696. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2020.100696>
17. Ebtehaj, I., Sammen, S. Sh., Sidek, L. M., Malik, A., Sihag, P., & Al-Janabi, A. M. S. (2021). Prediction of daily water level using hybridized GS-GMDH and ANFIS-FCM models. *International Journal of River Basin Management*, 19(6), 1343–1361. <https://doi.org/10.1080/19942060.2021.1966837>
18. Ehteram, M., Ferdowsi, A., Faramarzpour, M., Al-Janabi, A. M. S., Al-Ansari, N., Bokde, N. D., & Yaseen, Z. M. (2021). Hybrid AI models for lake water level prediction and uncertainty analysis. *Alexandria Engineering Journal*, 60(1), 123–138. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2020.12.034>
19. Fedoniuk, V., Khrystetska, M., Fedoniuk, M., Merlenko, I., & Bondarchuk, S. (2020). Shallowing of the Svitiaz Lake in the context of regional climate change. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 29(4), 673–683. <https://doi.org/10.15421/112060>
20. Fedoniuk, V. V., Fesyuk, V. O., & Fedoniuk, M. A. (2023). Dynamics and precipitation regime in the Poland-Belarus-Ukraine region (2010–2018). *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 32(2), 241–253. <https://doi.org/10.15421/112323>
21. Fergus, C. E., Brooks, J. R., Kaufmann, P. R., Herlihy, A. T., Pollard, A. I., Weber, M. H., & Paulsen, S. G. (2020). Lake water levels and hydrologic characteristics in the U.S. *Journal of the American Water Resources Association*, 56(3), 450–471. <https://doi.org/10.1111/1752-1688.12817>
22. Fesyuk, V. O., Ilyin, L. V., Moroz, I. A., & Ilyina, O. V. (2020). Environmental assessment of water quality in Volyn lakes used for recreation. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University. Series Geology. Geography. Ecology* 52, 236–250. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2020-52-17>
23. Fry, L. M., Apps, D., & Gronewold, A. D. (2020). Operational water supply and water level forecasting for the Laurentian Great Lakes. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 146(9), 04020088. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)WR.1943-5452.0001214](https://doi.org/10.1061/(ASCE)WR.1943-5452.0001214)
24. Gudas, C., Vachon, D., & Prairie, Y. T. (2025). A global framework for integrating lake hypsography and function. *Nature Water*, 3(7), 818–830. <https://doi.org/10.1038/s44221-025-00461-4>
25. Guennon, N., Salerno, F., Rossi, D., Rainaldi, M., Calizza, E., & Romano, E. (2021). Climate change and water abstraction impacts on Lake Bracciano water levels. *European Journal of Remote Sensing*, 54(1), 100880. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2021.100880>
26. Haddeland, I., Heinke, J., Biemans, H., Eisner, S., Flörke, M., Hanasaki, N., & Wisser, D. (2013). Global water resources affected by human interventions and climate change. *PNAS*, 111(9), 3251–3256. <https://doi.org/10.1073/pnas.1222475110>
27. Liu, X., Yang, W., Fu, X., & Li, X. (2024). Ecological water levels in shallow lakes. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 24(4), 931–943. <https://doi.org/10.1016/j.ecohyd.2023.08.014>
28. Liu, Z., Cheng, L., Lin, K., & Cai, H. (2022). A hybrid Bayesian vine model for water level prediction. *Environmental Modelling & Software*, 149, 105075. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2021.105075>
29. Lin, P., Yang, Z.-L., Cai, X., & David, C. H. (2015). Development of a lake level model for water resource management: Lake Buchanan case study. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 4, 661–674. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2015.08.005>
30. McGrath, G. S., Huntley, B., & Venarsky, M. P. (2025). Salinity–water level interactions in shallow lakes. *Journal of Hydrology*, 644, 133347. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2025.133347>
31. Santos, R. M. B., Sanches Fernandes, L. F., Moura, J. P., Pereira, M. G., & Pacheco, F. A. L. (2015). Impacts of climate change, human interference and uncertainty on aquifer properties. *Journal of Hydrology*, 521, 153–168. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.09.001>
32. Sunspot number V2.3 Monthly. (n.d.). SIDC. URL: <https://www.sidc.be/SILSO/datafiles>

33. Woolway, R. I., Zhang, Y., Jennings, E., Zohary, T., Jane, S. F., Jansen, J., ... & Jeppesen, E. (2025). Extreme and compound events in lakes. *Nature Reviews Earth & Environment*, 6, 593–611. <https://doi.org/10.1038/s43017-025-00710-w>
34. Yousef, S. M. (2000). The solar Wolf-Gleissberg cycle and its influence on the earth. In *Proceedings of the International Conference on Environmental Hydrology and Management (ICEHM2000)*. 267–293.
33. Woolway, R. I., Zhang, Y., Jennings, E., Zohary, T., Jane, S. F., Jansen, J., ... & Jeppesen, E. (2025). Extreme and compound events in lakes. *Nature Reviews Earth & Environment*, 6, 593–611. <https://doi.org/10.1038/s43017-025-00710-w>
34. Yousef, S. M. (2000). The solar Wolf-Gleissberg cycle and its influence on the earth. In *Proceedings of the International Conference on Environmental Hydrology and Management (ICEHM2000)*. 267–293.

Level regime of Lake Svitiaz

Vasyl Fesyuk¹,  <https://orcid.org/0000-0003-3954-9917>, e-mail: fesyuk@ukr.net

DSc (Geography), Professor, Department of Physical Geography

Iryna Moroz²,  <https://orcid.org/0000-0001-9167-4876>, e-mail: moroz.iryana1@gmail.com

PhD (Chemistry), Associate Professor, Department of Food Technology and Chemistry

¹ *Lesya Ukrainka Volyn National University, Lutsk, Ukraine*

² *Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine*

ABSTRACT

Introduction. Lake Svitiaz is the largest and deepest of the Shatsk Lakes, and its water level is determined by precipitation, evaporation, groundwater recharge, and human impact. The most significant drops in the lake's water level occurred in 2019–2020. This complicates forecasting and requires scientifically sound management.

The purpose of article is to scientifically substantiate the peculiarities of the formation, identify current trends and factors of change in the water level regime of Lake Svitiaz based on the analysis of hydrometeorological parameters, elements of the lake's water balance, and the spatial and temporal patterns of their fluctuations.

The object of the study is the level regime of Lake Svitiaz as a result of natural and anthropogenic factors.

The subject of the study is the spatial and temporal features of water level fluctuations, natural and anthropogenic factors that determine the water balance and water level regime of Lake Svitiaz.

Data and methods. The study utilized monthly average water levels of Lake Svitiaz, monthly average temperature, and precipitation amounts for 1970–2024, as well as Wolf numbers as an indicator of solar activity. Long-term and seasonal changes in water level were analyzed using graphs and statistical calculations. The main parameters of the seasonal cycle were determined. Correlation analysis was used to assess the relationship between water level and temperature, precipitation, and solar activity. Years with minimum and maximum water levels were identified, and the levels were compared with meteorological conditions and the solar activity cycle. The influence of the main factors affecting the lake's water level regime under conditions of climate variability was analyzed.

Results. It was established that the lake's water level depends most significantly on meteorological conditions. Annual seasonality is the dominant factor in the formation of the water level regime. Against the backdrop of annual cycles, long-term waves with a period of 9.26 years can be observed.

Scientific novelty. Quantitative patterns of the influence of meteorological factors and solar activity on the long-term dynamics of water levels in Lake Svitiaz have been established. The parameters of the autocorrelation function of water levels and the correlation coefficients between water levels, precipitation, and air temperature have been calculated, and their statistical significance has been determined. A periodogram of the time series of average monthly water levels has been constructed. A decomposition of the time series of Lake Svitiaz water levels has been performed.

Practical significance. The results obtained can be used to develop programs for the sustainable management of the Shatsk Lakes limnosystems, nature conservation measures, monitoring, and adaptation to climate change.

ARTICLE INFO

Manuscript received
17 December 2025

Revised manuscript received
6 May 2026

Manuscript accepted
25 May 2026

Available online
30 May 2026⁷d

Keywords:

lake; lake water levels; level fluctuations; lake level regime; factors affecting lake water levels; lake feeding; underground runoff as a source of feeding; lake water balance; climate change.

In cites:

Fesyuk Vasyl, Moroz Iryna (2026). Level regime of Lake Svitiaz. *Visnyk of V. N. Karazin Kharkiv National University, Series Geology. Geography. Ecology*, (64), 279–292. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2026-64-21> [In Ukrainian]