

Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
Географічний факультет
Кафедра гідрології та гідроекології

**ГІДРОЛОГО-ГІДРОХІМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА
ОЗЕРА СВІТЯЗЬ**

Галузь знань 10 – Природничі науки
Спеціальність 103 – Науки про Землю
Освітня програма - Управління та екологія водних ресурсів

студентки 4 курсу
освітнього рівня бакалавр
Обрізан Марії Олексіївни

Науковий керівник:
доктор геогр. наук, професор
Хільчевський В.К.

ЗМІСТ

Вступ.....	3
Розділ 1. ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РЕГІОНУ.....	5
1.1. Загальна характеристика Шацького поозер'я.....	5
1.2. Геолого-тектонічна будова регіону.....	7
1.3. Кліматичні особливості Волинського Полісся.....	8
Розділ 2. ГІДРОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОЗЕРА СВІТЯЗЬ.....	11
2.1. Морфометричні характеристики та походження улоговини озера....	11
2.2. Гідрологічний режим озера Світязь.....	13
Розділ 3. ГІДРОХІМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОЗЕРА СВІТЯЗЬ.....	17
3.1. Загальна мінералізація та іонний склад води.....	17
3.2. Газовий режим.....	20
3.3. Вміст біогенних речовин.	22
Розділ 4. ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНА СТАНУ ОЗЕРА СВІТЯЗЬ.....	25
4.1. Оцінка якості води озера Світязь.....	25
4.2. Рекомендації щодо збереження та управління якістю вод озера.....	30
Висновки	34
Список використаних джерел.....	36

ВСТУП

Озеро Світязь є найбільшою та найглибшою водоймою Шацького поозер'я, розташованого на території Шацького національного природного парку. У 1995 році озера Шацької групи отримали статус водно-болотних угідь міжнародного значення в рамках Рамсарської конвенції, у 2002 році за рішенням ЮНЕСКО території надано статус біосферного резервату «Шацький», а в 2012 році за рішенням ЮНЕСКО територію включено до транскордонного трилатерального біосферного резервату «Західне Полісся» (Україна, Польща, Білорусь). Унікальність гідрологічного та гідрохімічного режиму Світязя зумовлена його карстовим походженням, тісним гідравлічним зв'язком із підземними водоносними горизонтами крейдових відкладів, а також розташуванням на головному європейському вододілі між басейнами Чорного та Балтійського морів.

В останні десятиліття, у зв'язку з глобальними кліматичними змінами (підвищення температури повітря, збільшення випаровування, зміна режиму опадів), посиленням рекреаційного навантаження на озеро (зростання кількості відпочивальників з 4 тис. осіб у 1988 р. до 200 тис. осіб у 2025 р.), відсутністю централізованої каналізації у прилеглих населених пунктах, а також впливом на підземні води господарської діяльності, виникла низка загроз екологічному стану озера. Серед них – періодичне обміління, локальне підвищення вмісту хлоридів та амонійного азоту в прибережних зонах, а також тенденція до поступової трансформації водойми від оліготрофного до оліго-мезотрофного типу. У цьому контексті системне дослідження гідролого-гідрохімічних характеристик та комплексна екологічна оцінка якості води озера Світязь є необхідною умовою для розробки науково обґрунтованих заходів зі збереження його унікальної екосистеми.

Мета роботи полягає у дослідженні гідролого-гідрохімічних характеристик озера Світязь та, на основі комплексної оцінки сучасного

екологічного стану його вод, визначенні основних чинників антропогенного впливу та розробці рекомендацій щодо управління якістю вод.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання: висвітлити фізико-географічні особливості Шацького поозер'я, зокрема геолого-тектонічну будову та кліматичні умови регіону; проаналізувати морфо метричні характеристики улоговини, походження озера Світязь та його гідрологічний режим; дослідити гідрохімічні показники водойми, а саме загальну мінералізацію, іонний склад, газовий режим та вміст біогенних речовин; здійснити комплексну екологічну оцінку якості води озера Світязь на основі порівняння фактичних даних з нормативними вимогами та визначити його трофічний статус; розробити рекомендації щодо збереження якості вод озера Світязь та управління антропогенним навантаженням.

Об'єктом дослідження є процеси формування гідрологічного та гідрохімічного режимів озера Світязь. Предметом дослідження виступає просторово-часова мінливість гідрологічних і гідрохімічних характеристик озера Світязь, а також природні та антропогенні чинники, що впливають на його екологічний стан.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в узагальненні сучасних даних щодо гідролого-гідрохімічного режиму озера Світязь; уточненні його трофічного статусу на основі інтегральної екологічної оцінки; визначенні ключових чинників антропогенного впливу в контексті регіональних проявів глобальних змін.

Кваліфікаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків та списку використаних джерел.

Розділ 1. ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА РЕГІОНУ

1.1. Загальна характеристика Шацького поозер'я

Шацьке поозер'я розташоване в північно-західній частині України, у межах Волинської області. Цей природний комплекс лежить в межіріччі річок Прип'ять та Західний Буг, поблизу державних кордонів з Польщею та Республікою Білорусь (рис. 1.1).



Рис. 1.1 Географічне положення Шацького поозер'я

До складу групи Шацьких озер входить 28 водойм. Їх сумарна площа водного дзеркала близько 61,31 км² [18]. Загальний об'єм води в усіх озерах сягає 312,8 млн м³, причому домінуючу частку (близько 180,8 млн м³, майже 60%) акумулює озеро Світязь. Виконана типізація Шацьких озер за площею водної

поверхні згідно з вимогами Водної рамкової директиви Європейського Союзу засвідчила, що серед Шацьких озер немає дуже великих, проте є два великих озера (Світязь і Пулемецьке). Розподіл озер за розмірами виглядає так: великі - 7%; середні - 22%; малі – 18%; дуже малі – 53% (рис. 1.2) [18]. Саме тут знаходиться найглибше в Україні озеро Світязь (58,4 м) (рис. 1.3). Гідрографічною особливістю регіону є те, що більшість озер з'єднані між собою меліоративними каналами та природними протоками, утворюючи єдину гідрологічну систему.

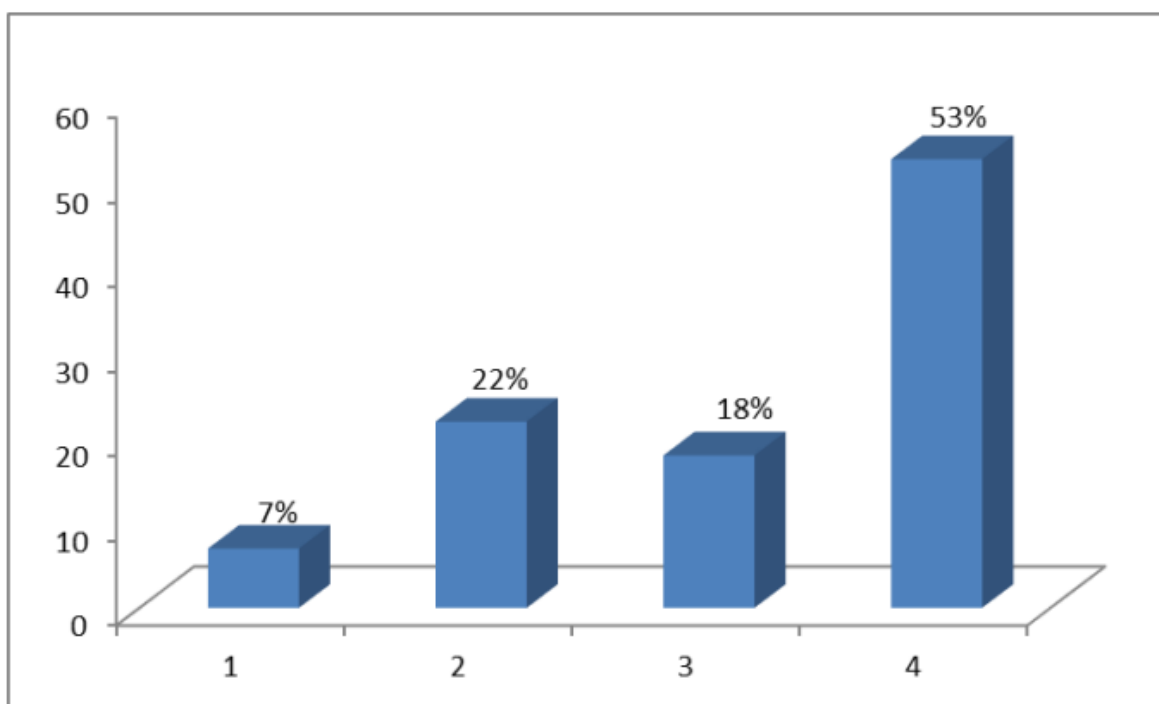


Рис. 1.2 Частка різних за площею озер в Шацькій озерній групі: 1% - «великі»; 2% - «середні»; 3% – «малі»; 4% – «дуже малі» (за типологією Водної рамкової директиви ЄС) [18]

Територія поозер'я являє собою слабо хвилясту рівнину, ускладнену долинами Прип'яті та Західного Бугу з їх притоками, а також моренними горбами, численними еоловими формами, значними болотними масивами та озерними улоговинами. Поверхня є пласкою, рівнинно з невеликим ухилом на північ. Абсолютні висоти території коливаються в межах 160-180 м над рівнем моря.

Ґрунтовий покрив Шацького поозер'я представлений чотирма основними типами: підзолисті, дернові, лучні та болотні, які включають у себе 10 підтипів та 94 різновиди [5].

Характерною рисою регіону є висока лісистість. У ландшафтній структурі переважають низовинні лісові ландшафти зони мішаних лісів (45%), лучно-болотні ландшафти (10%) та моренно-зандрові рівнини, зокрема Волинське пасмо.



Рис. 1.3 Озеро Світязь [9]

Для збереження унікальних природних комплексів Шацького поозер'я 28 грудня 1983 року створено Шацький національний природний парк. У 1995 році озера отримали статус водно-болотних угідь міжнародного значення, а у 2002 році територію включено до транскордонного біосферного резервату «Західне Полісся» в рамках програми ЮНЕСКО «Людина і біосфера».

Функціональне зонування парку передбачає такі категорії територій: заповідна зона площею 5446,2 га, зона регульованої рекреації – 12836, га, зона стаціонарної рекреації – 1027,4 га та господарська зона площею 29666,7 га [3].

1.2. Геолого-тектонічна будова регіону

Геологічна будова території Шацького поозер'я характеризується складною геологічною будовою, що безпосередньо впливає на формування гідрологічних умов регіону.

Досліджувана територія приурочена до південно-західної частини Східноєвропейської платформи, а саме – до Волино-Подільської плити. Кристалічний фундамент регіону перекриває потужна товща осадових порід, серед яких вирізняють відклади крейдового, палеогенового, неогенового та антропогенового віку. Саме товща крейдових вапняків, мергелів та пісків, що підстилають поверхню, спричинила активізацію карстових процесів, що відіграли вирішальну роль у формуванні улоговин більшості озер регіону [2].

Оскільки регіон лежить у крайовій зоні Дніпровського зледеніння, тут поширені як флювіогляціальні, так і льодовикові (моренні) відклади.

Походження озерних улоговин Шацького поозер'я є складним. Карстові явища активізувалися в тріщинуватих крейдових відкладах, а згодом льодовик моделював та поглиблював ці западини.

Донні відклади озер представлені різними типами сапропелів, які залягають на значних величинах. Важливою геологічною особливістю є широке розповсюдження водопроникних карбонатних порід, які сприяють формуванню гідравлічного зв'язку озер із підземними водоносними горизонтами. Це зумовлює суттєву частку підземного живлення у водному балансі озер та впливає на режим їх рівнів. Наявність такого зв'язку підтверджується генетичною спорідненістю хімічного складу поверхневих і підземних вод, що було встановлено за допомогою аналізу на діаграмі Пайпера (рис. 1.4) [22].

1.3. Кліматичні особливості Волинського Полісся

Шацьке поозер'я лежить у межах помірного кліматичного поясу. Клімат регіону характеризують відносно м'яка зима та помірно тепле, достатньо зволене літо.

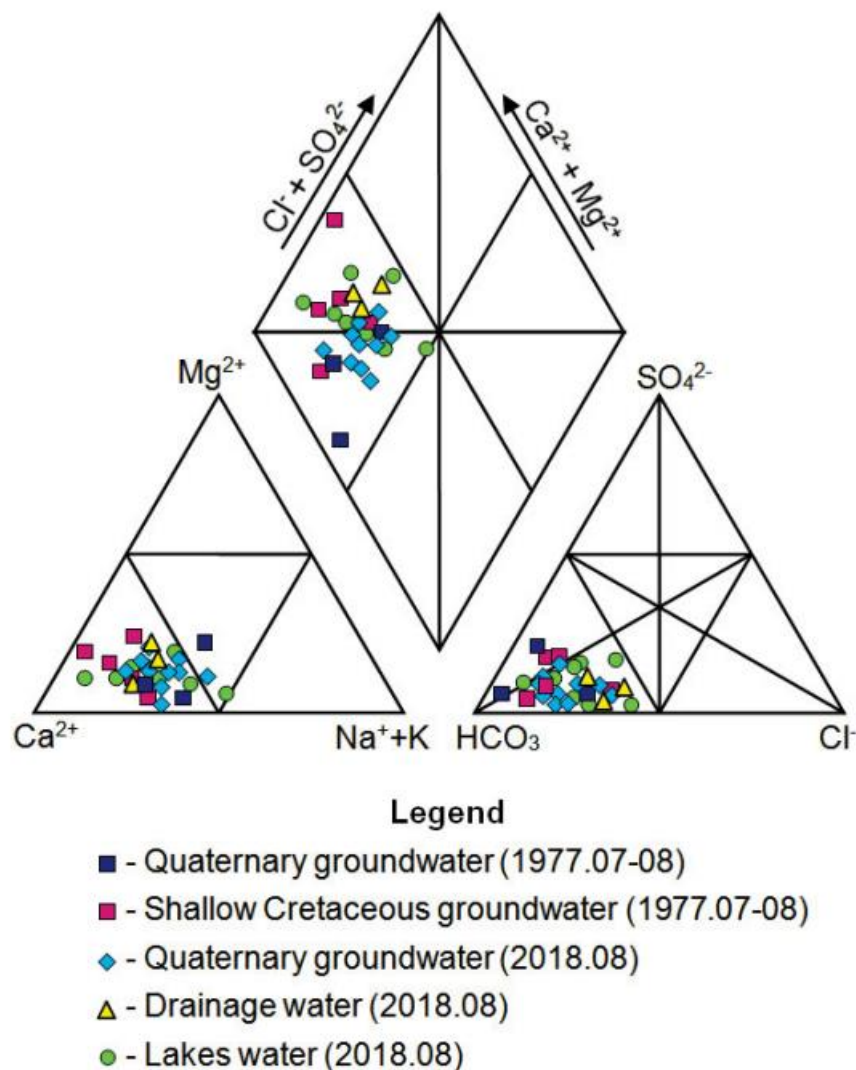


Рис. 1.4 Діаграма Пайпера (підземні води, дренажні води та озерна вода Шацького поозер'я) [22]

Згідно з агрокліматичним районуванням України, Шацький район належить до зони Полісся. Взимку територія перебуває під впливом теплих і вологих атлантичних повітряних мас, які надходять із циклонами, що спричиняють відлиги та підвищену кількість опадів. На Полісся також проникають арктичні повітряні маси, які взимку призводять до значних похолодань, а навесні – до пізніх заморозків. Протягом року переважають вітри західного та південно-західного напрямків.

Багаторічна середньорічна температура повітря становить приблизно +8,8 °С. Середня температура січня коливається в межах -4,5 °С...-5 °С, однак під час вторгнення арктичних мас можливе короткочасне зниження до -30 °С.

Середня липнева температура становить $+18...+19^{\circ}\text{C}$ [22]. Кількість днів із температурою вище $+15^{\circ}\text{C}$ у середньому дорівнює 90-100 днів, що сприяє рекреаційній діяльності.

Середньорічна кількість опадів сягає 717 мм [26]. Розподіл опадів має чітко виражений літній максимум і зимовий мінімум. Найбільше опадів випадає у липні – 94 мм, унаслідок розвитку конвективних процесів та грозової діяльності. Найменша кількість опадів фіксується у лютому (41 мм).

Сніговий покрив установлюється в середньому у другій декаді грудня та тримається 80-100 днів. Середня висота снігового покриву становить 15-25 см. Середні швидкості вітру – 3-5 м/с, із невеликим зростанням у холодний період року.

Для території характерний підвищений рівень відносної вологості впродовж усього року, що пояснюється інтенсивним випаровуванням води з численних водойм та заболочених ділянок.

Важливим аспектом сучасних кліматичних змін є зростання повторюваності небезпечних гідрометеорологічних явищ, зокрема зливових опадів, які спричиняють локальні підтоплення, а також посушливих періодів у весняно-літній сезон. Зазначені зміни впливають на водний режим озер та потребують врахування при розробці заходів з управління водними ресурсами регіону.

Розділ 2. ГІДРОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОЗЕРА СВІТЯЗЬ

2.1. Морфометричні характеристики та походження улоговини озера

Озеро Світязь є найбільшим за площею та найглибшою водоймою серед Шацького поозер'я. Воно розташоване на території Шацького національного природного парку, маючи географічні координати 51°30' пн. ш. та 23°50' сх. д.

У різних опрацьованих літературних джерелах наводяться різні показники площі озера Світязь – від 24,2 до 27,5 км² [1; 6]. Довжина водойми досягає 9,2 км, ширина – 4 км. Берегова лінія, загальна протяжність якої перевищує 30 км, має слабо порізаний характер і утворює дві значні затоки – Бужню та Луку. Висота урізу водної поверхні над рівнем моря становить 163 м.

Загальний об'єм водної маси озера оцінюється приблизно у 180 млн м³. Світязь характеризується винятково високою прозорістю води, яка інколи може сягати до 8 м. Це зумовлено слабким розвитком фітопланктону та незначним надходженням зважених речовин.

Рельєф озерної улоговини відзначається значною складністю. Для Світязя характерне різке збільшення глибин у міру віддалення від берегової лінії до центральної частини. Середня глибина озера становить 6,9 м, максимальна – понад 58,4 м. Така будова свідчить про існування кількох глибоких западин, які, за даними батиметричних досліджень, мають карстове походження. Зафіксовано лійки з глибинами 58,4 м, 38,3 м, 35,3 м, 32,8 м, 18,0 м та 16,0 м [1].

Береги озера є низькими, складеними пісками, крейдяними мергелями та вапняками. Подекуди трапляються галька та валуни, що свідчить про льодовикову діяльність. Окремі ділянки берегової лінії заболочені. Характерною особливістю водойми є наявність острова площею близько 7 га.

Щодо походження улоговини озера Світязь серед дослідників немає єдиної думки. На сьогодні сформовано дві основні гіпотези: карстова та реліктова.

Відповідно до карстової гіпотези, озерна улоговина утворилася внаслідок карстово-суфозійних процесів у товщі крейдяних відкладів. Підземні води, циркулюючи в тріщинуватих вапняках і мергелях, поступово розчиняли гірські породи, формуючи порожнини та лійки. Підтвердженням цієї гіпотези є наявність численних карстових лійок на дні озера та виходи крейдяних поріж на берегах.

Реліктова гіпотеза розглядає Світязь як залишок післяльодовикової водойми. Згідно з цією теорією, Дніпровський льодовик, наступаючи з півночі, підпирав талі води, перешкоджаючи їх стоку, внаслідок чого утворилася величезна прильодовикова водойма. Після танення льодовика ця водойма розділилася на окремі озера, а їхні улоговини згодом були поглиблені карстовими процесами.

Сучасні дослідження схилиються до комплексного генезису озера Світязь – первинне формування відбулося під впливом льодовикових процесів, а подальше поглиблення та остаточне формування улоговини пов'язане з карстовими явищами.

Сучасні дослідження, зокрема батиметричні зйомки з використанням ехолота Lowrance LMS-527cDF та супутникових даних Sentinel, дали змогу уточнити будову підводного рельєфу озера та виявити зони найбільш інтенсивного розвантаження підземних вод. Встановлено, що в межах глибоководної частини озера, яка приурочена до тектонічного розлому, спостерігаються локальні карстові улоговини, через які відбувається надходження підземних вод. Саме ці ділянки забезпечують основне живлення озера та підтримують його рівень [1].

Активний карстовий процес супроводжується суфозійними явищами – винесенням дрібних мінеральних частинок із товщі відкладів фільтраційним потоком, що додатково сприяє розширенню тріщин та порожнин у підстилаючих породах. Таким чином, улоговина озера Світязь має складний карстово-суфозійний генезис, що зумовлює його гідрологічну унікальність.

2.2. Гідрологічний режим озера Світязь

Гідрологічний режим озера Світязь формується під впливом комплексу природних чинників, серед яких провідну роль відіграють кліматичні умови, підземне живлення та морфометричні особливості водойми.

Світязь є стічним озером. Воно сполучене каналом з озером Луки, через який відбувається відтік води до річки Копаївка (притока Західного Бугу). Цей канал, один з найдавніших на Шацькому поозер'ї, було прокопано для скидання води під час катастрофічної повені 1887 року. Оскільки Світязь розташований на 1,5 м вище озера Луки, вода рухається каналом самопливом, а для регулювання стоку встановлено шлюз. Відсутність поверхневого притоку робить озеро особливо чутливим до змін кліматичних показників, що зумовлює тісний зв'язок між його гідрологічними характеристиками та метеорологічними умовами регіону.

Рівень води в озері Світязь формується переважно під впливом балансу між атмосферними опадами, випаровуванням з водної поверхні та надходженням підземних вод. Багаторічні спостереження свідчать про значну мінливість рівневого режиму, яка корелює з кліматичними змінами.

За даним Інституту водних проблем і меліорації НААН України, зниження рівня води у Світязі спостерігається з 2010 року. Найбільш значне зниження рівня води спостерігалось у 2019 році, коли вода місцями відійшла від берега на відстань від 20 до 90 м (рис. 2.1).

Площа водного дзеркала скоротилася на 8% порівняно з середньобагаторічними показниками [17]. Серед основних чинників обміління дослідники виділяють: регіональні прояви глобальних кліматичних змін; гідрогеологічні зміни; неконтрольоване зростання комунально-побутового водоспоживання у рекреаційних зонах Шацького НПП; занедбаний стан меліоративних та водорегулювальних систем і споруд; ймовірний вплив на підземні води Хотиславського кар'єру, а також новостворених плантацій сільськогосподарських культур (лохини) із застосуванням поливної системи.



Рис. 2.1 Обміління озера Світязь – вода значно відійшла від берегів, 2018 р. [15]

У довгостроковій перспективі (1985-2023 рр.) площа озера Світязь коливалася в межах 85-101% від середньорічного значення. У 2023 році спостерігалася позитивна тенденція – площа водойми стала найбільшою за останнє десятиліття (рис. 2.2), що було зумовлено значними снігозапасами взимку та підвищеною водністю [23].

Температурний режим озера Світязь формується під впливом кліматичних умов регіону та великої глибини водойми, яка зумовлює температурну стратифікацію в літній період. Як і для всієї території Волинського Полісся, тут спостерігається тенденція до підвищення середньорічної температури повітря, що впливає на температурний режим води в озері та інтенсивність випаровування.

Велика глибина озера зумовлює чітко виражену температурну стратифікацію у літній період, коли формується верхній шар води (епілімніон),

шар температурного стрибка (металімніон) та глибокий холодний шар (гіполімніон).



Рис. 2.2 В озері Світязь піднявся рівень, 2023 р. [6]

Верхні шари води влітку прогріваються до $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ і вище, однак різке зниження температури води спостерігається вже з глибин понад 3 м. На глибині 15-17 м температура води стає постійною і становить $9\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Замерзання озера Світязь відбувається зазвичай у грудні, скресання – у березні. Значна глибина озера уповільнює процес замерзання порівняно з мілководними водоймами регіону. Тривалість льодоставу становить 80-100 днів, що відповідає кліматичним умовам регіону. Однак, у зв'язку із глобальним потеплінням, в останні десятиліття спостерігається тенденція до скорочення тривалості льодового покриву, більш пізнього замерзання та більш раннього скресання. Товщина льоду в зимовий період може досягати 40-50 см залежно від кліматичних умов.

Гідрологічний режим озера Світязь характеризується тісним зв'язком із кліматичними умовами регіону. Підвищення температури повітря, збільшення випаровування та зміни режиму опадів, які спостерігаються останніми десятиліттями, призводять до зростання вразливості озера до кліматичних змін, що проявляється у значних коливаннях рівня води та змінах льодового режиму.

Це вимагає постійного моніторингу гідрологічних параметрів водойми для своєчасного виявлення негативних тенденцій та розроблення заходів з адаптації до змін клімату.

Розділ 3. ГІДРОХІМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОЗЕРА СВІТЯЗЬ

3.1. Загальна мінералізація та іонний склад води

Озеро Світязь є найбільшою прісноводною водоймою Західного Полісся. Унікальність його гідрохімічного режиму зумовлена, в першу чергу, карстовим походженням улоговини: водойма розташована в зоні крейдяних вапняків і мергелів, де активно відбуваються карстово-суфозійні процеси [22]. Окрім того, важливе значення має розташування на головному європейському вододілі між басейнами Чорного та Балтійського морів [futurelakes]. Зазначені фактори формують особливий іонний склад та рівень мінералізації, які суттєво відрізняють Світязь від типових озерних екосистем.

Води озера Світязь належать до прісних із невеликим умістом розчинених солей. За концентрацією серед аніонів переважають гідрокарбонати (HCO_3^-), серед катіонів – кальцій (Ca^{2+}). Фактичний порядок іонів за вмістом у воді Світязя має вигляд: $\text{HCO}_3^- > \text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-}$ та $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ + \text{K}^+ > \text{Mg}^{2+}$ для Світязя характерний такий порядок розподілу головних іонів:

Важливою характеристикою озера є хімічний склад води, який протягом десятиріч залишається досить стабільним. Вода в озері характеризується високою здатністю до самоочищення та підвищеним вмістом срібла, йоду та гліцерину, які мають корисні властивості [екологічні науки 47].

Загальна мінералізація води в озері Світязь є стабільно низькою. За даними досліджень, мінералізація води у середньому становить 198 мг/дм^3 , коливаючись у межах $115\text{--}303 \text{ мг/дм}^3$ залежно від сезону та року (рис. 3.1) [22]. Найвище зафіксоване значення спостерігалось у січні 2008 року.

Найвищі показники мінералізації фіксуються у весняно-літній період, що пов'язано з інтенсифікацією випаровування та біохімічних процесів. Коливання мінералізації як поверхневих, так і підземних вод мають синхронний характер і залежать від обсягів атмосферних опадів. Зростання мінералізації ґрунтових вод

відбувається одночасно зі збільшенням кількості опадів, що пояснюється їхнім впливом на процеси інфільтрації до водоносного горизонту.

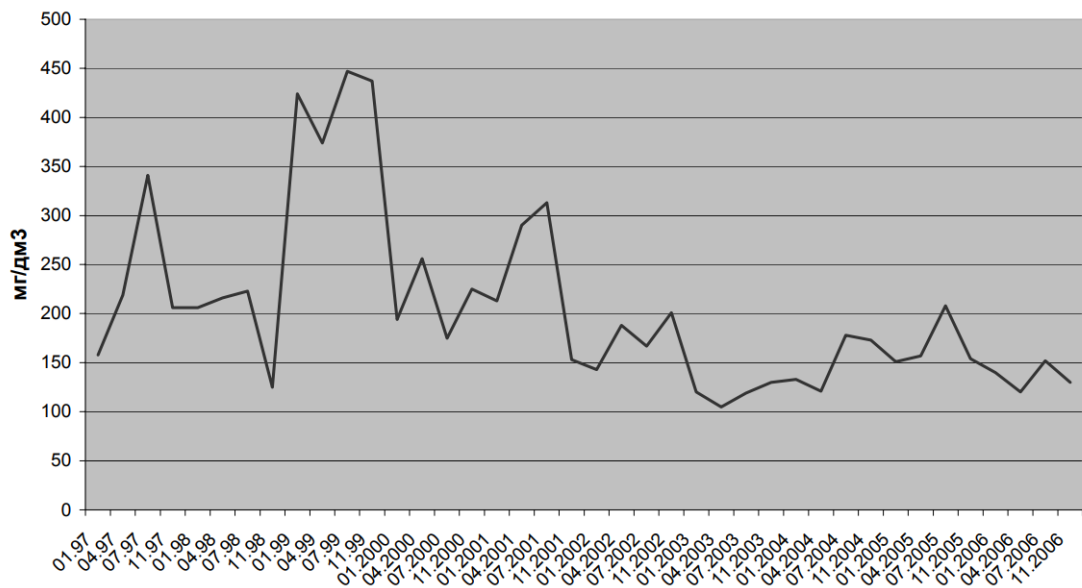


Рис. 3.1 Динаміка мінералізації води озера Світязь упродовж 1997-2006 рр. [2]

Для просторового розподілу мінералізації в межах акваторії озера характерні більш високі значення на мілководді. Тут мінералізація може бути на 15-25% вищою, ніж у центральній частині, що зумовлено прогріванням мілководних ділянок, інтенсивнішим випаровуванням та впливом поверхневого стоку з прилеглої території [2].

Основними компонентами іонного складу води Світязю є гідрокарбонати та катіони кальцію, що дозволяє віднести воду до гідрокарбонатно-кальцієвого типу.

Гідрокарбонатні іони домінують серед аніонів, їхня концентрація в середньому становить 122 мг/дм^3 , що складає близько 70-80% від загального еквівалентного вмісту аніонів. Це безпосередньо пов'язано з розчиненням карбонатних порід, які складають основу озерної улоговини та підстиляють весь регіон Шацького поозер'я [22].

Вміст сульфатів та хлоридів у воді залишається стабільно низьким (10 мг/дм^3 та 13 мг/дм^3 відповідно), що вказує на відсутність значного техногенного забруднення мінеральними сполуками [18]. Такий низький рівень

хлоридів є характерним для природних прісних вод Полісся, однак у прибережних зонах під час курортного сезону (липень-серпень) фіксуються локальні підвищення концентрації Cl^- до 25-30 мг/дм³, що пов'язано з рекреаційними навантаженням та господарсько-побутовою діяльністю.

Серед катіонів провідну роль відіграє кальцій, концентрація якого становить 34 мг/дм³. Вміст магнію є значно меншим і становить 4 мг/дм³ (табл. 3.1). Кальцій та магній визначають жорсткість води, яка для Світязю становить 2,5-3,5 мг-екв/дм³ [22].

Важливим діагностичним показником для Світязю є концентрація натрію та калію. Їх сумарний вміст становить 15 мг/дм³. В останні роки спостерігається тенденція до локального зростання концентрації натрію та хлоридів у прибережних зонах, що може бути пов'язано з інтенсивною рекреаційною діяльністю та неефективним водовідведенням від баз відпочинку.

Таблиця 3.1

Середньорічна концентрація основних іонів та мінералізація води у поверхневому шарі озера Світязь (2018 р.)

Озеро	HCO_3^-	SO_4^{2-}	Cl^-	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$\text{Na}^+ + \text{K}^+$	Мінералізація
	мг/дм ³						
Світязь	122	10	13	34	4	15	198

Особливістю іонного складу Світязя є його генетична спорідненість із водами Волинського територіального комплексу підземних вод. Аналіз гідрохімічних даних за допомогою діаграми Пайпера чітко демонструє групування точок хімічного складу у лівій частині центрального ромба, що ідентифікує воду як типово «крейдову» [22]. Будь-які зміни гідродинамічного тиску в напірних водоносних горизонтах верхньокрейдових відкладів призводять не лише до коливань рівня води, а й до трансформації її хімічного складу.

Також слід зазначити, що незважаючи на загальну стабільність, в озері простежується певна горизонтальна неоднорідність хімічного складу. У найглибших частинах водойми вода характеризується найбільшою прозорістю

та стабільним сольовим складом. Водночас у мілководних частинах, де спостерігається інтенсивний розвиток макрофітів, процеси фотосинтезу можуть спричиняти сезонні коливання вмісту гідрокарбонатів та зміну показника у лужний бік (до 8,2-8,5), що впливає на карбонатно-кальцієву рівновагу та може призводити до мікроосадження карбонату кальцію безпосередньо в товщі води.

3.2. Газовий режим

Газовий режим водойми є одним із ключових показників її екологічного стану, оскільки розчинені у воді гази, насамперед кисень (O_2) та діоксид вуглецю (CO_2), безпосередньо впливають на інтенсивність біохімічних процесів, окисно-відновний потенціал середовища та життєдіяльність гідробіонтів. Завдяки значній глибині та великій площі дзеркала, газовий режим Світязя має чітко виражену сезонну та вертикальну диференціацію.

Озеро Світязь характеризується сприятливим кисневим режимом протягом більшої частини року. Головними джерелами надходження кисню у водойму є абсорбція з атмосферного повітря та процеси фотосинтезу водної рослинності, зокрема фітопланктону та вищої водної рослинності.

У період весняної та осінньої гомотермії вміст розчиненого кисню розподіляється рівномірно за всією глибиною, наближаючись до стану повного насичення (95-100%). У цей час концентрація O_2 становить 8-10 мг/дм³, що є оптимальним для більшості гідробіонтів. Такі високі значення кисню під час перемішування свідчать про оліго-мезотрофний статус водойми з переважанням оліготрофних рис та відсутністю органічного забруднення.

У літній період, внаслідок температурної стратифікації вод і формування термокліну, спостерігається вертикальна неоднорідність розподілу кисню. У верхніх шарах (епілімніон) вміст кисню залишається високим – концентрація O_2 у поверхневому шарі озера Світязь становить 10,5 мг/дм³, що зумовлено інтенсивним перемішуванням та фотосинтезом [22]. У глибоководних зонах концентрація кисню починає знижуватися через процеси деструкції органічної речовини та обмежений обмін з поверхневими шарами. Проте, на відміну від

багатьох інших озер Шацького поозер'я, у Світязі завдяки оліго-мезотрофності рідко спостерігається явище дефіциту кисню у придонних шарах, що є ознакою чистоти водойми.

Найбільш критичним періодом для кисневого режиму озера Світязь є зимова стагнація. Через припинення атмосферної аерації та пригнічення фотосинтезу кисень витрачається на дихання гідробіонтів і окиснення органічних решток. До кінця зими у придонних шарах концентрація O_2 може знижуватися до 2-3 мг/дм³, що наближається до критичної для риб.

Діоксид вуглецю у воді озера Світязь перебуває у динамічній рівновазі з карбонатно-гідрокарбонатною системою, визначаючи активну реакцію середовища. Вміст CO_2 у воді Світязя становить 0,3 мг/дм³, що є типовим для чистих водойм з низьким рівнем органічного забруднення [22]. Вода озера має зазвичай слаболужну реакцію (рН 7,9), що зумовлено наявністю карбонатних порід у водозборі [гідрохімія].

Сезонна динаміка CO_2 має обернено пропорційний зв'язок з киснем. Під час інтенсивної весняно-літньої вегетації фітопланктону діоксид вуглецю активно споживається на фотосинтез, тому його вміст вдень падає до 0,5-1,5 мг/дм³, а рН підвищується до 8,5. Вночі, навпаки, дихання планктону збільшує концентрацію CO_2 до 3-5 мг/дм³, а рН знижується до 7,0-7,5.

Під час осіннього перемішування вміст CO_2 вирівнюється за всією глибиною. У період льодоставу накопичення CO_2 під льодом може сягати 8-12 мг/дм³ у придонних шарах через дихання бентосу та окиснення детриту в умовах дефіциту кисню.

Щодо інших розчинених газів, то загалом для відкритої частини озера Світязь стійкий сірководневий режим не характерний, що вигідно відрізняє його від деяких евтрофних водойм Шацького поозер'я.

Сірководень у слідових кількостях може фіксуватися у придонних мулах на глибинах понад 18-20 м наприкінці літньої або зимової стагнації як результат сульфатредукції. Завдяки карстовому перетіканню вод та оліготрофності, вертикальна міграція H_2S у товщу води пригнічена.

Метан у невеликих кількостях утворюється у товщі донних відкладів в анаеробних умовах. Навесні та восени під час руйнування термокліну можливе виділення бульбашок метану, що є типовим для карстових озер.

Узагальнюючи, можна стверджувати, що газовий режим озера Світязь визначається його карстовим походженням, значною глибиною та оліго-мезотрофним статусом. Кисневий режим є загалом сприятливим, з типовою літньою та зимовою стратифікацією. На відміну від багатьох інших озер Шацького НПП, стійка гіпоксія чи анаеробні умови у відкритій частині Світязю формуються рідко та переважно на максимальних глибинах наприкінці періодів стагнації. Найбільш критичним періодом є кінець зими, коли концентрація кисню у придонних шарах може знижуватися до 2 мг/дм^3 , тому рекомендовано проведення регулярних зимових вимірювань O_2 для запобігання заморним явищам. Карбонатна рівновага та показники рН свідчать про добрі буферні властивості води, що є характерним для водойм, розташованих на крейдяних породах.

3.3 Вміст біогенних речовин

Біогенні речовини – хімічні елементи, які беруть участь у процесах формування органічної маси гідробіонтами. Вони виступають ключовими лімітуючими факторами для розвитку фітопланктону, тому їхня концентрація значною мірою визначає трофічний статус водойми. Для озера Світязь характерним є відносно невисокий вміст біогенних речовин, однак унаслідок антропогенного навантаження в останні десятиліття фіксується тенденція до поступової евтрофікації.

Основними джерелами надходження біогенних речовин в озеро Світязь є поверхневий стік із водозбірної території, фільтрація через карстові канали з ґрунтовими водами, а також розклад органічних решток безпосередньо у водоймі. Окрім того, істотну роль також відіграє рекреаційне навантаження в літній період. Важливою особливістю Світязя є те, що завдяки карстовому водообміну відбувається часткове самоочищення: надлишок біогенних

елементів виноситься підземними потоками, що стримує інтенсивний розвиток евтрофних процесів.

Сполуки азоту присутні у воді озера в кількох основних формах. Найбільш токсичною та екологічно значущою є амонійний азот (NH_4^+), який утворюється при біохімічному розкладу білкових речовин. За даними досліджень, концентрація NH_4^+ у поверхневому шарі Світязя є низькою та становить $0,1 \text{ мг/дм}^3$, що відповідає слабко забрудненим водам [22]. Однак у придонних шарах, особливо в період літньої стагнації на глибинах понад 15 м, вміст амонію може зростати до $0,8\text{-}1,2 \text{ мг/дм}^3$ внаслідок анаеробної деструкції детриту. У періоди активної вегетації водних рослин амонійний азот інтенсивно споживається фітопланктоном, тому його концентрація в епілімніоні знижується до мінімальних значень.

Нітритний азот фіксується у слідових концентраціях – $0,01 \text{ мг/дм}^3$, що є типовим для чистих водойм, оскільки нітрити є проміжною нестійкою формою окиснення амонію до нітратів [22]. Найвищі концентрації нітритів зазвичай спостерігається восени під час руйнування термокліну, коли відбувається перемішування водних мас.

Нітратний азот є кінцевим продуктом мінералізації органічних речовин в аеробних умовах та основною засвоюваною формою азоту для вищих водних рослин. Його вміст у поверхневих шарах озера становить $1,7 \text{ мг/дм}^3$ (табл. 3.2), що забезпечує помірне живлення гідробіонтів.

Фосфор, як правило, є головним лімітуючим елементом у прісноводних екосистемах. Надходження фосфору призводить до найшвидшого погіршення якості води. Для Світязя вміст загального фосфору коливається в межах $0,02\text{-}0,06 \text{ мг/дм}^3$. Його розподіл характеризується мінімальними значеннями у поверхневому шар (активне споживання фітопланктоном) та зростанням до $0,05\text{-}0,1 \text{ мг/дм}^3$ у придонних горизонтах через накопичення відмерлих органічних решток та їх подальший розклад.

Таблиця 3.2

Середньорічна концентрація кисню, вуглекислого газу, азоту та заліза у поверхневому шарі озера Світязь, мг/дм³ (2018 р.)

Озеро	O ₂	CO ₂	NH ₄ ⁺	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	Fe ²⁺	Fe ³⁺
	мг/дм ³						
Світязь	10.5	0.3	0.1	0.01	1.7	0	0.3

Порівнюючи вміст біогенних речовин в озері Світязь з іншими водоймами Шацького національного природного парку, варто зазначити, що Світязь є менш евтрофованим, ніж озера Луки, Пісочне або Кримне. Проте в останні 15-20 років спостерігається поступове зростання концентрації загального фосфору та амонійного азоту, особливо в зонах найбільшого рекреаційного навантаження (пляжні території біля селища Світязь, західна частина узбережжя). Це свідчить про необхідність посилення моніторингу біогенного режиму та розробки заходів щодо мінімізації антропогенного навантаження, зокрема шляхом облаштування очисних споруд у прилеглих населених пунктах та обмеження використання фосфоровмісних миючих засобів.

Таким чином, вміст біогенних речовин в озері Світязь засвідчує про поступову трансформацію водойми від оліготрофного до оліго-мезотрофного типу, що забезпечує помірну продуктивність фітопланктону та високу прозорість води. Загалом, завдяки карстовому водообміну озеро Світязь зберігає помірно низький рівень біогенного забруднення, однак для запобігання подальшій евтрофікації необхідний систематичний гідрохімічний контроль.

Розділ 4. ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ОЗЕРА СВІТЯЗЬ

4.1. Оцінка якості води озера Світязь

Оцінка якості води озера Світязь у даній роботі ґрунтується на порівнянні фактичних гідрохімічних показників з гранично допустимими концентраціями для водойм рибогосподарського та рекреаційного призначення. Для водойм, що використовуються для задоволення питних, господарсько-побутових і рекреаційних потреб, нормування здійснюється з врахуванням трьох показників шкідливості: органолептичного (зміна смаку, запаху, кольору), санітарного (вплив на процеси самоочищення) та санітарно-токсикологічного (вплив на організм людини). Для водойм рибогосподарського призначення додатково враховуються токсикологічний та рибогосподарський показники шкідливості [7].

Вода озера Світязь характеризується слабо лужною реакцією середовища: значення рН коливаються в межах 7,5-8,2. Ці показники повністю відповідають вимогам як для водойм рекреаційного призначення так і для рибогосподарських водойм.

За даними Лабораторії моніторингу вод та ґрунтів Регіонального офісу водних ресурсів Волинської області, вода озера Світязь не має сторонніх запахів та присмаків, забарвлення не виявляється у стовпчику води висотою 10-20 см. Прозорість води є винятково високою для прісноводних водойм і свідчить про незначний вміст завислих речовин та слабкий розвиток фітопланктону [20].

За сучасними дослідженнями, рівень евтрофікованості Шацьких озер є невисоким. Навіть у літній період для більшості озер, включаючи Світязь, значення NDVI не перевищує 0,2, що свідчить про помірний розвиток фітопланктону [20]. За даними супутникових досліджень, площа водної поверхні озера Світязь, вкрита водоростями, варіювалась від 0,01 км² (2006-2010 рр.) до 1,16 км² (2019 р.), що становить від 0,04% до 4,43% від середньорічної площі водного дзеркала озера відповідно [12].

Така ситуація зумовлена кількома факторами: карстовим походженням улоговини, що забезпечує активний водообмін з підземними горизонтами; значними глибинами, які ускладнюють перемішування біогенних елементів з донних відкладів; великою площею водного дзеркала; високою стійкістю екосистеми; порівняно невисоким рівнем господарського освоєння території [16].

Разом з тим, за даними багаторічних спостережень, простежується поступова трансформація водойми від оліготрофного до оліго-мезотрофного типу. Це проявляється у незначному зростанні концентрацій загального фосфору та амонійного азоту, особливо в зонах найбільшого рекреаційного навантаження. Особливістю озера Світязь є те, що завдяки карстовому водообміну надлишок біогенних елементів частково виноситься підземними водами, що стримує процеси евтрофікації.

Основними чинниками антропогенного впливу на якість води озера Світязь є:

- Рекреаційне навантаження: у літній період кількість відпочивальників на березі озера може сягати декількох тисяч осіб одночасно. Динаміка рекреаційного навантаження на Шацькі озера у 1988-2025 рр. коливалась від 4 тис. осіб (1988 р) до 200 тис. осіб (2025 р) [12]. Це призводить до локального підвищення концентрації хлоридів та амонійного азоту в прибережних зонах, особливо поблизу селища Світязь [20].
- Відсутність централізованої каналізації: у прилеглих населених пунктах та базах відпочинку не завжди є ефективні очисні споруди, що створює ризик надходження неочищених стічних вод у водойму.
- Сільськогосподарська діяльність: наявність плантацій лохини з поливними системами впливає на гідрогеологічний режим регіону та може спричинити додаткове надходження біогенних елементів.

Незважаючи на зазначені чинники, за одержаними загальними гідрохімічними показниками, якість води в озера Світязь відповідає санітарним нормативам. Вода має відновний потенціал, що є типовим для підземних вод, де

присутні метали низьких ступенів валентності. Компонентний склад води фактично повністю відповідає регламенту санітарно-хімічних показників безпеки і якості [20].

На основі аналізу гідрохімічних показників та їх порівняння з нормативними вимогами, екологічний стан озера Світязь можна охарактеризувати як «добрий», що відповідає II класу якості вод за методикою екологічної оцінки – «чисті» (табл. 4.1). Значення інтегрального екологічного індексу (ІЕ) коливалися в межах від 1,54 (2019 р.) до 2,07 (2017 р.), що свідчить про стабільно високий рівень якості води [12].

Таблиця 4.1

Оцінка якості води озера Світязь (2015-2019 рр.) [8]

Рік	Дата відбору проб	Значення індексу ІЕ	Оцінка					
			Категорія якості	Клас	Стан за класом	Ступінь чистоти за класом	Стан за категорією	Ступінь чистоти за категорією
2019	12.07	1.54	2	2	добрі	чисті	дуже добрі	чисті
2018	30.05	1.79	2	2	добрі	чисті	дуже добрі	чисті
2017	9.08	2.07	2	2	добрі	чисті	дуже добрі	чисті
2016	15.08	1.99	2	2	добрі	чисті	дуже добрі	чисті
2015	10.06	1.66	2	2	добрі	чисті	дуже добрі	чисті

У розрізі субкатегорій в окремі роки спостерігалися певні відмінності. Для всіх років, за винятком 2017-го, води озера належать до перехідних за якістю від «відмінних, дуже чистих» до «дуже добрих, чистих». У 2017 році якість води в межах субкатегорій оцінена як «дуже добрі, чисті».

Комплексна екологічна оцінка передбачає врахування трьох блокових показників: індексу сольового складу (I_1), трофо-сапробіологічного (еколого-санітарного) індексу (I_2) та індексу специфічних показників токсичної та радіаційної дії (I_3). Аналіз внеску кожного з цих блоків у загальну величину екологічного індексу дозволив виявити найбільш чутливу ланку екосистеми озера Світязь.

Найсуттєвіший вплив на величину ІЕ справляє індекс I_2 , який характеризує трофо-сапробіологічні показники. У різні роки значення цього індексу змінювалися в діапазоні від 1,625 до 2,875. Така варіабельність свідчить про те, що саме санітарно-біологічні характеристики є найбільш динамічними та чутливими до змін умов функціонування водойми [8].

Блоковий індекс I_3 , який акумулює показники токсичної та радіаційної дії, виявився значно стабільнішим. Його коливання за роками досліджень перебували у межах від 1,6 до 2,2. Це вказує на відсутність різких змін токсикологічного навантаження та радіаційного фону впродовж п'ятирічного періоду.

Індекс сольового складу (I_1) загалом характеризувався відносною стабільністю, однак в окремі роки фіксувалися його погіршення. Зокрема, у 2018 році за вмістом хлоридів води озера Світязь були віднесені до другої категорії якості. Це відхилення, ймовірно, пов'язане з підвищеним рекреаційним навантаженням на прибережні зони.

Узагальнюючи результати екологічної оцінки якості води озера Світязь, можна зробити наступні висновки:

Якість води стабільно відповідає II класу «добрі» та II категорії «дуже добрі» із ступенем чистоти «чисті». Така оцінка зберігається навіть з урахуванням впливу глобальних кліматичних змін та періодичного обміління водойми, які спостерігалися, зокрема, в аномально жаркі літні сезони 2019 та 2020 років.

Найбільш вагомим чинником, що визначає величину екологічного індексу, є трофо-сапробіологічні показники (індекс I_2), які демонструють найбільшу мінливість у часі. Показники токсичної та радіаційної дії (I_3) є значно стабільнішими, а погіршення сольового складу (I_1) носить епізодичний характер і фіксується лише в окремі роки.

Отримані результати свідчать про те, що озеро Світязь придатне для різноманітних видів господарського використання, серед яких найбільш пріоритетним є рекреаційне. Водночас подальший розвиток рекреаційної діяльності, особливо неорганізованої (стихійної), створює потенційну загрозу

для екологічного стану водойми. Саме тому рекреаційне використання має здійснюватися за умови належного гідроекологічного моніторингу та супроводжуватися комплексом природоохоронних заходів.

4.2. Рекомендації щодо збереження та управління якістю вод озера

З огляду на отримані результати екологічної оцінки якості води озера Світязь, яка засвідчила стабільно високий, проте вразливий до антропогенного впливу стан водойми, необхідним є впровадження системи заходів, спрямованих на збереження та раціональне управління якістю вод.

Оскільки встановлено, що найбільший вплив на величину екологічного індексу справляють трофо-сапробіологічні показники, саме вони мають стати пріоритетним об'єктом моніторингу та управлінських втручань. Першочергово слід забезпечити регулярне проведення гідрохімічних спостережень із розширеним переліком показників, що визначають, особливо в періоди найбільшого рекреаційного навантаження (липень-серпень) та під час весняного сніготанення, коли надходження біогенних елементів із водозбору є максимальним.

Важливим напрямом є організація моніторингу не лише самих вод, а й донних відкладів, оскільки саме вони є вторинним джерелом надходження фосфору у водну товщу під час перемішування.

Щодо врегулювання рекреаційної діяльності (рис. 4.1), то, враховуючи локальне підвищення вмісту хлоридів та амонійного азоту в прибережних зонах, доцільним є встановлення допустимих норм рекреаційного навантаження на окремі ділянки узбережжя, а також облаштування спеціалізованих зон із системою збору та відведення побутових стоків.

Не менш важливим є вирішення проблеми каналізаційного водовідведення у населених пунктах, розташованих у прибережній смузі, зокрема в селищі Світязь. Відсутність централізованих очисних споруд, або їх незадовільний стан, створюють ризик надходження неочищених стічних вод безпосередньо у водойму або через карстові канали. Тому одним із першочергових завдань є модернізація існуючих та будівництво нових очисних споруд із повним біологічним очищенням та видаленням сполук фосфору.

Оскільки озеро Світязь має тісний гідралічний зв'язок із підземними водоносними горизонтами, будь-яке забруднення ґрунтових вод на прилеглих територіях може безпосередньо впливати на якість води в озері.



Рис. 4.1 Відпочивальники на пляжі – озеро Світязь, 2018 р. [14]

У зв'язку з цим необхідним є створення водоохоронних зон та прибережно-захисних смуг із обмеженням господарської діяльності, зокрема заборонаю розорювання земель у прибережній зоні, будівництва нових свердловин без відповідних дозволів та використання мінеральних добрив на прилеглих сільськогосподарських угіддях.

Окремого розгляду потребує проблема стихійної рекреації (рис. 4.2), яка, як показали дослідження, спричиняє локальне погіршення гідрохімічних показників. Для вирішення даного питання доцільним є проведення регулярних інформаційно-просвітницьких кампаній серед відпочивальників та місцевого населення щодо правил поведінки у прибережній зоні, заборони миття автотранспорту та використання фосфоровмісних миючих засобів, а також облаштування достатньої кількості контейнерів для сміття та санітарних зон.



Рис. 4.2 Негативні прояви стихійної рекреації на озері Світязь, 2023 р. [13]

Враховуючи трансформацію трофічного статусу водойми від оліготрофного до мезотрофного типу, яка фіксується за останні два десятиліття, необхідним є розробка довгострокової програми запобігання евтрофікації. Така програма має включати, окрім зазначених заходів, також регулярний біомоніторинг – спостереження за розвитком фітопланктону, вищою водною рослинністю та угрупованням макролітів, які є чутливими індикаторами змін трофічного статусу.

Оскільки гідрологічний режим озера тісно пов'язаний із кліматичними змінами, доцільним ж також створення системи моделювання прогнозів якості води з урахуванням сценаріїв зміни водності та температури.

Управління якістю вод озера Світязь має здійснюватися на засадах інтегрованого підходу, що передбачає координацію дій різних установ – Шацького національного природного парку, органів місцевого самоврядування, Державного агентства водних ресурсів України, а також транскордонну співпрацю з Республікою Польща та Республікою Білорусь, оскільки територія

Шацького поозер'я входить до складу транскордонного біосферного резервату «Західне Полісся».

Лише за умови комплексного підходу, що поєднує регулярний моніторинг, обмеження антропогенного навантаження, розвиток інфраструктури та міжнародну співпрацю, можливе збереження унікальної екосистеми озера Світязь для майбутніх поколінь.

ВИСНОВКИ

1) На основі аналізу літературних джерел встановлено, що фізико-географічні умови Шацького поозер'я, зокрема поширення водопроникних крейдових відкладів та розташування у крайовій зоні Дніпровського зледеніння, є визначальними для формування гідрологічного та гідрохімічного режиму озера Світязь. Теоретичний аналіз засвідчив, що улоговина озера має складний карстово-суфозійний генезис: первинне формування відбулося під впливом льодовикових процесів, а подальше поглиблення пов'язане з карстовими явищами в товщі крейдових порід

2) Морфометричний аналіз підтвердив, що Світязь є найбільшою водоймою Шацького поозер'я та найглибшою водоймою України, в цілому.

3) Гідрологічний режим озера характеризується чітко простежуванним зв'язком із кліматичними умовами (кількістю атмосферних опадів) та підземним живленням. Багаторічні спостереження засвідчили значну мінливість рівневого режиму.

4) Дослідження хімічного складу води показав, що за головними йонами вода озера належить до прісних гідрокарбонатно-кальцієвого типу із середньою мінералізацією 198 мг/дм^3 , високою прозорістю та слаболужною реакцією середовища.

5) Газовий режим (вміст кисню) в озерній воді є сприятливим, вміст біогенних речовин – помірно низьким.

6) За останні 15-20 років спостерігається поступове зростання концентрацій фосфору та амонію в зонах рекреаційного навантаження, що свідчить про трансформацію водойми від ологітрофного до оліго-мезотрофного типу.

7) Комплексна екологічна оцінка якості води дозволила встановити, що вода озера Світязь стабільно відповідає II класу – «добра», категорії – «дуже добра» за ступенем чистоти – «чиста».

8) Основними чинниками антропогенного впливу є рекреаційне навантаження, відсутність централізованої каналізації та сільськогосподарська діяльність на прилеглих територіях.

На основі проведеного дослідження розроблено рекомендації щодо збереження якості вод озера Світязь, які включають посилення гідрохімічного моніторингу, нормування рекреаційного навантаження, модернізацію очисних споруд, створення водоохоронних зон, проведення просвітницьких кампаній та розробку довгострокової програми запобігання евтрофікації. Отримані результати можуть бути використані при планування природоохоронних заходів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Альохіна О. В., Корусь М. М., Івченко Д. В., Піц Н. А., Турич В. В. Батиметричні дослідження озера Світязь в районі ймовірного розташування джерел підземного водопостачання. Екологічна безпека та природокористування. 2020. Вип. 2 (34). С. 53–71.
2. Божидарнік В. В., Картава О. Ф. Еколого-гідрохімічна оцінка стану озера Світязь під впливом антропогенних навантажень. Мінеральні ресурси України. 2014. № 4.
3. Водно-болотні угіддя – на користь людям і природі. Шацький національний природний парк. URL: <https://shnp.forest.gov.ua/vodno-bolotni-uhiddia-na-koryst-liudiam-i-pryrodi/>.
4. Забокрицька М. Р. Про типізацію озер Шацького поозер'я згідно вимог Водної рамкової директиви Європейського Союзу. Природничо-географічні дослідження рельєфу, клімату та поверхневих вод: сучасний стан та перспективи розвитку : матеріали міжнародної науково-практичної конференції (до 75-річчя кафедр КНУТШ: землезнавства та геоморфології; метеорології та кліматології; гідрології та гідроекології), Україна, м. Київ, 2-4 жовтня 2024 р. Київ, 2024.
5. Залеський І. І., Зузук Ф. В., Мельничук В. Г., Матеюк В. В., Бровко Г. І. Шацьке поозер'я : монографія. Т. 1 : Геологічна будова та гідрогеологічні умови. Луцьк : Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки, 2014. 190 с.
6. Знову повноводне озеро: за літо у Світязі значно зріс рівень води. VSN. 2023. URL: <https://vsn.ua/news/znove-povnovodne-ozero-za-lito-u-svityazi-znachno-zris-riven-vodi-30059>.
7. Інженерна геологія : навчальний посібник. URL: https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/iebm/vaganov_inzhenerna_geologiya/12.5.htm.

8. Конструктивна географія і картографія: стан, проблеми, перспективи : матеріали міжнародної науково-практичної онлайн-конференції, присвяченої 20-річчю кафедри конструктивної географії і картографії Львівського національного університету імені Івана Франка (Україна, м. Львів, 1–3 жовтня 2020 р.). Львів : Простір-М, 2020. 312 с.
9. Озеро Світязь з висоти [Фотографія]. Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Озеро_Світязь_з_висоти.jpg.
10. Офіційний вебсайт Регіонального офісу водних ресурсів Волинської області. URL: <https://www.vodres.gov.ua/node/211>.
11. Пасічник М. П., Ільїн Л. В., Хільчевський В. К. Сапропелеві рекреаційно-туристичні ресурси озер Волинської області : монографія. Луцьк : Волиньполіграф, 2021. 172 с.
12. Плічко Л. В., Хільчевський В. К., Зацерковний В. І. Оцінка стану водних об'єктів з використанням ДЗЗ : монографія / за ред. В. К. Хільчевського. Київ : ДІА, 2026. 172 с. URL: <https://geo.knu.ua/wp-content/uploads/2026/04/plichko-lv-hilchevskiy-vk-ta-in.-oczinka-stanu-vodnyh-obyektiv.dzz-2026.pdf>.
13. Понищив береги озера: на Світязі ледь не по людях їздив елітний позашляховик на київських номерах. VSN. 2023. URL: <https://vsn.ua/news/ponischiv-beregi-ozera-na-svityazi-led-ne-po-lyudyah-yizdiv-elitniy-pozashlyahovik-na-kiyivskih-nomerah-27144>.
14. Сім причин, чому варто відвідати Світязь цього літа. РайонШацьк. 2018. URL: <https://shatsk.rayon.in.ua/news/78323-sim-prichin-chomu-varto-vidvidati-svityaz-tsogo-lita>.
15. Фахівці назвали причини обміління Світязю [Відео]. ВолиньPost. 2018. URL: <https://www.volynpost.com/news/125807-fahivci-nazvaly-prychyny-obmilinnia-svityazyu-video>.
16. Фесюк В. О., Нетробчук І. М., Полянський С. В., Довган Д. Я. Особливості сучасного стану евтрофікації Шацьких озер. Український

журнал природничих наук. 2024. № 8. DOI:
<https://doi.org/10.32782/naturaljournal.8.2024.29>.

17. Федонюк В., Христецька М., Федонюк М., Мерленко І., Бондарчук С. Міління озера Світязь у контексті регіональних змін клімату. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 2020. Vol. 29 (4). P. 673–683. DOI: 10.15421/112060.

18. Хільчевський В. К., Забокрицька М. Р. Основні аспекти морфометрії та гідрохімії Шацьких озер. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2020. № 3 (58). С. 92–100. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2020.3.9>.

19. Хільчевський В. К., Осадчий В. І., Курило С. М. Основи гідрохімії : підручник. Київ : Ніка-Центр, 2012.

20. Христецька М. В. Якість води озера Світязь за вмістом хімічних елементів під впливом антропогенного навантаження. *Екологічні науки*. 2023. № 2 (47). DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.2-47.13>.

21. Якість води в озері Світязь. Шацький національний природний парк. URL: <https://shnp.forest.gov.ua/yakist-vody-v-ozeri-svitiaz/>.

22. Khilchevskyi V., Ilyin L., Pasichnyk M., Zabokrytska M., Ilyina O. Hydrography, hydrochemistry and composition of sapropel of Shatsk Lakes. *Journal of Water and Land Development*. 2022. No 54. P. 184–193. DOI: <https://doi.org/10.24425/jwld.2022.14157>.

23. Khilchevskyi V., Plichko L., Zabokrytska M., Sherstyuk N. Assessment of the dynamics of the area of the Shatsk Lakes over a long-term period based on remote sensing data in connection with fluctuations in their level (1985–2023). *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 2025. Vol. 34 (1). P. 126–135. DOI: <https://doi.org/10.15421/112512>.

24. Kuzmych L., Voropai H., Kharlamov O., Kotykovych I., Kuzmych S. Study of contemporary climate changes in the Ukrainian humid zone (on the example of the Volyn Region). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2023. Vol. 1269. P. 012022.

25. Svitiaz Lake, Ukraine. FutureLakes. 2025. URL: <https://futurelakes.eu/associated-regions/svitiaz-lake-ukraine>.
26. Wolynien (Region). Enzyklopädie des europäischen Ostens. Universität Klagenfurt. URL: <https://eeo.aau.at/eeo.aau.at/index55ab.html>.