

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ВОЛИНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ЛЕСІ УКРАЇНКИ

Кафедра фізичної географії

На правах рукопису

ДУБРОВИК ОЛЕКСАНДР СЕРГІЙОВИЧ

СУЧАСНИЙ ГІДРОЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ОЗ. ЗАСВІТСЬКЕ ТА  
РОЗРОБКА ЗАХОДІВ ДЛЯ ЙОГО ПОЛПШЕННЯ

Спеціальність: 103 Науки про Землю

Освітня програма: Гідрологія

Робота на здобуття освітньо-кваліфікаційного ступеня «Магістр»

Науковий керівник:

Нетробчук Ірина Марківна

кандидат географічних наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНО ДО ЗАХИСТУ

Протокол №

засідання кафедри фізичної географії

від \_\_\_\_\_ 2024 р.

Завідувач кафедри

проф. Фесюк В.О. \_\_\_\_\_

ЛУЦЬК – 2024

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ЛІМНОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	6
1.1. Лімносистеми як об'єкт комплексного наукового вивчення.....	6
1.2. Методологічне обґрунтування дослідження гідроекологічного стану озера.....	11
1.3. Вивченість питання у науковій літературі.....	16
РОЗДІЛ 2. ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОЗБОРУ ТА ГІДРОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОЗЕРА.....	18
2.1. Фізико-географічний опис території.....	18
2.2. Ландшафтно-екологічна характеристика водозбору озера.....	34
2.3. Морфометричні та гідрологічні особливості оз. Засвітське.....	39
РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ГІДРОЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ЛІМНОСИСТЕМИ.	43
3.1 Забруднення води озера.....	43
3.2. Оцінка евтрофікованості водойми.....	45
РОЗДІЛ 4. ЗАХОДИ РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ТА ОХОРОНИ ОЗЕРА.....	54
ВИСНОВКИ.....	61
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	69

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Озера є важливими екосистемами, що створюють середовище існування для багатьох видів рослин і тварин. Збереження озер допомагає підтримувати біорізноманіття регіону. Також озера виконують важливі гідрологічні функції, акумулюючи і регулюючи водні ресурси. Раціональне використання водних ресурсів озер сприяє стабільності водного балансу території. Чимало озер мають важливе рекреаційне та естетичне значення, активно використовуються для організації відпочинку та оздоровлення населення. Збереження хорошого екологічного стану та привабливості озер сприяє розвитку туризму та рекреації.

Деякі озера нашого краю мають ще й історико-культурну цінність як об'єкти легенд, переказів або місця історичних подій чи перебування відомих історичних осіб. Охорона таких озер сприяє збереженню культурної спадщини краю. Наприклад, оз. Нечимне, де розгортались події драми-феєрії Лесі Українки «Лісова пісня».

Отже, раціональне використання та охорона озер сприяє сталому розвитку Волинського Полісся в економічному, екологічному та соціальному аспектах, а комплексний підхід до збереження озер є **важливим та актуальним завданням** для забезпечення стійкого екологічно безпечного розвитку поліського регіону.

**Метою дослідження** є поліпшення гідроекологічного стану озера Засвітське шляхом розробки та впровадження заходів його раціонального використання та охорони.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні **завдання:**

- узагальнити теоретичні та методологічні засади дослідження лімносистем як об'єкту комплексного наукового вивчення;
- оцінити природні умови водозбору та гідрологічні особливості озера Засвітське;

- проаналізувати ландшафтно-екологічну ситуацію на водозборі, гідроекологічний стан озера, якість води, евтрофікованість водойми;
- запропонувати заходи раціонального використання та охорони озера.

**Об’єкт досліджень** – лімносистема озера Засвітське.

**Предметом досліджень** є особливості сучасного гідроекологічного стану озера Засвітське, перспективи його поліпшення завдяки розробці комплексу заходів раціонального використання і охорони озера.

**Методологічною базою** дослідження сучасного гідроекологічного стану озер є праці зарубіжних та вітчизняних вчених: Л.В. Ільїна, В.О. Мартинюка, В.В. Зубковича, І.В. Зубковича, І.П. Ковальчука, Я.О. Мольчака, Ю.Р. Гроховської, В.А. Володимирця, А.В. Яцика, В.О. Фесюка, І.М. Нетробчук, С.В. Полянського, М.О. Клименка, F.R. von Thienemann, L. Glück, J. W. Shaller, P. W. Shaffer та інших науковців.

Інформаційною базою роботи слугували матеріали РОВР у Рівненській області, Департаменту екології та природних ресурсів Рівненської облдержадміністрації (Екологічний паспорт Рівненської області за 2022 р., Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Рівненській області за 2022 р.), періодичні наукові видання, тези конференцій, електронні картографічні сервіси (OpenStreetMap, GoogleMap), супутникові знімки (Sentinel-2, Landsat-8). Також було опрацьовано понад 50 друкованих та електронних публікацій, законодавчі акти України в галузі раціонального використання та охорони водних ресурсів.

**Методи дослідження.** У процесі дослідження використано методи: польових гідрологічних та гідрохімічних досліджень (морфометричні вимірювання, визначення складу і властивостей води, дослідження стоку тощо); гідробіологічні дослідження (вивчення видового складу, чисельності, біомаси фітопланктону, зоопланктону, зообентосу, макрофітів); іхтіологічні дослідження (видовий склад та чисельність риб); картографування та дистанційне зондування озера (визначення морфометричних параметрів, особливостей господарської діяльності в межах водобору, евтрофікації озера);

аналіз літературних та архівних даних стосовно досліджуваного озера та території Нобельського НПП; математичне моделювання для прогнозування стану озера залежно від впливу різних антропогенних чинників.

**Наукова новизна** полягає в оцінці природних умов та господарської освоєності на водозборі оз. Засвітське, дослідженні гідрологічного стану озера, розробці заходів його раціонального використання та охорони.

**Практична цінність** роботи зумовлена можливістю використання запропонованого в роботі науково-методичного підходу для дослідження гідроекологічного стану інших озер національних парків в межах Волинського Полісся. Також результати магістерської роботи можуть бути корисними для розробки місцевих програм раціонального використання та охорони озер Локницької ТГ, в межах якої знаходиться Нобельський НПП та оз. Засвітське. Матеріали дослідження можна застосовувати й у навчальному процесі Волинського національного університету імені Лесі Українки при вивченні освітніх компонент: «Гідрологія озер і водосховищ», «Раціональне використання і охорона водних ресурсів» «Гідрологія», «Гідроекологія», «Гідрохімія», «Обробка і аналіз супутникових знімків».

**Апробація роботи.** За результатами магістерської роботи опублікована стаття у науковому фаховому виданні [35].

**Структура та обсяг роботи.** Магістерська робота має загальний обсяг 68 сторінок і складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел (50 позицій).

## РОЗДІЛ 1.

# ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ЛІМНОЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 1.1. Лімносистеми як об'єкт комплексного наукового вивчення

В лімнології озера розуміють як складні географічні об'єкти, які активно взаємодіють з навколишнім середовищем. Під час цієї взаємодії масив води, дно, гідробіоти, навколишня суша та нижні шари атмосфери безперервно обмінюються речовинами та енергією, спричиняючи перетворення і зміну фазового стану матеріалів і енергії. Однак головною особливістю озер є їх здатність ефективно акумулювати сонячну радіацію в об'ємі води, що призводить до формування значних запасів теплової енергії. Також, відбувається накопичення різноманітних хімічних речовин, які потрапляють в озеро з водозбору з поверхневим та підземним стоком, опадами і накопичуються у водоймі, утворюючи сапропелі [48].

Озеро – це багатокomпонентний природний об'єкт з численними взаємопов'язаними структурними компонентами, що розміщуються як у воді, так і на суші, утворюючи геосистему озера (лімносистему). Обмін речовинами і енергією між цими компонентами відбувається шляхом поширення адвекції, радіації, дифузії та хвиль. Інтенсивність та напрямок цих процесів визначають біологічний, хімічний, літологічний, гідрологічний режими озера [14].

Науково-обґрунтований аналіз і прогноз стану озера як географічної системи, раціональне використання та охорона його ресурсів можливе лише за умови попереднього комплексного та детального вивчення. І найважливіша роль у такому дослідженні відводиться вивченню зв'язків між структурними компонентами озерної геосистеми та процесів їх обміну [28].

Функціонування лімносистеми нерозривно пов'язане з її природним оточенням, в той час як саме озеро впливає на ландшафт шляхом різноманітних фізичних, хімічних, біологічних, екологічних, геологічних

перетворень. Процеси ці тісно переплітаються та динамічно розвиваються в часі, що робить озеро складною системою для вивчення. Лише при аналізі всіх взаємодій в озерах, включаючи їхню динаміку та взаємодію з водозбором, можна отримати повні дані для розробки науково обґрунтованих рекомендацій щодо раціонального господарського використання озера [49].

Озера відрізняються від інших водойм сповільненим водообміном, що зумовлює їх унікальні властивості у локальному ландшафтному оточенні. Низькі водообмін та відносні гіпсометричні рівні зумовлюють дві визначальні особливості озер: можливість регулювати поверхневий стік та нагромаджувати речовини у вигляді донних відкладів. Остання особливість робить озера природними "літописцями", що ніби консервують зміни географічних характеристик водойми і водозбору за певний проміжок часу. Крім того, озера утворюють унікальний біоценоз, що є життєвим середовищем різноманітних гідробіонтів [14].

Однак, не зважаючи на стійкість природних комплексів озер, вони виявляють високу екологічну чутливість. Як складові природного довкілля, озера чітко реагують на зміни у самому довкіллі. Тому вони є досить вразливими в екологічному відношенні. Будь-яка зміна та погіршення екологічних умов в межах водозбору (зміни клімату, гідромережі, знеліснення, деградація ґрунтів) негативно впливають на водний режим озера, надходження мінеральних та органічних речовин, умови їх накопичення та екологічну рівновагу лімносистеми. Тому озера є чинниками та індикаторами змін у природному середовищі водночас. Стратиграфічний аналіз донних відкладів, їх складу, решток гідробіонтів дозволяє відтворити природні умови водозбору озера протягом періоду нагромадження озерних відкладів [28].

Внаслідок водообміну низької інтенсивності і здатності озер накопичувати речовини утворюється особливий напізамкнутий цикл обігу речовини та енергії. Завдяки цій властивості лімносистем озера можна використовувати як моделі для оцінки впливу меліоративних трансформацій водозбору і розробки систем управління землекористуванням [31].

Тому неправильно розглядати водойму як однорідний ізольований об'єкт. Лімносистема пронизана мережею взаємозв'язків, де потоки речовин і енергії змінюють свої характеристики та інтенсивність. Це обґрунтовує доцільність трактування озера та водозбору як напівзамкнутої системи. Тому озеро є важливим чинником у процесах формування ландшафту. Саме з таких, системних міркувань ми виходимо у своїх дослідженнях озера. Необхідність усебічного вивчення озерних процесів у лімносистемі набуває актуальності в контексті розширення господарського використання ресурсів озер, але із одночасним забезпеченням збереження та охорони озер.

Термін "лімносистеми" (limnosystems) використовується для позначення природних водойм, а саме прісних озер і водосховищ. Вчення про лімносистеми є частиною гідроекології і включає в себе вивчення структури та функціонування водних екосистем. Лімноекологія, яка вивчає лімносистеми, є галуззю науки, що розвивається на стику гідрології, гідробіології (вивчення життя в водоймах), гідрохімії (вивчення хімічного складу води), гідрогелогії (вивчення гідрологічних властивостей ґрунтів та гірських порід водозбору), гідрометеорології (вивчення погоди та клімату, їх впливу на гідрологічний режим водойм) та інших. Значення лімноекології полягає саме в тому, що вона враховує всі компоненти водних екосистем і розглядає їх в контексті впливу географічних, геологічних, кліматичних і антропогенних чинників. Теоретичні основи вчення про лімносистеми були закладені у працях таких видатних вчених: F.R. von Thienemann – австрійський лімнолог, один із засновників сучасної лімнології, розробив концепцію пелагіалі та бенталі озер, вивчав фізико-хімічні властивості озер; H.C. Cowles – американський гідробіолог, досліджував роль гідробіонтів в процесах життєдіяльності озер; L. Glück – німецький вчений, автор однієї з перших класифікацій озер за генезисом; В.Н.Гуськов – радянський лімнолог, обґрунтував необхідність комплексного підходу до вивчення озер; М.Н. Маккавєєв – російський вчений, розробив класифікацію озер за трофністю; Ю.А. Алекін – радянський гідрохімік, заклав основи вчення про



хімічний режим озер. Концепція лімносистем як єдиних природних утворень сформувалася завдяки працям цих та інших дослідників озер з різних країн у XIX-XX ст. Важливий внесок в розвиток лімноекології зробили й українські вчені: Г.В. Грінченко, Я.А. Ізмайлов, Д.О. Шевченко, В.Н. Тімченко, І.П. Ковальчук, Л.В. Ільїн, В.А. Мартинюк, Я.О. Мольчак, які вивчали різні аспекти лімноекології та розробляли методи дослідження водних екосистем. Зокрема, біорізноманіття, динаміки екосистем, взаємодії між різними видами водних організмів та визначення факторів, що впливають на якість води в лімносистемах [2, 14, 28].

Теоретико-методологічні засади лімноекологічних досліджень озер [48]:

1. Системний підхід, в межах якого озеро розглядається як цілісна екосистема з усіма компонентами та зв'язками між ними, здійснюється дослідження взаємодії гідрологічних, гідрохімічних, гідробіологічних та інших процесів.
2. Комплексність досліджень – вивчення всіх складових озерної екосистеми: гідрологічного режиму, морфометрії озера, гідрохімії, гідробіології, ґрунтів дна, ландшафтно-кліматичних умов тощо.
3. Багаторічні спостереження за динамікою стану озера, виявлення тенденцій та закономірностей, оцінка антропогенного впливу.
4. Математичне моделювання – побудова моделей для аналізу складних екосистемних процесів та прогнозування змін стану озера.
5. Біоіндикація та біотестування з використанням гідробіонтів для інтегральної оцінки якості води та екологічного стану.
6. Розробка системи критеріїв і нормативів для оцінки якості води та екологічного стану озер.
7. Врахування ландшафтних, кліматичних, геологічних факторів та антропогенного впливу.
8. Розробка наукових основ раціонального використання та охорони озер на основі комплексних досліджень.

Озера та інші водойми є складними природними системами

(лімносистемами), комплексне вивчення яких потребує міждисциплінарного підходу. Лімносистеми мають певні морфометричні параметри – глибину, площу, об'єм, форму улоговини. Вони функціонують в конкретних ландшафтно-кліматичних умовах регіону. До складу лімносистем входять [14]:

- водна товща з характерними фізико-хімічними показниками;
- донні відклади, що впливають на хімічний склад води;
- біоценоз – сукупність гідробіонтів, що населяють водойму;
- прибережна зона з природними та антропогенними ландшафтами;
- водозбірна площа, яка живить водойму поверхневим та підземним стоком.

Комплексне вивчення лімносистем включає аналіз всіх цих складових та їх взаємозв'язків гідрологічними, гідрохімічними, гідробіологічними, екологічними методами. Це дає можливість оцінити функціонування водойми як єдиної екосистеми та розробити наукові основи її раціонального використання та охорони [4].

Лімносистеми є об'єктом комплексного наукового вивчення, яке об'єднує фізико-хімічні, біологічні та географічні аспекти. Такий підхід є необхідним для глибокого розуміння структури, функцій та динаміки прісноводних екосистем. Позиціонування лімносистем як об'єкта комплексного наукового вивчення ґрунтується на декількох ключових принципах [14]:

1. Інтеграція фізико-хімічних параметрів. Вивчення лімносистем включає аналіз фізико-хімічних параметрів води, зокрема, таких як температура, рН, концентрація розчинених речовин та інші. Інтеграція цих параметрів дозволяє отримати повніше уявлення про фізико-хімічні властивості водного середовища та їхній вплив на живі організми.

2. Біологічна різноманітність та екологічні взаємодії. Комплексне вивчення лімносистем включає аналіз біологічного складу, видової різноманітності та екологічних взаємодій у водних екосистемах, що важливо

для розуміння впливу біотичних факторів на структуру та функціонування системи.

3. Географічна контекстуалізація. Лімносистеми вивчаються в географічному контексті, оскільки географічні умови, такі як клімат, геологія та гідрографія, суттєво впливають на структуру та функціонування водних екосистем.

4. Методологічний підхід та моделювання. Комплексне вивчення лімносистем використовує різноманітні методи дослідження, включаючи польові роботи, лабораторні аналізи та математичне моделювання. Це дозволяє отримати детальні дані та прогнозувати можливі зміни у водних екосистемах.

5. Вплив антропогенних чинників. Аналіз змін, викликаних людською діяльністю, є важливою складовою для розробки стратегій управління та збереження водних ресурсів. Тому важливо його враховувати з метою раціонального та екологічно збалансованого використання ресурсів озер.

Отже, лімносистеми розглядаються як складний об'єкт комплексного наукового вивчення, що вимагає інтеграції різноманітних наукових підходів та методів для повного розкриття їхнього функціонування та взаємодій.

## **1.2. Методологічне обґрунтування дослідження гідроекологічного стану озера**

Гідроекологічний стан озера – це комплексна характеристика якості води та екологічних умов у водоймі. Дослідження гідроекологічного стану озера включає наступні аспекти:

1. Аналіз гідрохімічних показників – вміст кисню, біогенних речовин, органічних сполук, важких металів, нафтопродуктів та інших забруднювачів.

2. Вивчення гідробіологічних характеристик – видове різноманіття, чисельність і біомаса фітопланктону, зоопланктону, зообентосу, риб, вищих водних рослин.

3. Біоіндикація та біотестування з використанням тест-організмів для інтегральної оцінки токсичності та якості води.

4. Визначення сапробності та трофо-сапробіологічного індексу водойми.

4. Оцінка ступеня евтрофікації озера та його трофічного статусу.

6. Виявлення осередків забруднення, зон екологічного ризику.

7. Розробка заходів для поліпшення гідроекологічного стану озера.

Існують різні підходи до класифікації озер за гідроекологічним станом.

Найпоширенішими і найчастіше згадуваними в науковій літературі є наступні [2, 14, 28, 31]:

1. За індексом сапробності:

- олігосапробні – чисті;
- β-мезосапробні – помірно забруднені;
- α-мезосапробні – забруднені;
- полісапробні – брудні.

2. За трофічним статусом:

- оліготрофні – малопродуктивні;
- мезотрофні – середньопроодуктивні;
- евтрофні – високопродуктивні;
- гіпертрофні – надмірно продуктивні.

3. За ступенем токсичності:

- нетоксичні;
- слабкотоксичні;
- помірно токсичні;
- високотоксичні.

4. За інтегральним екологічним індексом (IEI) [21]:

- добрий (IEI = 4-5);
- задовільний (IEI = 3);
- поганий (IEI = 2);
- дуже поганий (IEI = 1).

5. Класифікація за рівнем забруднення:

- озера з низьким рівнем забруднення, мають чисту воду та низькі рівні забруднення внаслідок відсутності або мінімального антропогенного впливу;
- озера з помірним рівнем забруднення, є деякі показники забруднення, але стан водойми ще дозволяє подальший розвиток екосистеми без значних проблем;
- озера з високим рівнем забруднення, стали об'єктом серйозного забруднення, що може впливати на біорізноманіття та якість води.

#### 6. Класифікація за біорізноманіттям:

- озера з високим біорізноманіттям, існує різноманіття рослин, тварин та мікроорганізмів, екосистема збалансована;
- озера з помірним біорізноманіттям, хоч біорізноманіття дещо обмежене, але ще достатнє для підтримки екосистеми;
- озера з низьким біорізноманіттям, де значна частина видів може бути втрачена, кількість видів нижча, ніж важливо для підтримки стійкого функціонування екосистеми.

#### 7. Класифікація за ступенем стійкості екосистеми:

- стабільні озера, можуть витримувати природні або антропогенні зміни без значного порушення екосистеми;
- нестійкі озера, схильні до змін або забруднення та можуть швидко втрачати стійкість.

Дослідження гідроекологічного стану озера є важливим завданням, оскільки надання комплексної інформації про гідрологічні та екологічні аспекти дозволяє зрозуміти стан водного об'єкта та визначити можливі впливи на його екосистему. Методологічне обґрунтування дослідження гідроекологічного стану озера базується на наступних принципах:

1. Чітке формулювання мети дослідження (наприклад, визначення екологічного стану озера, оцінка впливу антропогенних чинників, вивчення біорізноманіття тощо) та постановка конкретних задач для досягнення мети.

2. Вибір методів та інструментів для вимірювань гідрологічних

параметрів (температура води, рівень рН, концентрація розчинених речовин, тощо) та екологічних показників (біомаса рослин і тварин, біорізноманіття, тощо).

3. Системність та інтегрований підхід. Врахування взаємозв'язків між гідрологічними та екологічними факторами, а також використання інтегрованого підходу для отримання повної оцінки гідроекологічного стану.

4. Вибір зон та періоду дослідження. Визначення належності озера до певної географічної зони для дослідження, а також вибір періоду часу, який буде включений у дослідження (сезонні зміни, вплив кліматичних умов).

5. Моніторинг та збір даних. Розробка плану моніторингу, включаючи регулярний збір даних про гідрологічні та екологічні параметри для аналізу динаміки та змін стану озера.

6. Статистичний та математичний аналіз. Застосування статистичних та математичних методів для аналізу отриманих даних, включаючи кореляційний аналіз, факторний аналіз, та моделювання екологічних процесів.

7. Оцінка впливу та розробка рекомендацій. Визначення впливу антропогенних та природних факторів на озерну екосистему та розробка рекомендацій для збереження та відновлення гідроекологічного стану.

Належне методологічне обґрунтування забезпечить повноту та ефективність дослідження гідроекологічного стану озера, що є ключовим етапом для розуміння та збереження водних екосистем.

Для дослідження гідроекологічного стану озера застосовують різноманітні методи, які дозволяють отримати інформацію про фізико-хімічні та біологічні параметри водного об'єкта [31]:

1. Вимірювання фізико-хімічних параметрів в контексті гідроекологічного моніторингу. Попередньо проводиться забір проб води на різних глибинах та пунктах спостережень для вивчення гідродинаміки та температурного режиму. Після цього проводиться хімічний аналіз відібраних проб. Зокрема, температура води вимірюється за допомогою термометрів, рівень рН визначається за допомогою рН-метрів або індикаторних стрічок,

концентрація розчинених речовин вимірюється за допомогою спеціальних приладів і аналітичних методів.

2. Гідробіологічні дослідження. Збір та ідентифікація водних мікроорганізмів для вивчення структури та функціонування екосистеми. Дослідження дна водойми та біотичного складу його мешканців.

3. Методи гідроакустичного дослідження. Сонари та гідроакустичні системи використовуються для визначення структури популяцій риб, глибини водних шарів, напрямку і швидкості течій.

4. Дослідження гідрогеологічних особливостей. Забір проб та визначення характеристик підземних вод для оцінки їх впливу на озеро.

6. Метеорологічні спостереження за станом атмосфери, вимірювання температури повітря та води, напрямку та швидкості вітру, атмосферного тиску, опадів.

7. Моделювання, в т.ч. картографічне передбачає використання моделей для прогнозування змін у гідроекологічних параметрах, картографування та аналіз даних за допомогою геоінформаційних систем для отримання просторово розподілених параметрів.

Після проведеного польового етапу досліджень виникає необхідність у використанні загального показника для оцінки гідроекологічного стану водойми. В науковій літературі [21] серед таких показників найчастіше згадується інтегральний екологічний індекс (ІЕІ) – узагальнений показник, який дозволяє комплексно оцінити гідроекологічний стан водойми. Для розрахунку ІЕІ використовуються такі складові-індекси:

- індекс забруднення за хімічними показниками (вміст біогенів, нафтопродуктів, важких металів та ін.);
- індекс токсичності за даними біотестування.
- індекс сапробності за видовим складом гідробіонтів.
- індекс трофності за вмістом фосфору, прозорістю, хлорофілу.
- індекс засоленості за мінералізацією води.

- індекс забруднення донних відкладів важкими металами, нафтопродуктами.

Значення цих індексів нормуються від 1 до 5 балів. ІЕІ розраховується як середнє арифметичне складових індексів. Такий підхід дає можливість всебічно оцінити якість води, стан екосистеми та виявити найбільш проблемні чинники, що впливають на водойму.

Ці методи використовуються інтегровано для комплексного вивчення гідроекологічного стану озера, що дозволяє зрозуміти його екосистему та визначити шляхи збереження та відновлення природного балансу.

Загалом алгоритм комплексного лімнологічного-екологічного дослідження озера можна представити у вигляді таблиці:

*Таблиця 1.1.*

Алгоритм комплексного лімнологічного-екологічного дослідження озера

Номер етапу	Назва етапу	Зміст етапу
1	Вивчення морфометричних характеристик	Визначення площі, глибини, об'єму, довжини берегової лінії, крутизни схилів
2	Дослідження гідрологічного режиму	Аналіз джерел живлення, водного балансу, коливань рівня води
3	Гідрохімічні дослідження	Визначення вмісту основних іонів, біогенних речовин, органіки, кисню
4	Вивчення гідрофізичних властивостей	Виміри температури, прозорості, кольоровості води
5	Аналіз донних відкладів	Дослідження гранулометричного складу, вмісту органіки, ступеня забруднення
6	Дослідження біоценозу	Вивчення видового складу, чисельності, біомаси гідробіонтів
7	Оцінка якості води	Біоіндикація, визначення трофічного статусу
8	Виявлення антропогенного впливу	Аналіз джерел забруднення та антропогенних чинників
9	Розробка рекомендацій	Раціональне використання та охорона озера

### 1.3. Вивченість питання у науковій літературі

Питання оцінки екологічного стану озер достатньо добре вивчені у фаховій літературі, починаючи ще з праць вчених-засновників лімнології. В



цьому контексті доцільно згадати роботи M.L. Rosenzweig про моделі динаміки гідрологічних систем [49]; B.L. Haukman, R.G. Wetzel про гідрологічний баланс водно-болотних угідь [40]; R.G. Ferrari, A. Ferencz про гідрологічний аналіз гідроекосистем [38]; J.P. Gagné, A.N. Rousseau про гідрологічні властивості водних тіл та їх вплив на водну динаміку [39]; J.W. Shaller, P.W. Shaller про гідрологічні та метеорологічні фактори впливу на динаміку екосистем озер [50]. А також українських вчених: І.П. Ковальчука, Л.В. Ільїна, В.А. Мартинюка [12-13, 18-20], Л.В. Ільїна [14], які вивчали різні аспекти лімноекології, зокрема, питання оцінки гідроекологічного стану озер.

В контексті дослідження особливостей природних умов території (Рівненської області) слід відзначити монографію колективу науковців Львівського університету під редакцією проф. К.І. Геренчука [24], а також монографію І.М. Коротуна та Л.К. Коротун [15]. ПЗФ території проаналізований в статтях Л. Сулік, Д. Кричевської [30], М.М. Мельнійчука, Т.П. Безсмертнюка [44], П. Кучера, І. Волошина [16], В.С. Садовець, Т.В. Андрійчук, Р.П. Власенко, В.С. Костюк [29].

Дослідженню різноманітних аспектів гідроекологічного стану озер Нобелівського національного природного парку присвячені публікації В.М. Діковицького, І.В. Зубковича, В.О. Мартинюка, В.В. Зубковича [6], В.О. Мартинюка, І.В. Зубковича [19], І.В. Зубковича [13], І.П. Ковальчука, В.О. Мартинюка [41]. Фауна території вивчалась в публікації Р.О. Журавчака, І.В. Шидловського [8].

## РОЗДІЛ 2.

### ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОЗБОРУ ТА ГІДРОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ОЗЕРА

#### 2.1. Фізико-географічний опис території

Досліджуване озеро Засвітське знаходиться на північному заході Рівненської області, в Варашському (Зарічненському за старим адміністративно-територіальним устроєм) районі, на південь від с. Млин і на північний захід від оз. Нобель (рис. 2.1-2.3). Географічні координати центральної частини озера: 51.87473322996556 північної широти і 25.73411623902154 східної довготи. З точки зору фізико-географічної озеро належить до Зарічненського фізико-географічного району (Нижньостирського за іншими авторами) Верхньоприп'ятської фізико-географічної області. Також озеро входить до складу створеного у 2019 р. Нобельського національного природного парку.



Рис. 2.1. Озеро Засвітське на карті Google Map



Рис. 2.2. Озеро Засвітське на супутниковому знімку  
(запозичено з Google Earth Pro)



Рис. 2.3. Фото озера Засвітське з дрона [23]



З точки зору тектоніки територія дослідження знаходиться на межі Волино-Подільської плити та Прип'ятського прогину (рис. 2.4).

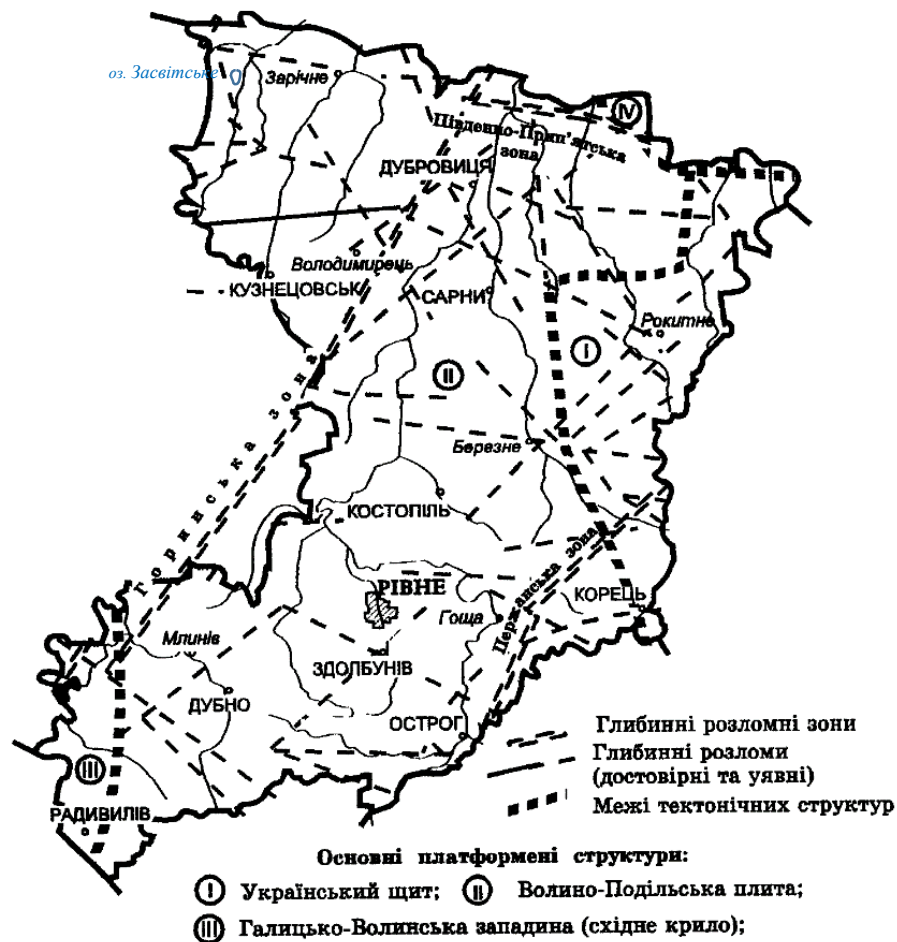


Рис. 2.4. Тектонічна схема території Рівненської області  
(за І.М. Коротуном, Л.К. Коротун, 1996) [15]

Плита являє собою розбитий складно системою розломів західний схил Українського кристалічного щита, де кристалічний фундамент крутими східцями падає на південний захід до Галицько-Волинської западини, заглиблюючись на південному заході Рівненської області на 2 км. Одна із зон цих розломів (Південно-Прип'ятська) простягається через смт Зарічне, дещо північніше озера. Характерною ознакою Волино-Подільської плити є чітко виражений багатопверховий характер її будови. На блоках кристалічного фундаменту залягають послідовно моноклінальні товщі осадових і

вулканічних порід пізньопротерозойського віку. На них – ранньо- і середньопалеозойські та мезозойські. Зверху залягають палеогенові та неогенові утворення, суцільно перекриті четвертинними різного генезису [24].

Верхньопротерозойські відклади представлені поліською серією, що датується 1060-800 млн. р. і є найдавнішою серією відкладів досліджуваної території. В долинах річ Горинь, Стир та Случ ці відклади іноді виходять аж до верхньочетвертинних алювіальних відкладів. Літологічно вони представлені перешаруванням світло-сірих та червоних пісковиків, аргілітів та алевролітів потужністю 500-600 м.

Протерозойські відклади перекриті верхньокрейдовими, туронського ярусу, що представлені білою писальною крейдою, зеленувато-сірими мергелями і білими крейдоподібними мергелями з включеннями кременю потужністю 100-150 м [15].

Зверху на них залягають товщі зеленувато-сірих пісків харківського ярусу палеогенової системи загальною потужністю до 50 м.

Верхньочетвертинні відклади досить різноманітні, але найбільш поширені в межах досліджуваної території алювіальні піски, болотні торфи з перешаруванням пісків, алювіально-озерні блакитні та темно-сірі суглинки, перешаровані крупнозернистими пісками потужністю до 20 м.

Серед корисних копалин території цікавими є лише запаси торфу (родовище Радно).

В геоморфологічному відношенні досліджувана територія знаходиться в межах Верхньо-Прип'ятської акумулятивної низовини. Абсолютні висоти становлять 134-157 м. Густина ерозійного розчленування – 0,5-0,7 мк/км<sup>2</sup>, глибина ерозійного врізу – 5-7 м. Переважаючими типами і формами сучасного рельєфу є заболочені заплави, надзаплавні тераси, дюни, а рельєфоутворюючими процесами – акумуляція осадів, заболочування, дефляція [24].

Клімат досліджуваної території помірно континентальний з теплим вологим літом, м'якою зимою з частими відлигами, достатньою кількістю

опадів, високою вологістю повітря, що сприяє формуванню поверхневого стоку, акумуляції його в озерах, заболоченню.

В межах досліджуваної території метеорологічні станції відсутні. Найближчою є МС Сарни. Річний хід температури демонструє табл. 2.1 і рис. 2.5. Середня місячна температура найтеплішого місяця (липня) становить 18,5 °С, а найхолоднішого (січня) -5,6 °С. Причому максимальні температури можуть досягати іноді екстремальних значень. Наприклад, в березні 1974 р. температура досягала 24 °С, в квітні 1950 р. 31 °С, в жовтні 1966 р. 28 °С. А мінімальна температура опускалась до -1 °С в червні 1940 р., 0 °С в серпні 1966 р., -11 °С в квітні 1954 р. [15].

Таблиця 2.1.

Річний хід метеорологічних параметрів по МС Сарни  
(за І.М. Коротуном, Л.К. Коротун, 1996) [15]

Показники	Місяці											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Температура, °С												
Середньомісячна	-5,6	-5	-0,4	7,4	13,6	17	18,5	17,3	12,9	7,2	2,4	-2,5
Максимальна	11	13	24	31	33	34	37	38	32	28	19	15
Мінімальна	-35	-32	-24	-11	-4	-1	5	0	-3	-12	-25	-28
Відносна вологість, %	84	83	78	71	67	69	71	74	78	82	87	88
Хмарність	7,4	7,3	6,5	3,1	5,5	5,3	5,2	5,0	5,2	6,3	8,0	8,0
Швидкість вітру	3,6	3,7	3,8	3,3	3,0	2,7	2,6	2,4	2,5	2,9	3,6	3,6
Кількість опадів	36	35	30	43	63	84	78	71	56	41	46	40

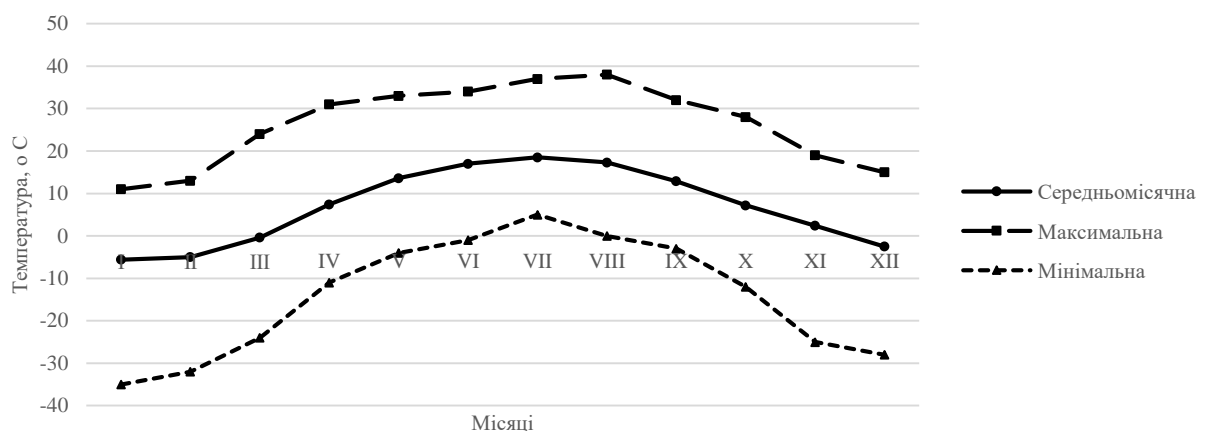


Рис. 2.5. Графічна візуалізація річного ходу температури повітря по МС Сарни (за даними табл. 2.1)

Відносна вологість, %

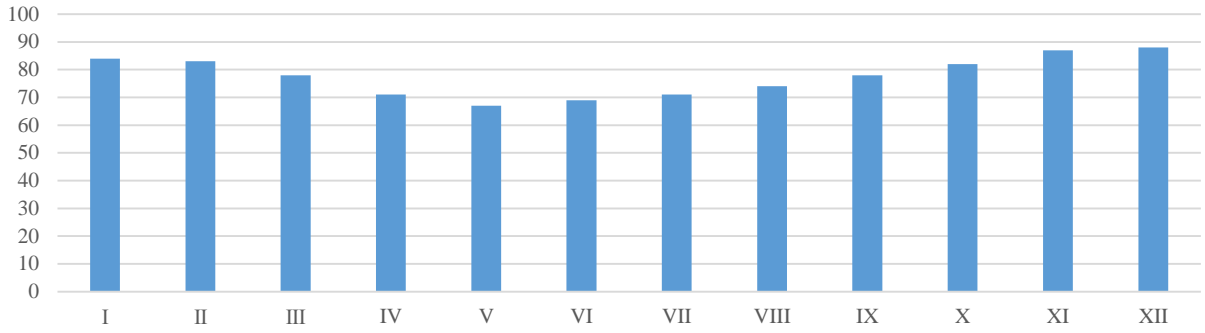


Рис. 2.6. Графічна візуалізація річного ходу відносної вологості повітря по МС Сарни (за даними табл. 2.1)

Хмарність, бали

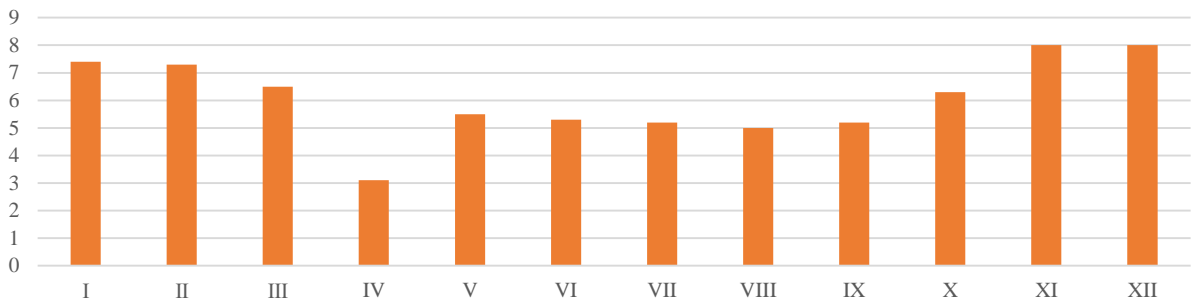


Рис. 2.7. Графічна візуалізація річного ходу хмарності по МС Сарни (за даними табл. 2.1 по десятибальній шкалі)

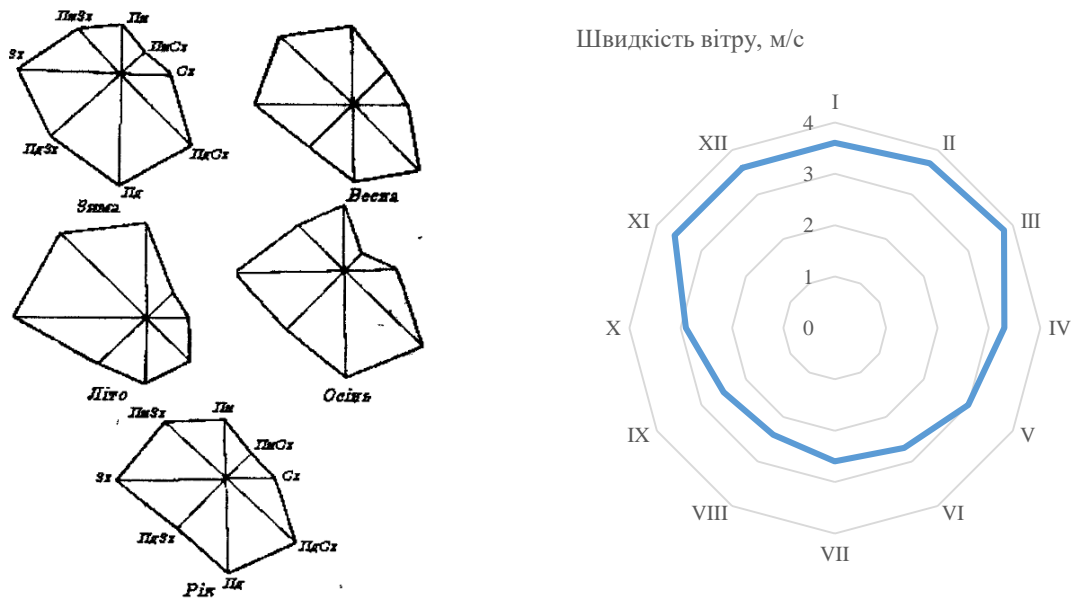


Рис. 2.8. Напрямок і швидкість вітру по місяцях і сезонах по МС Сарни (за даними табл. 2.1)

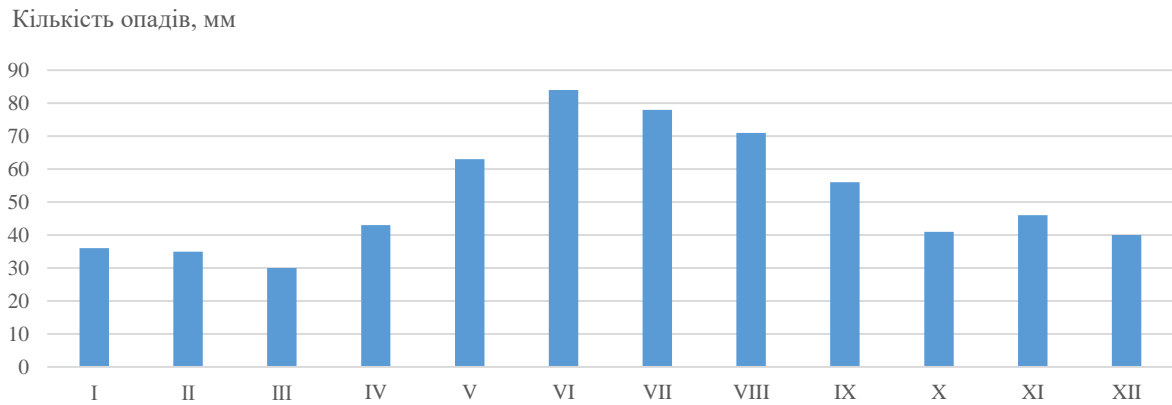


Рис. 2.9. Графічна візуалізація річного ходу кількості опадів по МС Сарни (за даними табл. 2.1)

Відносна вологість має чітко виражений розподіл протягом року. Середня відносна вологість повітря протягом року для МС Сарни становить 78%. Лише з квітня до серпня вона опускається нижче цього показника (рис. 2.6). В інші місяці вона вища, максимум фіксується у листопаді і грудні (87-88%).

Характерною рисою погоди досліджуваної території є висока хмарність (рис. 2.7). Практично протягом всього року хмарність вища 5 балів (за 10-бальною шкалою). Середня за рік – 6,3 балів. Практично це означає, що переважають хмарні дні. Особливо у холодну пору року і міжсезоння, коли хмарність може досягати 7-8 балів [24].

Середня швидкість вітру протягом року невисока і становить 3,1 м/с. Вона незначно змінюється протягом року, дещо зростаючи в холодну пору року до 3,6-3,8 м/с і зменшуючись влітку до 2,4-2,5 м/с (рис. 2.8). За напрямками протягом року переважають вітри північно-західні, західні, південні і південно-східні. Проте взимку зростає повторюваність південно-західних вітрів, влітку – північно-східних [15].

Річний хід кількості атмосферних опадів має чітко виражений літній максимум, що триває з травня до вересня. При цьому випадає 56-84 мм опадів. В зимові та осінні місяці кількість опадів зменшується до 30-46 мм.

Останнім часом в науковій літературі багато уваги присвячується



питанню зміни клімату, особливо в межах Полісся. Так, наприклад, в статті В.О. Фесюка із співавторами [33] проведений аналіз зміни температури повітря та кількості опадів для території Українського Полісся за період 2000-2021 р.р. з використанням платформи Giovanni NASA (рис. 2.10). Отримані результати підвищення температури повітря, для зони Полісся вище, ніж для інших природних регіонів України. Орієнтовно таке підвищення становить  $+2,2^{\circ}\text{C}$ . Кількість опадів теж дещо зростає, проте має суттєво менший приріст. Тому клімат Полісся навпаки має певну тенденцію до аридизації. Ця тенденція посилюється зміною характеру випадання опадів із обложного на зливовий.

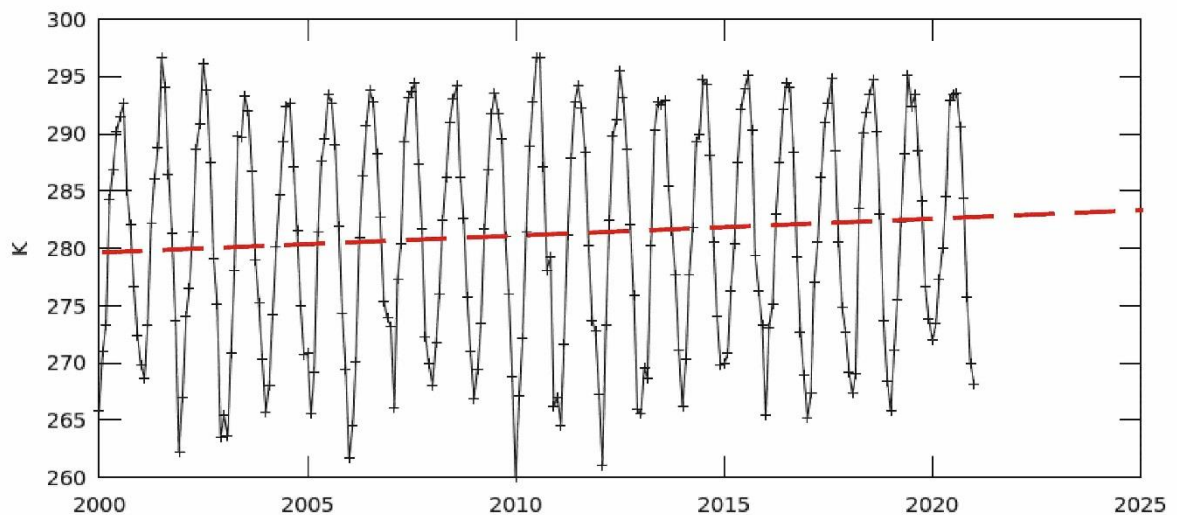


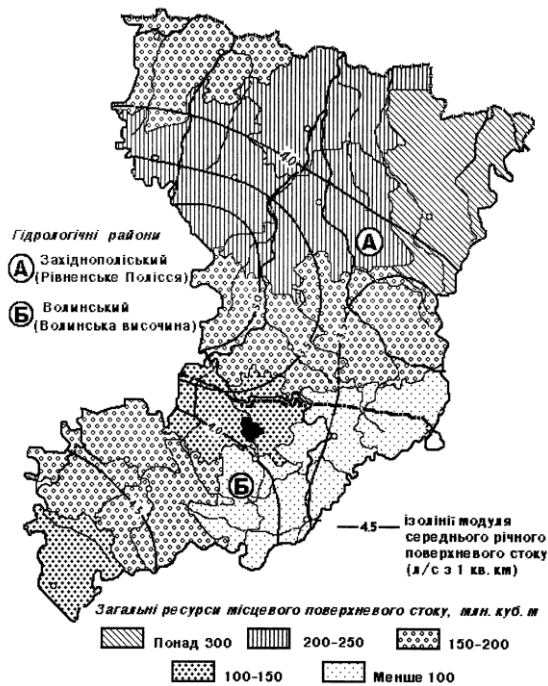
Рис. 2.10. Усереднені значення та тренд температури повітря біля поверхні ґрунту за період 2000-21 р.р. для території Українського Полісся за матеріалами ресурсу Giovanni NASA [33]

Відносно значна кількість опадів, переважання їх кількості над випаровуванням, рівнинний характер території є чинниками, що формують густу і розвинуту мережу поверхневих вод, представлену численними водотоками і водоймами природного і антропогенного походження, а також болотами і перезволоженими землями. В Рівненській області налічується понад 170 річок довжиною понад 10 км і 1204 малих водотоків (до 10 км). Головною артерією поверхневого стоку є р. Прип'ять з правими притоками

Стиром, Горинню та їх притоками. Густота гідрографічної мережі досліджуваної території становить 0,15-0,22 км/км<sup>2</sup>. Долини річок широкі, виположені, слабо врізані в рельєф, перепади висот при врізі становлять 5-20 м. Похили поверхні незначні (0,3-0,6 м/км). А тому й низькі швидкості течії (0,2-0,5 м/с) [15].

Живлення річок мішане з переважанням снігового, на яке припадає 55-65% річного стоку (рис. 2.11). Частка підземного живлення становить 8-20%.

Досліджувана територія знаходиться в басейні р. Прип'ять між місцями впадіння у неї р. Стохід та р. Веселуха. Відстань від оз. Засвітське до р. Прип'ять становить 500 м.



Внутрішньорічний розподіл стоку, %

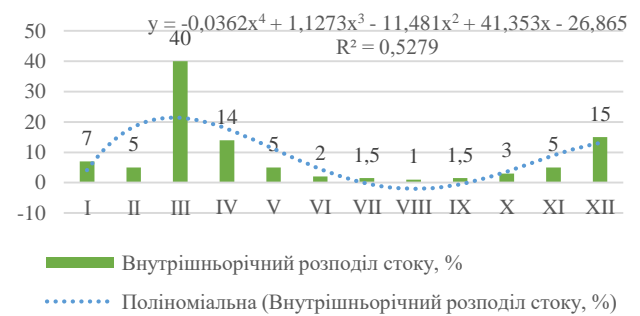


Рис. 2.11. Загальні ресурси поверхневого стоку території Рівненської області (за М.В. Корбутяком) та внутрішньорічний розподіл стоку річок поліської частини Рівненської області в середній за водністю рік (за І.М. Коротуном, Л.К.Коротун, 1996) [15]

Прип'ять – одна з найбільших річ України, найбільша права притока Дніпра за площею басейну, довжиною та водністю. Вона є транскордонною річкою, протікає територією України та Білорусі. Загальна довжина річки становить 775 км, в т.ч. 254 км в межах України. Площа басейну річки – 114,3 тис.км<sup>2</sup>, в т.ч. в межах України – 68,4 тис.км<sup>2</sup>. Прип'ять бере свій початок між селами Будники та Рогові Смоляри Ковельського (колишнього Любомльського

району) Волинської області. Далі тече Поліською низовиною у слабовираженій долині з широкою заплавою. На 204 км від витoku річка перетинає кордон з Білоруссю, де ще тече понад 500 км серед Пінських боліт, утворюючи численні рукави. Останні 50 км Прип'ять знову протікає територією України і впадає у Київське водосховище поблизу м. Чорнобиль [25].

Добре розвинену гідрографічну мережу Прип'яті утворюють 10,5 тис. річок та струмків. Більшість її приток повністю або частково каналізовані. Праві притоки розташовані переважно в межах України, ліві – на території Білорусі.

Басейн Прип'яті охоплює 7 областей України: Волинську, Рівненську, Житомирську, Львівську, Тернопільську, Хмельницьку та Київську.

Долина річки слабо виражена у верхній течії та чіткіше у нижній. Характерна широка заплава вздовж усього русла. Виділяють 2 надзаплавні тераси. Ширина заплави змінюється від 2-4 км у верхній течії до 10-15 км у нижній. В окремі роки заплава затоплюється повеневими водами на декілька місяців.

В гідрологічному режимі Прип'яті властива тривала весняна повінь, короткочасна літня межень, що порушується іноді дощовими паводками, майже щорічні осінні підйоми рівня води. Швидкість підняття рівня під час повені та паводків становить 15-40 см/добу, спаду – 5-10 см/добу. Весняна повінь триває в середньому 50-70 днів. Річка замерзає на початку грудня та скресає наприкінці березня [24].

У басейні Прип'яті розташовані заплавні та карстові озера. Найбільші заплавні озера – Люб'язь та Турське у Волинській області, Нобель та Біле – в Рівненській області [14]. Карстові озера зосереджені на вододілах приток Прип'яті. Одним із таких і є оз. Засвітське. Карстові озера, як правило, мають досить правильні геометричні обриси (коло, овал), є безстічними, розміщуються в північно-західній частині Рівненської області, де верхньокрейдові породи підходять близько до поверхні і руйнуються поверхневими і підземними водами.

На умови живлення поверхневих вод, в т.ч. і озер, суттєвий вплив чинять ґрунтові і підземні води. В межах Рівненської області виділяють два артезіанські басейни: Волино-Подільський, Прип'ятський та провінцію Українського

кристалічного щита. Досліджувана територія знаходиться в межах Прип'ятського басейну. Джерелом-колектором міжпластових вод майже для всієї території області (за виключенням крайньої північно-східної її частини) є породи сенон-туронського водоносного комплексу [15].

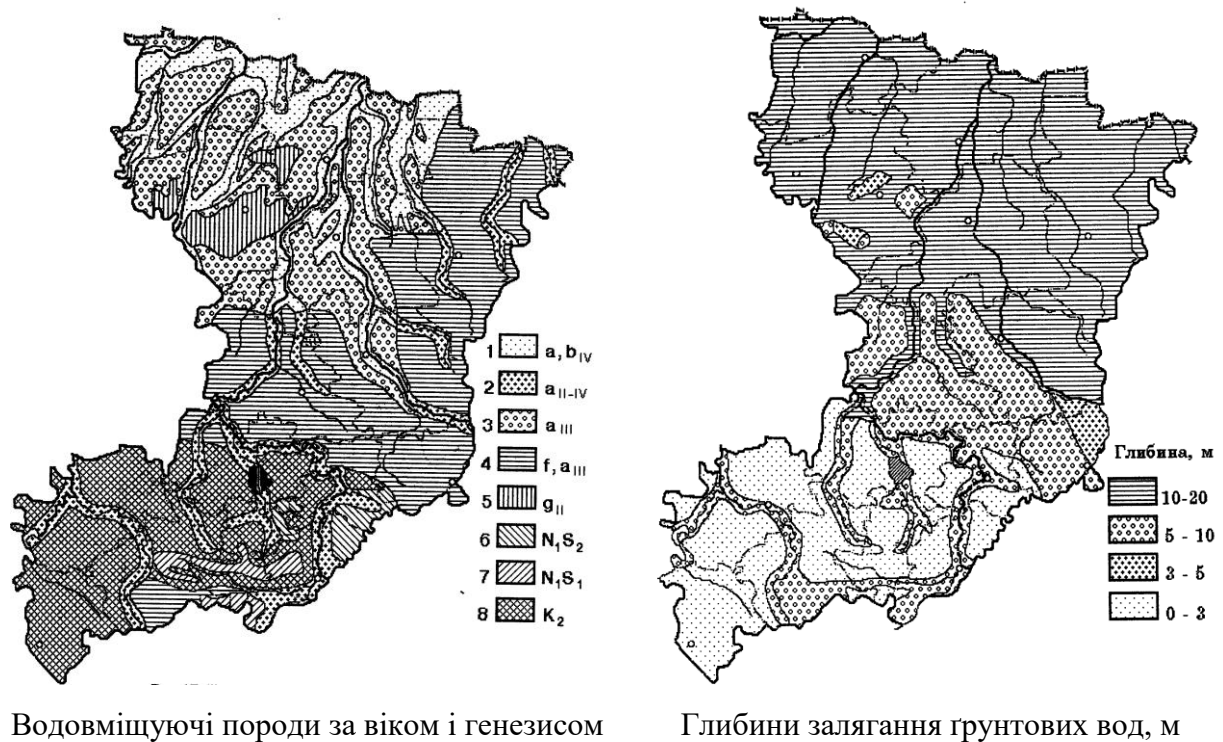


Рис. 2.12. Характеристика ґрунтових Рівненської області  
за М.Д. Будзом, Я.І. Новосадом, 1993

Ситуація із ґрунтовими водами суттєво різноманітніша (рис. 2.12). Ґрунтові води залягають найближче до поверхні, впливають на ландшафтні та гідрологічні особливості території (живлення річок та озер, підтоплення, заболочення, карст тощо). Також вони використовуються для організації децентралізованого водопостачання населення, особливо у північних районах області.

Живлення ґрунтових відбувається в основному за рахунок інфільтрації атмосферних опадів, меншою мірою повневеними та паводковими водами, перетоку із залягаючих нижче напірних горизонтів. Поширені ґрунтові води у товщі четвертинних відкладів, які перекривають суцільним чохлам усю

поверхню області. В межах території дослідження поширені ґрунтові води сучасних озерно-болотних та алювіальних відкладів [15].

Водовміщуючими породами горизонту сучасних озерно-болотних вод є торфи різного ступеня розкладу, що підстеляються дрібними пісками, рідше супісками. Глибини залягання рівнів ґрунтових вод в меженний період варіюють від 0,4-0,7 м на неосушених масивах до 0,7-1,2 в межах осушувальних систем [24].

Води сучасних алювіальних відкладів поширені в межах заплав річок. Водовміщуючими породами є переважно піски, іноді з прошарками гальки і гравію. Потужність водоносного горизонту становить 1-4 м, в пригірлових частинах приток р. Прип'ять – до 6 м. Ці води гідравлічно тісно пов'язані із водоносним горизонтом ґрунтових вод в сучасних озерно-болотних відкладах.

Особливості фізико-географічних умов, зокрема, значне зволоження, заболочення, переважання четвертинних відкладів легкого механічного складу зумовили розвиток в межах території дослідження специфічного складу ґрунтів. За ґрунтовим районуванням, проведеним С.П. Вознюком та П.С. Кузьмичем (1988), територія дослідження відноситься до Зарічненського ґрунтового району. Тут переважають болотні (50%), дерново-підзолисті (29%) і дернові ґрунти.

Серед болотних переважають торфово-болотні і торфовища низинні. Розрізняють їх за потужністю шару торфу: 20-50 см – торфово-болотні ґрунти, понад 50 см – торфовища низинні. Вони характеризуються високим вмістом азоту, іноді й фосфору, проте низьким вмістом калію і мікроелементів [15].

Дерново-підзолисті ґрунти мають легкий механічний склад – переважно материнською породою є різноманітні піски. Мають кислу реакцію ґрунтового розчину, погані водно-повітряні властивості, що пов'язані із низькою здатністю до утримання вологи, низьку в'язкість, природну структурність, малу вбирну здатність, буферність і вміст гумусу. Як наслідок – ґрунти характерні низькою природною родючістю. При цьому вони інтенсивно використовуються в сільськогосподарському обробітку, рівень їх розораності,

особливо на вододілах іноді досягає 60% і більше [15].

Дернові – мають легкий механічний склад, ґрунтотворною породою є піски. Характерний невисокий вміст органічних речовин, азоту і фосфору, незначна потужність ґрунтового профілю (до 10 см), низька родючість.

Рослинний покрив досліджуваної території зазнав найбільшою мірою антропогенного впливу. Найбільші площі займають сільськогосподарські угіддя на місці соснових лісів, лук, низинні трав'яні, гіпнові та лісові (вільхові) болота. Болота займають дуже значні площі, частина з них осушені.

За зоогеографічним районуванням територія Рівненської області відноситься до Західно-Волинського зоогеографічного району Поліського округу бореально-лісостепової зоогеографічної зони. Згідно матеріалів І.М. Коротуна, Л.К. Коротун, 1996 на території налічується 303 види хребетних, серед яких велика різноманітність ссавців, птахів, земноводних, плазунів, риб, круглоротих [15].



Рис. 2.13. Схема фізико-географічного районування території Рівненської області (за К.І. Геренчуком, І.М. Коротуном, 1996) [15]

Згідно схеми фізико-географічного районування території Рівненської області за К.І. Геренчуком, І.М. Коротуном, 1996 (рис. 2.13), досліджувана територія знаходиться в межах Зарічненського (Нижньостирського) ландшафтного району. Він розташований на північному заході області нині відноситься до Варашського адміністративного району, а за старим адміністративно-територіальним устроєм – Зарічненського, частково Володимирецького та Дубровицького адміністративних районів. Південна межа району умовно проводиться по лінії Стара Рафалівка-Зелень-Степангород-Золоте-Висоцьк. Літологічна основа території складена палеогеновими пісками, які місцями перекриті залишками валунних піщано-суглинистих відкладів основної морени дніпровського зледеніння, алювіальними відкладами заплав на перших надзаплавних терас Прип'ять та її приток, перш за все, Стиру [15].

Територія характерна найвищим рівнем заболоченості в області, майже половину угідь займають низинні мохові і трав'яні болота, поширені фрагменти верхових сфагнових боліт. На межиріччях переважають місцевості соснових, дубово-соснових лісів та межирічних лук на дерново-підзолистих і дернових супіщаних ґрунтах. На перших надзаплавних терасах рік Прип'ять та Стир фрагментарно зустрічаються окремі піщані масиви з сосновими лісами.

Характерними рисами району є короткий вегетаційний період (155 днів), часті весняні та осінні заморозки, відносно прохолодне літо. Виняток становлять лише піщані масиви, де мікроклімат є дещо сприятливішим, а тому вони й були освоєні історично першими. Основні екологічні проблеми зводяться до негативних наслідків проведеної масштабної меліорації, необхідності проведення лісовідновлення, особливо на піщаних масивах, підвищення родючості ґрунтів і рекультивації територій незаконного видобутку бурштину.

Довкілля території Варашського району характерне невисоким ступенем антропогенної трансформації, високою природною цінністю і значним коефіцієнтом заповідності. Площа об'єктів і територій ПЗФ в межах району



становить 56014,25 га (16,5%). Одним із найбільших об'єктів є Нобельський національний природний парк, в межах якого і розміщується оз. Засвітське (табл. 2.2, рис. 2.14).

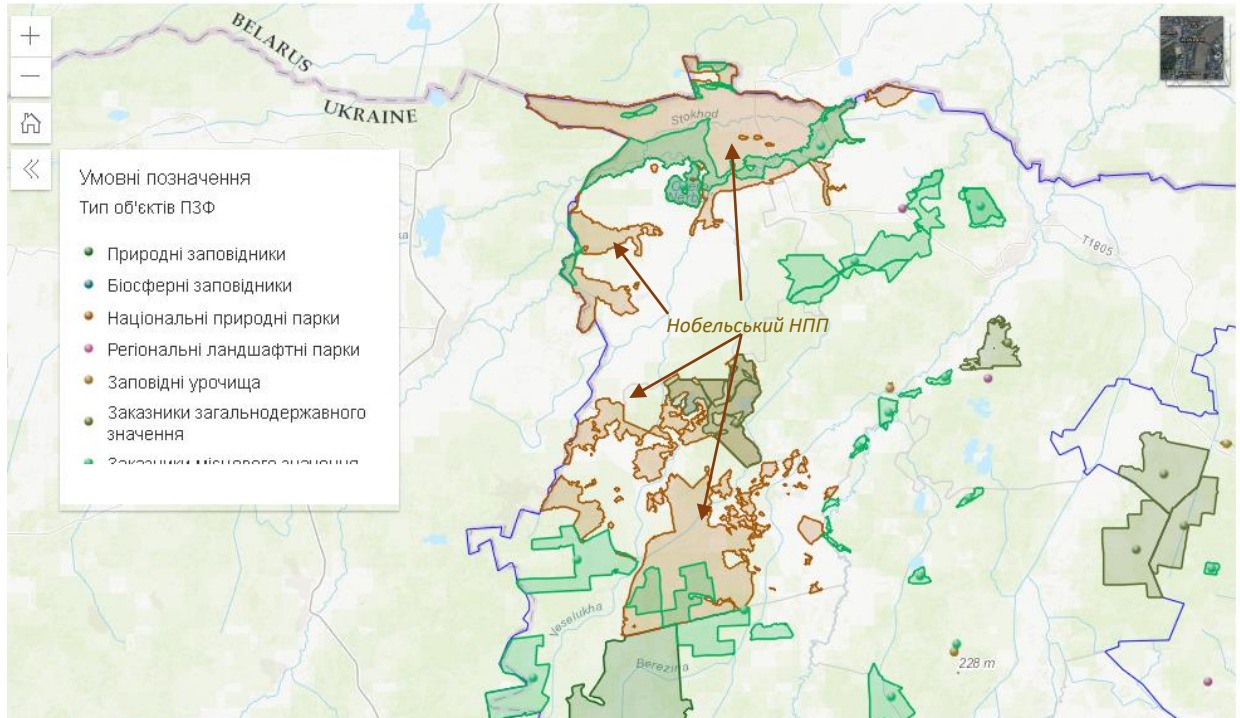


Рис. 2.14. Нобельський НПП на картосхемі території дослідження (побудовано в ArcGIS online)

Таблиця 2.2.

Характеристика Нобельського національного природного парку (за інформацією Рівненської ОДА) [7]

Назва об'єкта	Площа, га	Назва підприємства, організації, установи – землекористувача (землевласника), у віданні якого знаходиться об'єкт ПЗФ	Рішення, згідно з яким створено (оголошено) даний об'єкт ПЗФ, змінено його площу тощо
Нобельський	25318,81		Указ Президента України №131/2019 від 11 квітня 2019 року
	із них: 3677	ДП "Рафалівське лісове господарство"	
	11690,7	ДП "Зарічненське лісове господарство"	
	9287,7	Землі водного фонду (Зарічненський район)	
	663,41	Землі запасу с/г призначення (Зарічненський район)	



НПП "Нобельський" був створений згідно Указу Президента України №131 від 11.04.2019 р. з метою охорони та збереження характерних та унікальних природних комплексів Волинського Полісся. Основні завдання діяльності парку полягають у збереженні компонентів природного середовища, вивченні природних процесів та явищ, розробці науково обґрунтованих методів охорони довкілля, раціональному використанні природних ресурсів та розв'язанні екологічних проблем. Застосування комплексного підходу до охорони природних ресурсів сприятиме формуванню банків збереження генофонду рідкісних, ендемічних та реліктових видів рослин та тварин Полісся, які поширені на території парку [16].

Природа парку є унікальною не лише для України, але й Східної Європи. Тут збереглися незаймані куточки, які мають високу наукову, освітню, рекреаційну цінність. Парк приваблює своїми безмежними лісами на межиріччі Стоходу та Прип'яті, прекрасними озерами та загадковими болотами. В складі лісів мішані дубово-соснові насадження, рідше зустрічаються мішані вільхові та дубові ліси, соснові ліси на підвищених ділянках. Унікальність території полягає в співіснуванні старих соснових дерев із молодими дубами, а також наявності піщаних дюн серед боліт, де спостерігається швидка зміна рослинних угруповань [29].

Різноманіття річок, озер, стариць, боліт і великих площ заростів очерету та чагарників на болотах сприяє розмаїттю водно-болотної фауни. Тваринний світ парку налічує 219 видів хребетних (для порівняння всієї Рівненської області – 303). В т.ч. тут поширені норка європейська, горностай та видра річкова. Серед рослин зустрічаються види, занесені до Червоної книги України: зозулині черевички звичайні, росичка проміжна, щитолижник звичайний, плаун баранець, вовчі ягоди пахучі [5]. Однією з перлин парку є озеро Нобель, яке вражає своєю площею та формою, нагадуючи серце з трьома островами, покритими лісом. Це все створює унікальне поєднання недоторканої природи і рекреаційної привабливості території.

## 2.2. Ландшафтно-екологічна характеристика водозбору озера

Водозбірна територія (водозбір) відіграє важливу роль у формуванні водного балансу та живленні озера. Основні функції водозбору в системі „озеро-водозбір”:

- водозбір акумулює атмосферні опади, що випадають на його поверхню, частина яких у вигляді поверхневого та підземного стоку надходить в озеро;
- водозбір забезпечує надходження до озера розчинених мінеральних речовин та органічних сполук з ґрунтів та гірських порід, що впливає на хімічний склад води;
- на території водозбору відбувається формування якості води, яка надходить в озеро, залежно від наявних джерел забруднення та самоочисної здатності водотоків;
- ландшафтні та кліматичні умови водозбору значною мірою визначають гідрологічний, водний, тепловий та льодовий режим озера;
- територія водозбору регулює ступінь впливу антропогенного навантаження на водойму внаслідок господарської діяльності.

Тому водозбірна площа є одним з найважливіших компонентів озерної екосистеми та, значною мірою, визначає її функціонування і стан.

Особливостями водозбору невеликих карстових озер є [14]:

- оскільки такі озера часто розміщуються групами, площа водозбору таких озер може не значно перевищувати площу самої водойми, надходження води відбувається завдяки підземному живленню карстовими водами;
- для карстових озер важливе значення має не тільки поверхневий, але і підземний стік з прилеглої території тріщинуватих порід;
- хімічний склад та якість води карстових озер формується на значно більшій площі водозбору і залежить від геологічної будови масиву;
- існує складна система гідравлічних зв'язків між карстовими озерами та

водоносними горизонтами в області живлення, що впливає на гідрологічний режим водойм;

- локальні джерела забруднення на водозборі можуть призвести до погіршення якості води та екологічного стану озер не тільки через поверхневий стік, але й через карст.

Отже, для оцінки стану та охорони малих карстових озер необхідний аналіз усієї системи їх живлення, включаючи підземні води.

Таблиця 2.3.

Параметри водозбору озера Засвітське та структура його земельних угідь  
(за І.П. Ковальчуком, В.О. Мартинюком, В. Шейрене, 2020) [42]

S*, км <sup>2</sup>	P, км <sup>2</sup>	m	Площа угідь										S <sub>a.l.</sub> / S <sub>not c.l.</sub>
			F <sub>lake</sub>		f <sub>forest</sub>		f <sub>sands</sub>		f <sub>arable lands</sub>		f <sub>road coverage</sub>		
			км <sup>2</sup>	%	км <sup>2</sup>	%	км <sup>2</sup>	%	км <sup>2</sup>	%	км <sup>2</sup>	%	
0,71	3,58	0,68	0,22	30,98	0,4	56,34	0,01	1,41	0,0	0,0	0,08	11,27	0,13

\*– площа водозбору (S), периметр водозбору (P), коефіцієнт берегової нерівності (m), площа озер (F<sub>lake</sub>), лісистість (f<sub>forest</sub>), відкриті піски (f<sub>sands</sub>), рілля (f<sub>arable lands</sub>), покриття дорогами (f<sub>road coverage</sub>), співвідношення рілля/не оброблювані землі (S<sub>a.l.</sub> / S<sub>not c.l.</sub>).

Як видно з рис. 2.15-2.16 і табл. 2.3, площа водозбору озера не дуже велика, вона становить 0,71 км<sup>2</sup> і всього в 3,22 рази більша за площу самого озера. Пояснюється це карстовим походженням озера, воно має невеликі розміри, грушовидну форму і значну глибину. А також особливостями геологічної будови та рельєфу місцевості. Зокрема, з сходу та півдня водозбір озера Засвітське обмежується водозбором іншого озера – Нобельського, а з півночі і заходу – р. Прип'ять, яка утворює в цьому місці меандри і розширені стариці (рис. 2.2).

Екологічний стан водозбору досить сприятливий, потенційно небезпечні об'єкти відсутні, з півночі, сходу і півдня озеро оточене сосновим лісом, а з західної і північно-західної сторони знаходяться піщані пляжі (піски, не закріплені рослинністю).

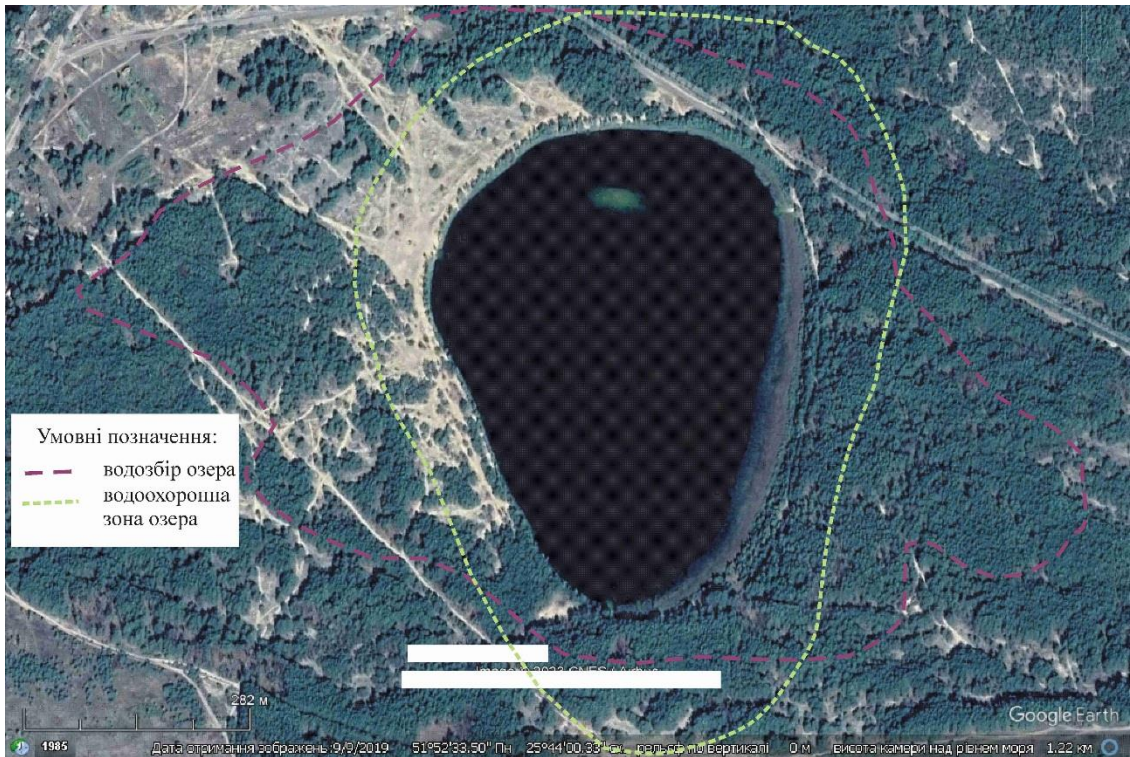


Рис. 2.15. Виділення межі водозбору та водоохоронної зони озера на супутниковому знімку території (використано програму Google Earth Pro)

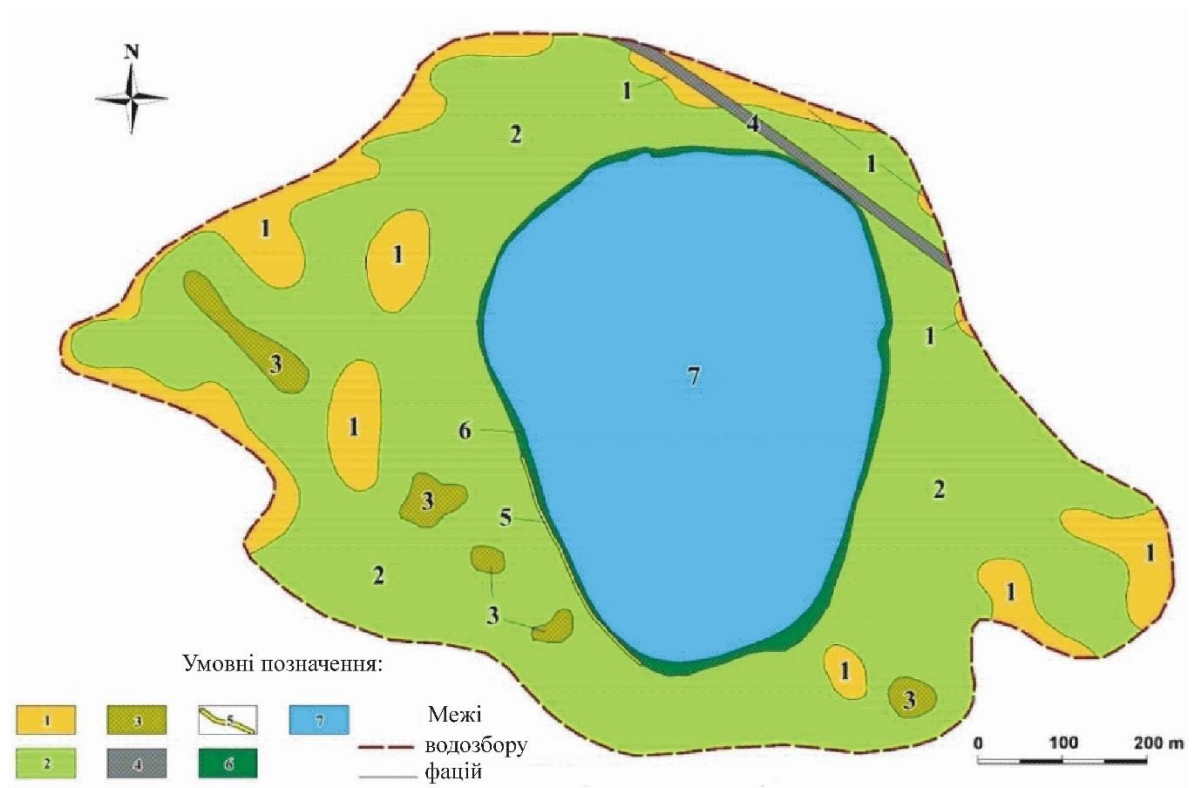


Рис. 2.16. Структура водозбору оз. Засвітське (за І.П. Ковальчуком, В.О. Мартинюком, В. Шейрене, 2020) [42]

Умовні позначення до рис. 2.16:

1. Піщані пагорби і дюни з пологими схилами, вкриті сосновими лісами на дерново-підзолистих щербенисто-піщаних і супіщаних ґрунтах. 2. Вирівняні та неvirівняні ділянки, вкриті чорницево-трав'яними та лишайниково-моховими сосновими лісами на дерново-прихованопідзолистих та дерново-підзолистих еродованих піщаних і супіщаних ґрунтах. 3. Локальні пагорби з пологими схилами, вкриті лишайниково-чагарниковими дубово-березово-сосновими лісами на дерново-підзолистих еродованих щербенисто-піщаних та супіщаних ґрунтах. 4. Автомобільна дорога з твердим покриттям та невисокими штучними насипами з трав'янистими схилами, вкритими злаково-різнотравною рослинністю. 5. Приозерна піщана коса, вкрита сосново-березово-вільховим дрібноліссям. 6. Приозерні вузькі улоговини, вкриті мезофітно-злаково-різнотравною та рогозово-осоково-моховим рослинністю і сосново-березово-вербовим дрібноліссям. 7. Озерна котловина грушовидної форми, вкрита в літоральній зоні осоково-очеретяними угрупованнями, а в субліторальних і глибоководних – рідкими плаваючими та донними водоростями на сапропелях.

Водоохоронна зона також дотримується, в межах неї не встановлено видів господарської діяльності, які б порушували вимоги ст. 87 Водного кодексу України (рис. 2.15). Проте на незначній відстані від озера (200-300 м) знаходиться с. Млин. Тому за певних умов до озера може потрапляти поверхневий стік з цієї території, забруднений побутовим сміттям, відходами тваринництва, мінеральним та органічними добривами, отрутохімікатами та пестицидами. Оскільки озеро має карстове походження і гідравлічно пов'язане з потоками підземних вод, забруднення до нього може потрапляти і таким чином.

Заболочені та розорані землі в межах водозбору відсутні. Індекс господарської освоєності території водозбору становить 0,13%, що є дуже сприятливим показником для території національного природного парку [42].



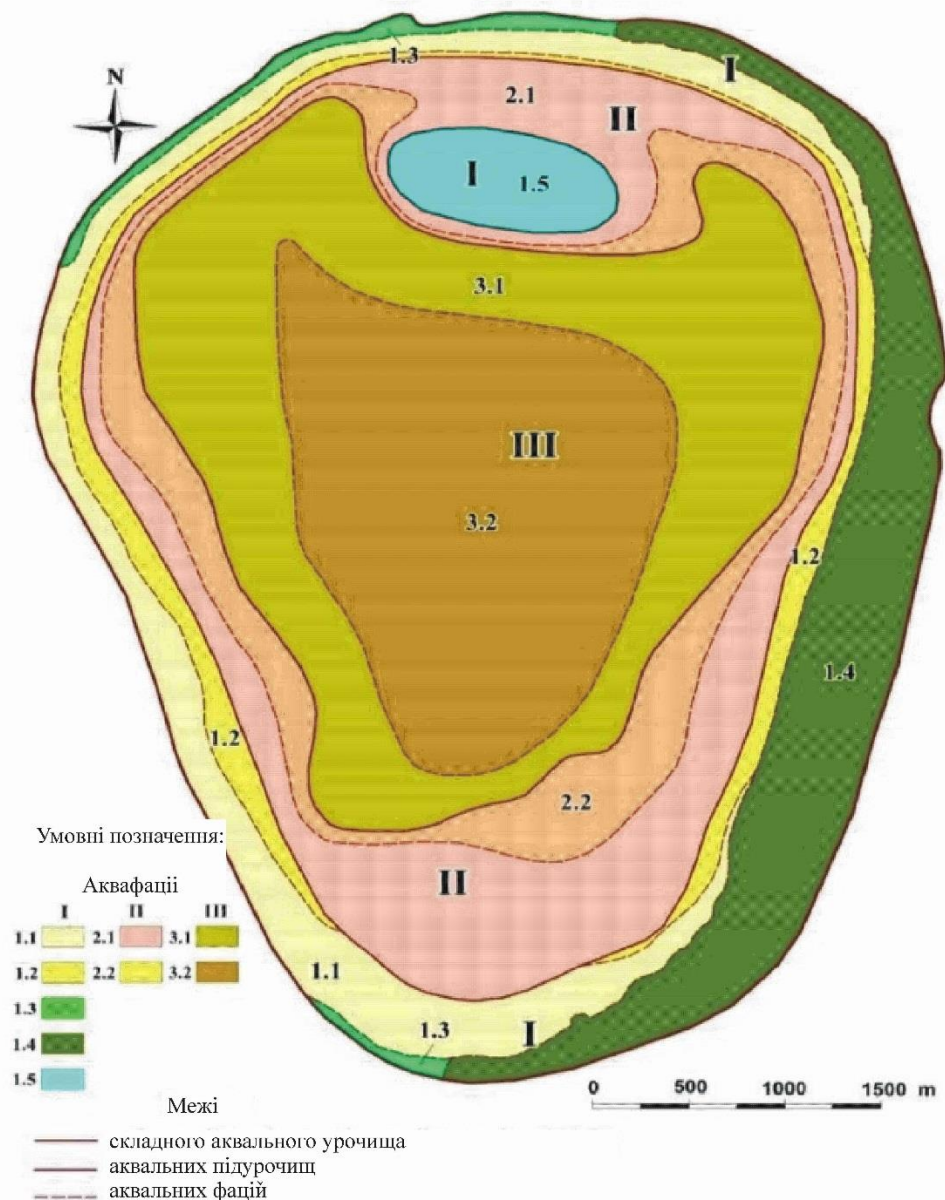


Рис. 2.17. Ландшафтна картосхема природно-аквального комплексу (ПАК) оз.Засвітське (за І.П. Ковальчуком, В.О. Мартинюком, В. Шейрене, 2020) [42]

Найбільшу площу (більше 42%) в структурі ПАК озера займає глибинне підурочище. В його межах виділяються дві аквафації, які відрізняються різноманітністю видового складу і потужністю сапропелів, батиметричними особливостями озерної улоговини і сезонною температурною стратифікацією. В південній частині озера найбільше розмаїття макрофітів та занурених рослинних угруповань зазнає найбільшого впливу біогенних речовин. Літоральне підурочище займає дещо меншу площу (30,80%), характерне

видовим різноманіттям аквафауни та найбільшою кількістю аквафацій. Субліторально-профундаментальне підурочище займає проміжне положення і найменшу площу (близько 26,5%) [42].

Таблиця 2.4.

Ландшафтна структура ПАК оз. Засвітське  
(за І.П. Ковальчуком, В.О. Мартинюком, В. Шейрене, 2020) [42]

Підурочище	Фації
1. Літоральне аква-підурочище на алювіальних піщаних і глинисто-піщаних відкладах з лінзами органо-піщаних сапропелів та різноманітними плаваючими і підводними макрофітами	1.1. Прибережні, абразійно-аккумулятивні піщані, осоково-рогозові, без температурної стратифікації.
	1.2. Літоральні, абразійно-аккумулятивні піщано-глинисті, осоково-очеретяні, без температурної стратифікації
	1.3. Літоральні аккумулятивні глинисто-піщані, осоково-очеретяні та лататтєво-водні без температурної стратифікації.
	1.4. Літоральні, абразійно-аккумулятивні теригенно-піщано-глинисто-пелітові з лінзами озерно-піщаних сапропелів без температурної стратифікації.
	1.5. Літоральна, субаквально-острівно-піднята, перехідно-аккумулятивна піщано-глиниста, очеретяно-рогозово-осокова, без температурної стратифікації.
2.Субліторально-профундаментальне підурочище на органо-силікатних сапропелях, сформованих на алювіальних пісках.	2.1. Субліторальні, перехідно-аккумулятивні, органічно-піщані, сапропелєві, помірно потужні (3,5-5,0 м), рдесниково-харофітні, з сезонною нерівномірністю температури
	2.2. Субліторальні, аккумулятивно-перехідні, діатомово-піщані, сапропелєві, потужні (5,0-6,5 м), з повністю зануреною водною рослинністю, з сезонною нерівномірністю температур.
3. Глибинне підурочище на карбонатно-залізистих сапропелях, сформованих на верхньокрейдових відкладах туронського ярусу.	3.1. Глибокі, перехідно-аккумулятивні, глинисто-вапнякові, сапропелєві, неглибокі (до 2,5 м), з поодинокими плаваючими водоростями та сезонною температурною стратифікацією.
	3.2. Глибокі, аккумулятивні, органічно-залізисті, органо-залізисті, сапропелєві, помірно глибокі (2,5-5,0 м) заглиблення ложа басейну, з дефіцитом специфічної рослинності та яскраво вираженою сезонною температурною стратифікацією.

### 2.3. Морфометричні та гідрологічні особливості оз. Засвітське

Форма оз. Засвітське є типовою для невеликих карстових водойм Волинського Полісся – грушовидна, розширена у північній частині. Схили озерної улоговини круті. Дно водойми переважно піщане, в прибережній зоні північно-східної частини водойми – піщано-мулисте. Береги відносно високі, не заболочені, складені переважно піщаними відкладами. Вища водна

рослинність вузькою смугою (15-25 м) поширена вздовж східного та південного берегів і представлена переважно рогазом, очеретом та комишем. Близько 10% мілководдя заростає рослинністю. Береги вкриті лучним різнотрав'ям та деревною рослинністю, переважно сосною, вільхою, рідше березою. У західній та північно-західній частині озерної тераси на відкритих піщаних ділянках знаходиться пляж.

Основні морфометричні та гідрологічні характеристики озера наведені в табл. 2.5. розподіл глибин – на рис. 2.18. Як видно з таблиці, площа водного дзеркала становить 22 га (0,22 км<sup>2</sup>), довжина – 0,62 км, середня ширина – 0,35 км, максимальна глибина – 16 м, середня глибина – 12,7 м, довжина берегової лінії – 1,74 км, об'єм озера – 5045,6 тис. м<sup>3</sup>. Основним джерелом живлення озера є атмосферні опади та підземні води мергельно-крейдяного горизонту сенон-туронського віку. Модуль середньорічного стоку, становить 4 дм<sup>3</sup>/км<sup>2</sup>. Озеро безстічне. В роботі [42] описано, що під час проведення підводних досліджень водолазами встановлено наявність карстової воронки на дні озера, в якій відбувається розвантаження підземних вод.

Таблиця 2.5

## Морфометричні та гідрологічні характеристики озера Засвітське

F*, км <sup>2</sup>	H <sub>abs</sub> , М	h <sub>max</sub> , М	h <sub>mid</sub> , М	L, КМ	W <sub>max</sub> , КМ	W <sub>mid</sub> , КМ	l, КМ	C <sub>t</sub>	C <sub>len</sub>
0,22	138,6	16	12,7	0,62	0,48	0,35	1,78	0,59	1,77
C <sub>cap</sub>	C <sub>op</sub>	C <sub>dep</sub>	V <sub>lake</sub> , тис.м <sup>3</sup>	A	ΔS, км <sup>2</sup>	W <sub>in</sub> , тис.м <sup>3</sup>	a <sub>wat</sub> , ММ	Δa <sub>wat</sub> , ММ	A <sub>l</sub> , ММ
0,79	0,02	21,17	5045,6	0,31	3,23	89562,24	17,75	0,06	7106,48

\* – площа (F), абсолютна висота рівня води (H<sub>abs</sub>), максимальна (h<sub>max</sub>) та середня глибини (h<sub>mid</sub>), довжина (L), максимальна ширина (W<sub>max</sub>), довжина берегової лінії (l), коефіцієнти: нерівності берегової лінії (C<sub>t</sub>), видовження озера (C<sub>len</sub>), ємності (C<sub>cap</sub>), відкритості (C<sub>op</sub>), глибини (C<sub>dep</sub>), об'єму озера (V<sub>lake</sub>), індексу площі (A), питомої площі водозбору (ΔS), об'єму притоку води з водозбору (W<sub>in</sub>), умовного водообміну (a<sub>wat</sub>), питомого водообміну (Δa<sub>wat</sub>), рівня запасу води на поверхні водозбору (A<sub>l</sub>).



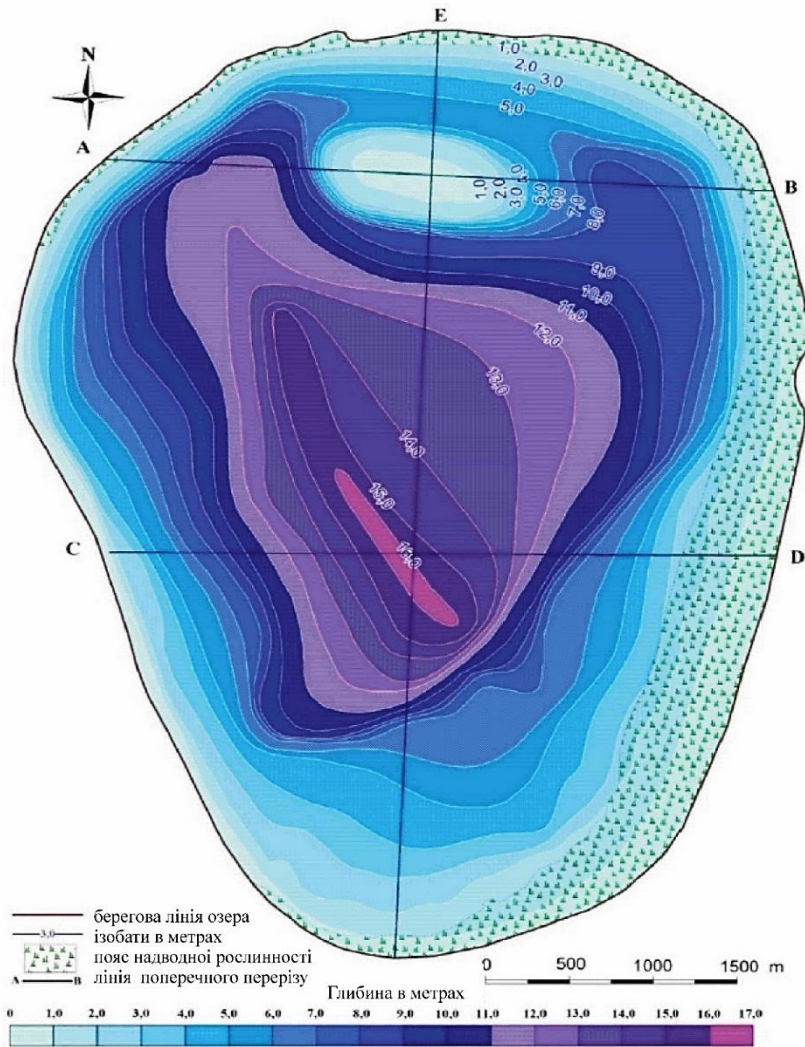
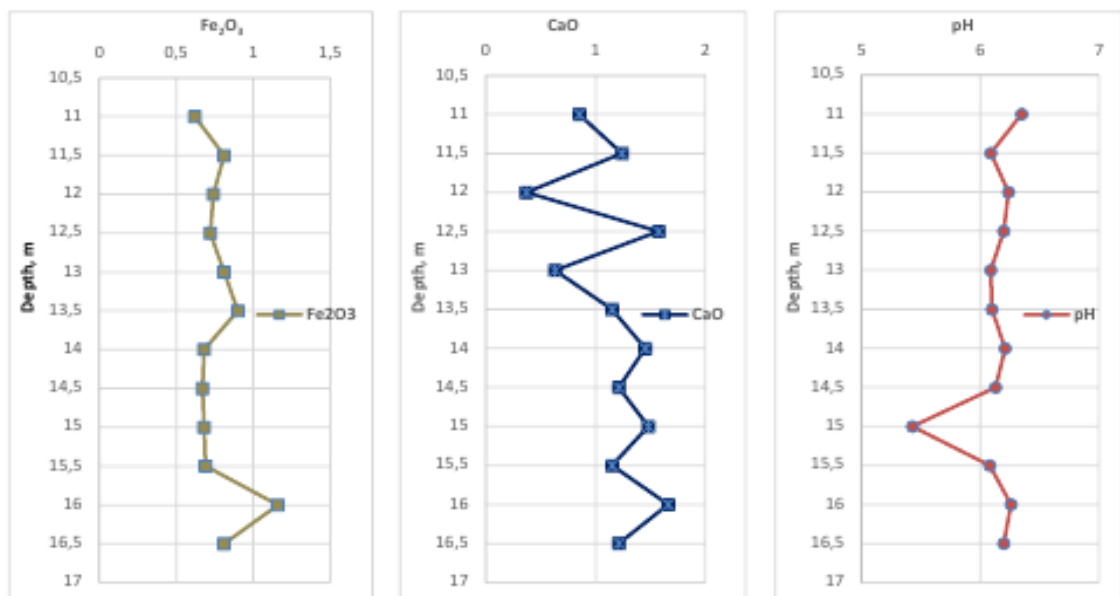


Рис. 2.18. Схема ізобат озера Засвітське (за І.П. Ковальчуком, В.О. Мартинюком, В. Шейрене, 2020) [42]



Розподіл Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (% на суху речовину) у донних відкладах

Розподіл CaO (% на суху речовину) у донних відкладах

pH донних відкладах

Рис. 2.19. Геохімічні особливості донних відкладів озера Засвітське [10] (за матеріалами Київської геологорозвідувальної експедиції)

Дно озера покрито шаром сапропелю. Максимальна його потужність його досягає, згідно матеріалів Київської геолого-розвідувальної експедиції, в центрі озерної улоговини – 6,5 м, середня – 2,22 м. Запаси сапропелю категорії С<sub>2</sub> при вологості 90% становлять 116,3 м<sup>3</sup>, при 60% – 28,7 тис. т.

Геохімічний аналіз проб сапропелю (рис. 2.19) засвідчив, що вміст оксиду заліза (II) (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) змінюється від 0,62% на суху речовину (в інтервалі глибин 10-11 м) до 1,16% (15-16 м), а оксиду кальцію (CaO) – від 0,37% (11-12 м) до 1,66% (15-16 м). рН сапропелів змінюється від 5,43 (слабокисла реакція) до 6,35 (нейтральна реакція) [10].

## РОЗДІЛ 3.

### ОЦІНКА ГІДРОЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ЛІМНОСИСТЕМИ

#### 3.1. Забруднення води озера

Гідроекологічний стан водойми та якість її води тісно взаємопов'язані. Гідрохімічний склад води (вміст біогенних речовин, органіки, важких металів тощо) є одним з визначальних чинників екологічного стану озера. Забруднення водойми призводить до погіршення умов існування гідробіонтів, зниження біорізноманіття, деградації екосистеми. Ступінь антропогенної евтрофікації та трофічний статус водойми значною мірою залежать від вмісту біогенних речовин у воді. Токсичні речовини, що надходять зі зворотними водами чи стічними водами, можуть спричинити масову загибель гідробіонтів.

Погіршення органолептичних властивостей води (прозорість, колір, запах, присмак тощо) вказує на незадовільний екологічний стан. Тому аналіз гідрохімічних показників є невід'ємною основою будь-якого комплексного лімнологічного дослідження та оцінки гідроекологічного стану озера.

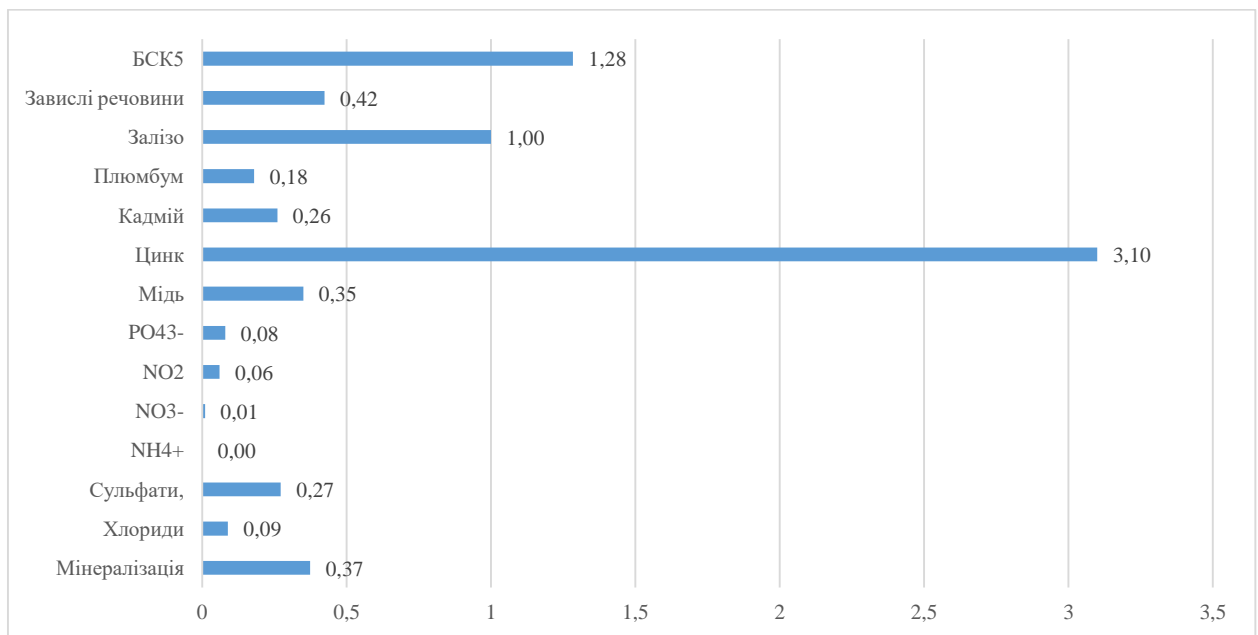


Рис. 3.1. Вміст хімічних речовин у воді оз. Засвітське

(за матеріалами І.П. Ковальчука, В.О. Мартинюка, В. Шейрене, 2020 [42])

Аналізуючи якість води озера Засвітське варто зазначити, що вона досить висока. Нормативи ГДК для водойм рибогосподарського використання перевищуються лише за БСК<sub>5</sub> (на 28%), вмістом цинку (3,1 рази). Це дозволяє стверджувати про високу якість води і хороший гідроекологічний стан.

В цьому контексті цікаво виглядає порівняння якості води досліджуваного озера із іншими озерами. Для порівняння вибрано 2 озера в межах Волинської області – Світязь і Сомин. Дослідження якості їх води проведено в роботі В.О. Фесюка, Л.В., Ільїна, І.А. Мороз, О.В. Ільїної (2020). Це великі озера, які відомі далеко за межами Волині своєю чистою водою. Тому вони активно використовуються в рекреації. Обидва озера карстові (Світязь – тектонічно-карстове), мають в своєму живленні значну частку підземних вод. Розміщуються в подібних фізико-географічних умовах (Волинське Полісся).

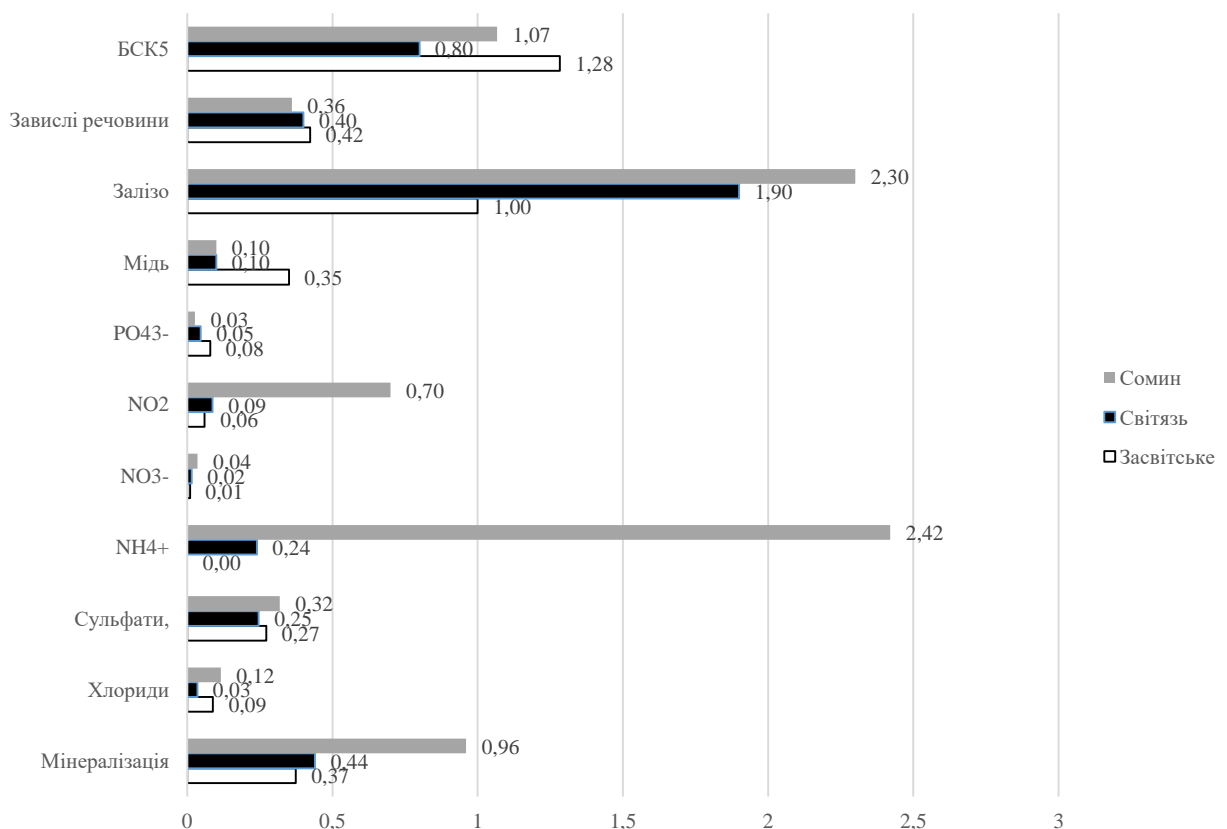


Рис. 3.2. Порівняння якості води оз. Засвітське із озерами Світязь та Сомин за кратністю перевищення вмісту забруднюючих речовин над ГДК у воді озер (за матеріалами В.О. Фесюка, Л.В., Ільїна, І.А. Мороз, О.В. Ільїної, 2020)

Порівняння якості води досліджуваного озера Засвітське із еталонними за якістю води озерами Волинського Полісся Світязь та Сомин (рис. 3.2) показує, що перше з озер далеко не є аутсайдером в цій трійці, як можна було припустити на початку. Навпаки, за більшістю показників вмісту хімічних речовин у озерній воді Засвітське виглядає досить конкурентно. Наприклад, серед усіх озер у ньому найменший вміст заліза, нітритів, нітратів, солей амонію, а також найнижча мінералізація. За вмістом сульфатів і хлоридів Засвітське займає проміжне положення. Але в той же ж час у досліджуваному озері найвище БСК<sub>5</sub>. За цим показником озеро поступається Світязю, проте порівнянне із Сомином, де теж перевищено ГДК на 7%. Аналогічно вищим, але порівнюваним є вміст у воді озера завислих речовин. Єдиний показник, за яким хоч і не перевищено ГДК, але фіксується перевищення концентрацій в порівнянні із іншими озерами – вміст міді (0,35 ГДК).

Отже, якість води оз. Засвітське є дуже високою і цілком прийнятною для водойми Нобельського національного природного парку. Оскільки досліджуване озеро не знаходиться у заповідній зоні парку, то тут можливе здійснення організованої рекреації.

### **3.2. Оцінка евтрофікованості водойми**

Евтрофікація водойм – процес підвищення біологічної продуктивності та тропності водойм внаслідок надходження біогенних речовин, насамперед сполук азоту та фосфору. Найпоширеніші ознаки евтрофікації водойми [2]:

- "цвітіння" води влітку через інтенсивний розвиток водоростей;
- інтенсифікація розвитку вищої водної рослинності;
- стрибкоподібний приріст продукування органічної речовини;
- зменшення вмісту розчиненого кисню у донних відкладах, глибших шарах водойми та загибель бентосних організмів;
- порушення газового режиму в зимовий період під льодовим покривом, що приводить до зимових «заморів» риби;

- погіршення органолептичних властивостей води.

Евтрофікація може бути спричинена природними або антропогенними чинниками. Найчастіше основною причиною евтрофікації є надмірне надходження біогенних речовин із стічними водами урбанізованих територій чи стоками з сільгоспугідь. Глобальні зміни клімату також можуть посилити негативні наслідки евтрофікації водойм, оскільки [28]:

- підвищення температури води прискорює процеси евтрофікації та "цвітіння" водойм, водорості швидше розмножуються за вищих температур;
- збільшення частоти та інтенсивності повеней і паводків може посилити змив біогенних речовин з водозборів у водойми;
- зміни режиму опадів впливають на обсяги поверхневого стоку, а отже на надходження біогенних сполук у озера і річки;
- посушливі умови при змінах клімату спричинюють обміління водойм і знижують можливості розбавлення забруднюючих речовин у водоймах.

Для оцінки ступеня евтрофікованості водойм використовують такі основні показники [31]:

1. Вміст фосфору та азоту у воді. Підвищені рівні цих біогенних речовин свідчать про евтрофікацію і є її причиною.

2. Прозорість води, концентрація хлорофілу та біомаса фітопланктону. Ці показники характеризують інтенсивність "цвітіння" води.

3. Концентрація розчиненого кисню у донних відкладах. Зниження вмісту кисню свідчить про органічне забруднення та евтрофікацію.

4. Індекс трофності Карлсона, індекс Марасєєва та інші оцінюють ступінь трофності водойми та її екологічний стан.

5. Сапробіологічні методи (визначення індексу сапробності) також можна використовувати для аналізу евтрофікованості.

В наш час для оцінки евтрофікації водойм широко застосовуються методи дистанційного зондування Землі [32, 33]. Оцінка динаміки "цвітіння" водойм за даними ДЗЗ включає наступні етапи:

1. Відбір багатоспектральних супутникових знімків досліджуваної водойми за вегетаційний період з високим просторовим (10-30 м) і часовим (щотижневим) розрізненням. Найчастіше застосовують знімки супутників Sentinel-2 чи Landsat-8 (останній має тепловий канал).
2. Розрахунок вегетаційних індексів. Їх існує багато. Найчастіше використовуються: NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормалізований відносний індекс рослинності, EVI (Enhanced Vegetation Index) – покращений індекс рослинності, CI (Chlorophyll Index) – індекс вмісту хлорофілу, розраховуються на основі відбиття в червоній та інфрачервоній зонах спектра, AI (Algo Index) – індекс розвитку водоростей, розраховується на основі відбиття в синьо-зеленій та червоній зонах спектру і дозволяє кількісно оцінити біомасу фітопланктону у воді.
3. Візуалізація даних, побудова графіків динаміки значень індексів по акваторії водойми за період спостереження. Виділення максимальних значень ("піків"), часова локалізація інтенсивності "цвітіння".
4. Картування найбільш евтрофікованих ділянок водойми на основі просторово-часового аналізу. Виявлення джерел надходження біогенів.
5. Порівняння з евтрофікованістю інших водойм, зокрема, сусідніх, еталонних водойм і водойм-аналогів.

В нашій кваліфікаційній роботі для оцінки евтрофікованості досліджуваного озера використаний метод ДЗЗ, індекси NDVI та NDAI. Завдяки своїй зрозумілості та простоті розрахунку NDVI (Нормалізований диференційний вегетаційний індекс) найчастіше серед інших індексів використовується для кількісної оцінки інтенсивності вегетації [45]. Тому існує багато онлайн-сервісів, які пропонують можливості для розрахунку цього індексу. Ми скористались веб-додатком EO Browser, який розроблений Європейською космічною агенцією (ESA). В даному додатку програмно втілений алгоритм розрахунку індексу уже в інтерфейсі. Є можливість перегляду серії синтетичних зображень за певні дати.

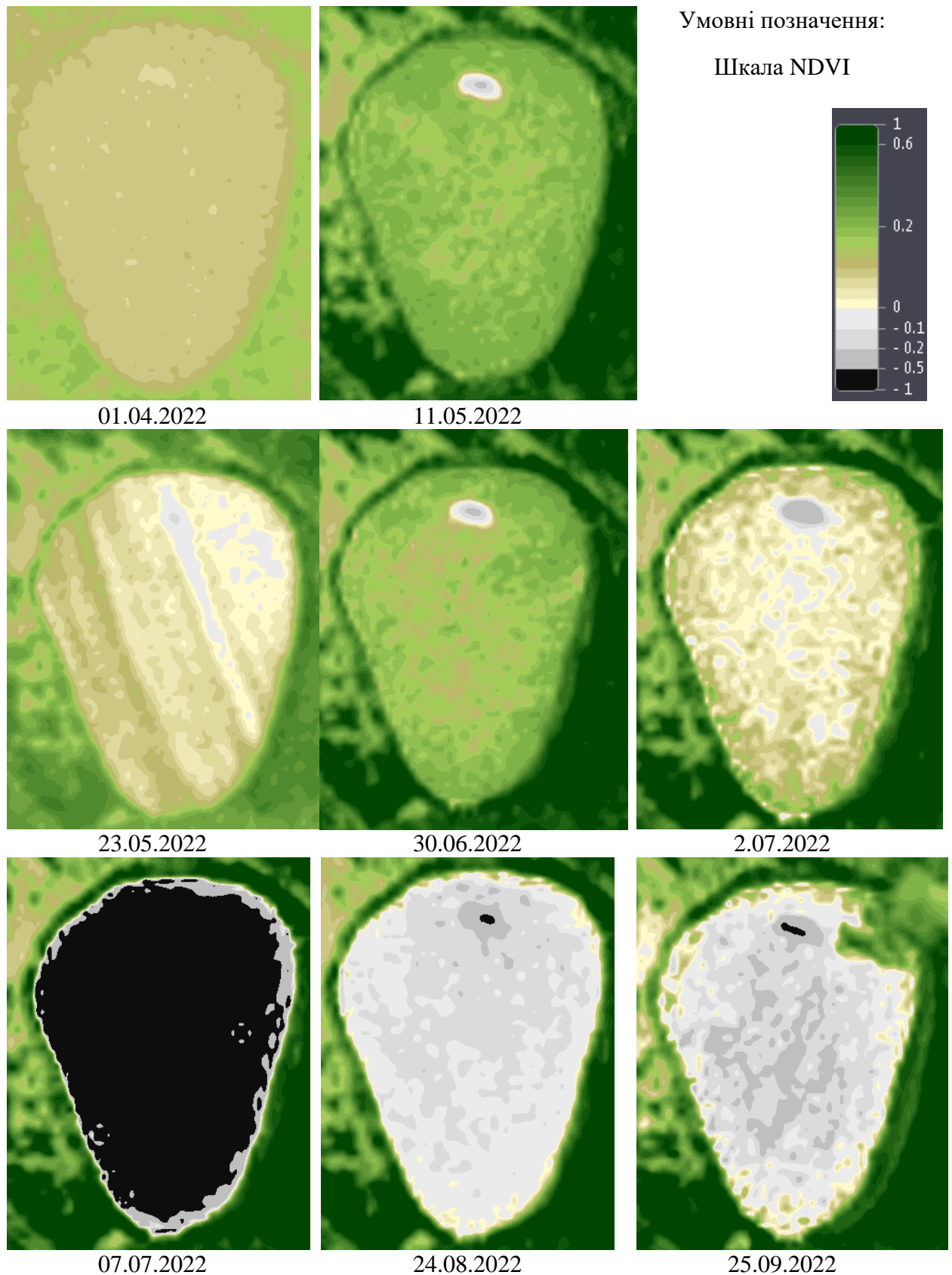
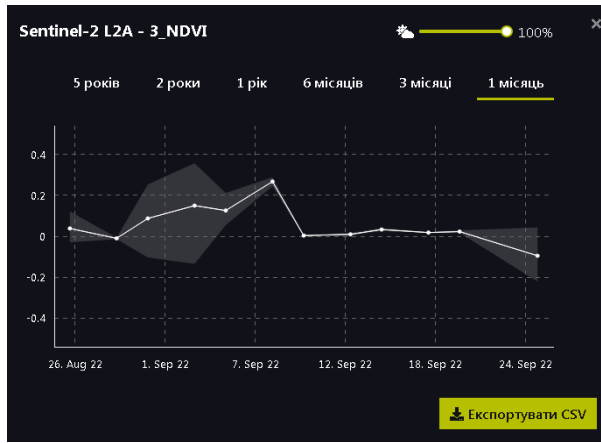
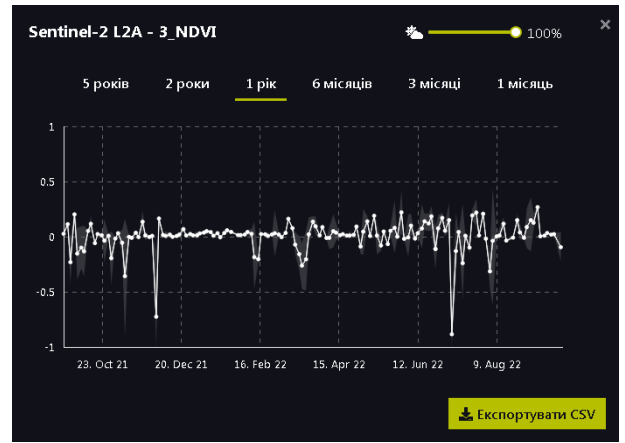


Рис. 3.3. Зміна NDVI водної поверхні озера Засвітське протягом теплого періоду 2022 р. за даними ресурсу [sentinel-hub.com](https://sentinel-hub.com) (під знімками – дати)



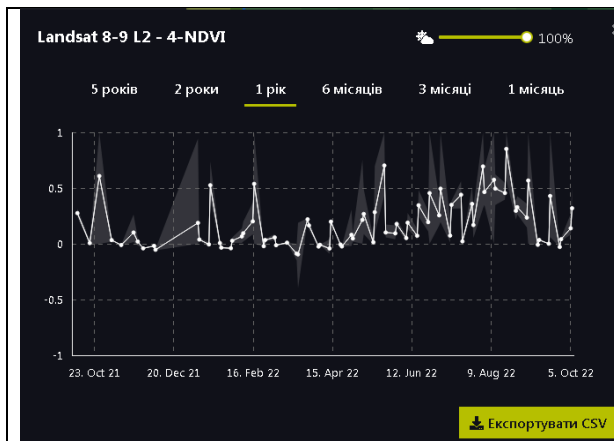


1 місяць

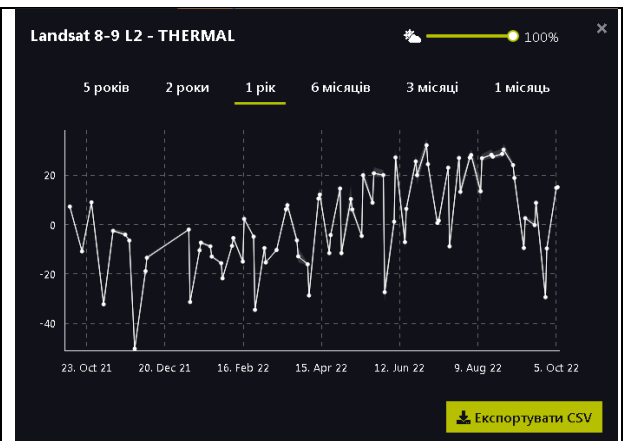


1 рік

Рис. 3.4. Динаміки індексу NDVI поверхні води оз. Засвітське за 1 місяць (зліва) та 1 рік (справа), розрахована за даними супутникової місії Sentinel-2

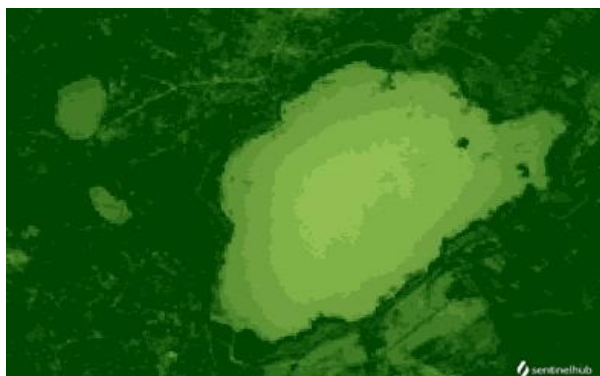


Індекс NDVI

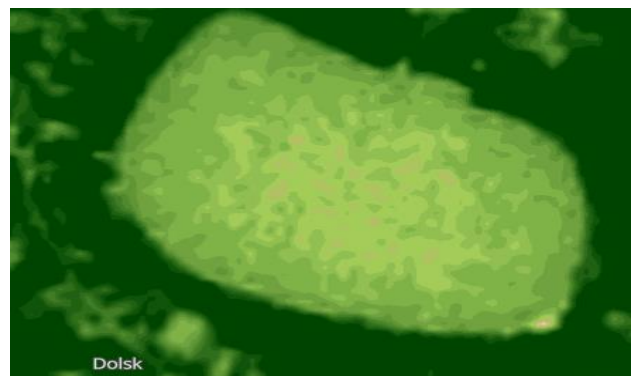


Канал Thermal

Рис. 3.5. Порівняння динаміки індексу NDVI та температури поверхні води Турського озера за 1 рік, розрахована за даними супутникової місії Landsat-8



Оз. Турське, 21.08.2020 р.



Дольське озеро, 24.08.2022 р.

Рис. 3.6. Індекс NDVI водної поверхні окремих озер Волинського Полісся розрахований за даними супутникової місії Sentinel-2 [34]

Фізична суть NDVI ґрунтується на здатності рослини відбивати хвилі світла певної довжини. Значення індексу змінюється в інтервалі (-1; 1). Від'ємні значення NDVI характерні для водної поверхні, причому чим значення ближче до -1, тим вода чистіша, тобто містить менше водоростей та інших водних рослин. Чим вищі значення NDVI, тим інтенсивніше відбувається евтрофікація водойми [45].

Аналізуючи динаміку індексу NDVI протягом теплого періоду 2022 р. варто відмітити, що вже на початку квітня (1.04.2022 р.) індекс набуває невеликих додатніх значень в інтервалі 0-0,1, що свідчить про початок вегетаційних процесів у водному середовищі. Вже до середини травня значення індексу підвищуються до 0,1-0,2, в східній частині озера, де знаходиться появ гігрофітів – до 0,3, в північній частині озера чітко промальовується обмілина із невеликими від'ємними значеннями індексу. Вона буде помітна на знімках протягом всього теплого періоду. До кінця травня значення індексу більшої частини поверхні озера знову знижуються до 0. До кінця червня значення індексу зростають до 0,1 і знов спадають до 0 до початку липня. В першій декаді цього місяця вода очищується від водоростей, індекс набуває від'ємних значень, навіть до -1, що відповідає чистій воді. Протягом серпня-вересня переважають від'ємні значення індексу в інтервалі (-0,1; -0,5). Тобто досліджуване озеро протягом теплого періоду характерно дуже низькими значеннями NDVI. Фактично ці значення не піднімались вище 0,2 (рис. 3.4). З цього ж рисунка видно, що навіть за період кінець серпня – початок вересня, в який відбувається максимальна евтрофікація поліських озер, для досліджуваного озера на жодному з знімків NDVI не піднімався вище 0,25, а протягом другої декади серпня взагалі дорівнював 0.

В літній період для окремих озер Полісся NDVI може досягати 0,6-0,7 [34]. Наприклад, на рис. 3.6 наведено результати розрахунку NDVI водної поверхні озер Турського і Дольського. Характерні ж значення NDVI для оз. Засвітського (рис. 3.3) свідчать про відносно низьку евтрофікацію (<0,2), що відповідає дуже чистій воді порівняно з іншими озерами.

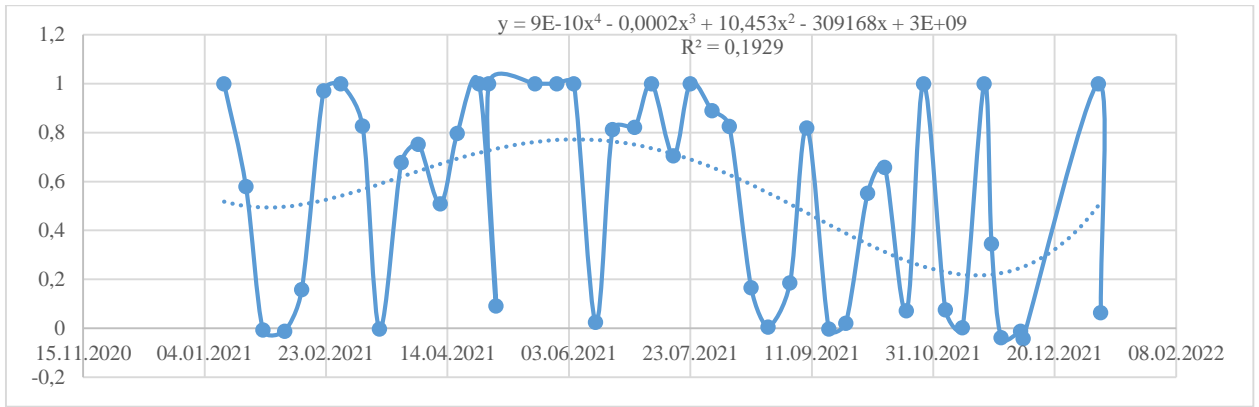


Рис. 3.7. Внутрішньорічна динаміка індексу NDVI за 2021 р. для досліджуваної території за даними ресурсу sentinel-hub.com

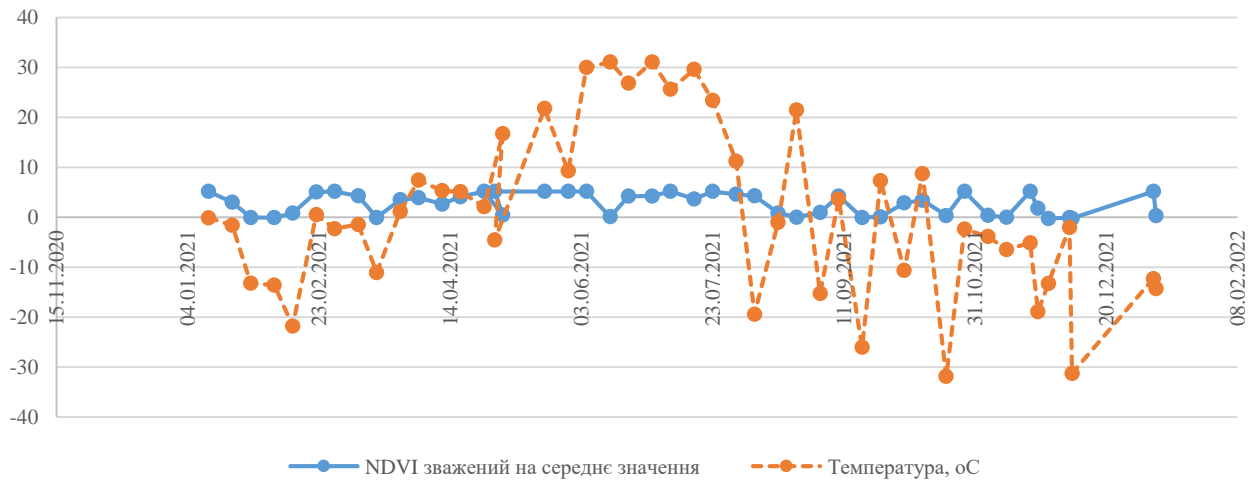


Рис. 3.8. Порівняння динаміки зважених значень NDVI і температури поверхні води оз. Засвітського за 2021-22 р.р. за даними sentinel-hub.com

При аналізі внутрішньорічної динаміки індексу NDVI (рис. 3.4, 3.5, 3.7), наприклад, за 2022 р., чіткої сезонності не виявлено. Цим озеро Засвітське відрізняється від багатьох інших озер Волинського Полісся, де така сезонна динаміка дуже чітка. Вона пояснюється залежністю між евтрофікацією і температурою поверхні води. Чим температура вища, тим вищий індекс NDVI.

Проте для досліджуваного озера така тенденція не характерна. Чіткий зв'язок між вищезгаданими параметрами відсутній. Тому нами порівняні не абсолютні значення NDVI, а їх зважені значення. Для цього абсолютні значення поділено на середнє арифметичне. Це дозволило привести два часові

ряди (температура та NDVI) до співставного вигляду. Розрахований коефіцієнт кореляції становить 0,41. Для прикладу, за даними В.О. Фесюка, С.В. Полянського та Т.В. Копитюк (2022) для оз. Турського коефіцієнт кореляції між NDVI та температурою поверхні води становить 0,88 [34]. Це дуже високе значення. Воно пояснюється особливостями озер. А саме: оз. Турське дуже значне за розмірами (площа – 1285 га), проте мілке (середня глибина 2 м, найбільша – 9,5 м) і добре прогрівається, є частиною меліоративної системи, оточене с/г угіддями, з яких виносяться в озеро біогенні компоненти (сполуки азоту, фосфору). Натомість Засвітське – невелике, проте глибоке карстове озеро із потужним підживленням підземними водами. Тому зв'язок між евтрофікацією і температурою поверхні води слабший.

Окрім NDVI використовується багато різноманітних індексів для оцінки ступеня евтрофікованості водойм. Наприклад, в статті О.Д. Федоровського, А.В. Хижняка, О.В. Томченко (2021) з цією метою застосовується інший іднекс – NDAI (Normalized Difference Algae Index) – нормалізований різницевий індекс водоростей. Він спрямований на діагностику процесу заростання водойми водоростями, визначення стадії цього процесу. NDAI розраховується за формулою [32]:

$$NDAI = \frac{I_G + 2I_{NIR} - I_B - I_R}{I_G + 2I_{NIR} + I_B + I_R} + 0.5, \quad (3.1)$$

де  $I_B$ ,  $I_G$ ,  $I_R$ ,  $I_{NIR}$  – інтенсивність спектрального відбиття в синьому, зеленому, червоному (видимому) та ближньому інфрачервоному каналах.

Для аналізу відібрано зображення з супутника Sentinel-2 (з атмосферною корекцією L2A) за теплий період 2022 р. Щільність вищої водної рослинності або водоростей визначає значення індексу NDAI, який візуалізується через застосування різних кольорів (рис. 3.9). Голубий колір позначає чисту воду, бірюзовий – акваторію з відносно невисокою щільністю водних рослин чи водоростей; зелений колір – середню щільність, жовтий та оранжевий –

акваторію із найвищою щільністю. Сама ж вода водойми, залежно від ступеня каламутності, забарвлюється в коричневий, червоний або фіолетовий кольори, пропорційно величині каламутності [46].

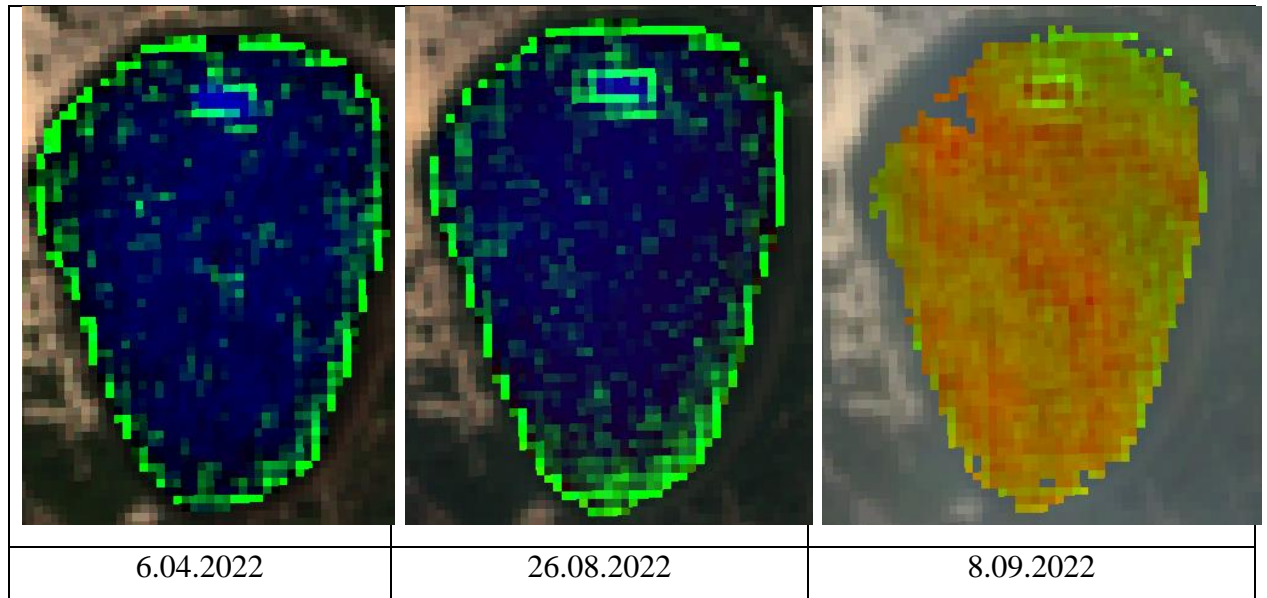


Рис. 3.9. Зміна індексу NDAI протягом теплого періоду 2022 р. для оз. Засвітське за даними ресурсу [sentinel-hub.com](https://sentinel-hub.com) (дати під фрагментами)

З класифікованих спектральних супутникових знімків озера (рис. 3.9) видно, що за цим індексом сезонність вегетаційних процесів в озері прослідковується ліпше. Так, зокрема, видно, що на початку теплого періоду (квітень) розвиток вегетаційних процесів йде від поясу напівзатоплених гідрофітів вздовж берегів водойми, а також охоплює острівне підняття на півночі озера. Протягом літа інтенсивність вегетаційних процесів зростає, досягаючи максимуму в вересні. На знімку за той період переважають жовто-оранжеві відтінки. Згодом рослинність відмирає і процес повторюється в новому вегетаційному сезоні.

## РОЗДІЛ 4.

### ЗАХОДИ РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ТА ОХОРОНИ ОЗЕРА

З огляду на невеликі розміри, глибину, карстове походження озера та розташування у межах Нобельського національного природного парку на Волинському Поліссі, доцільними для реалізації є наступні заходи раціонального використання та охорони водойми (рис. 4.1).

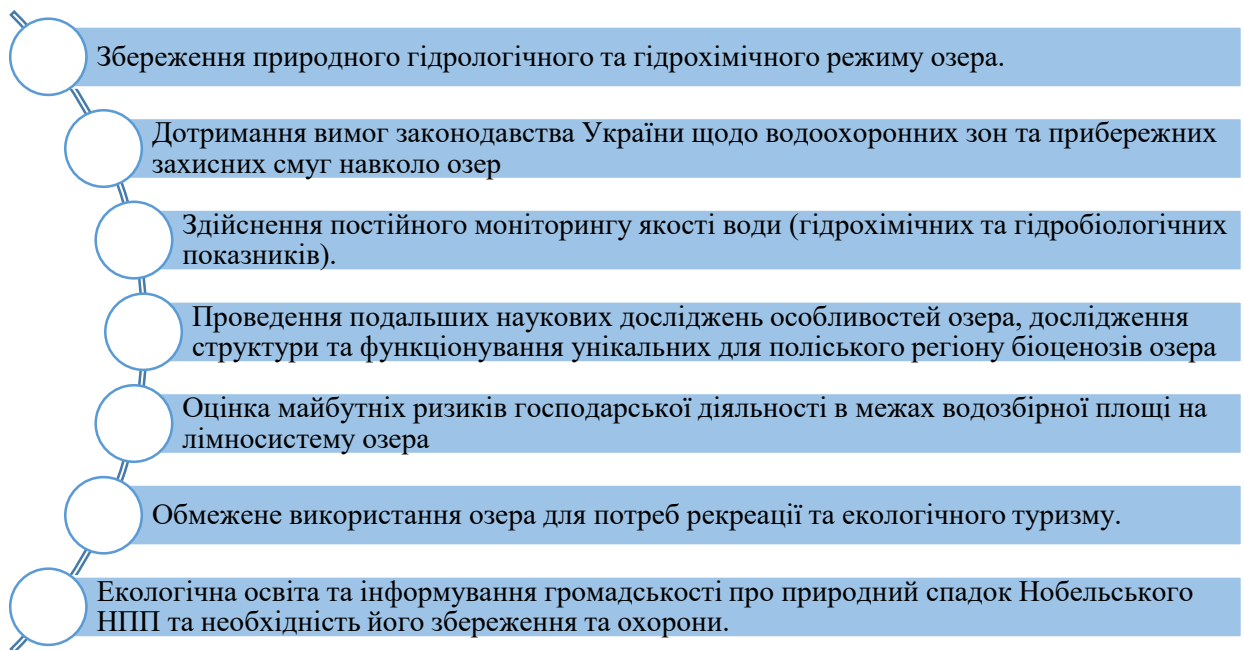


Рис. 4.1. Заходи раціонального використання та охорони оз. Засвітське

Розглянемо детальніше запропоновані заходи. Розпочнемо із збереження природного гідрологічного режиму озера. Для цього слід передбачити:

- недопущення будівництва гідротехнічних споруд та інших об'єктів, що можуть порушити водний баланс, коливання рівнів води, підземне живлення;
- запобігання заболочуванню та обмілінню озера за рахунок регулювання стоку меліоративними каналами на водозборі;

- забезпечення природного гідравлічного зв'язку озера з підземними водоносними горизонтами.

Збереження природного гідрохімічного режиму включає [4]:

- попередження надходження біогенних речовин, органічних та токсичних забруднювачів з поверхневим та підземним стоком;
- недопущення скиду неочищених стічних вод у водойму та на прилеглу територію водозбору.

Дотримання вимог законодавства України щодо водоохоронних зон та прибережних захисних смуг навколо озер, найбільшою мірою, регламентують декілька статей Водного кодексу України (ВКУ): ст. 87-89, 94.

Зокрема, ст. 87 ВКУ [3] визначає, що для забезпечення сприятливого режиму водних об'єктів, попередження їх забруднення, засмічення і вичерпання, зменшення коливань стоку навколо озер та інших водойм встановлюються водоохоронні зони, які є природоохоронними територіями із регульованою господарської діяльністю. В межах цих зон забороняється [3]:

- використання сильнодіючих та стійких у довкіллі пестицидів;
- створення кладовищ, скотомогильників, звалищ ТПВ, полів фільтрації;
- скид неочищених стічних вод у від'ємні форми рельєфу місцевості (балки, яри, кар'єри), у струмки та річки.

Місцеві органи виконавчої влади зобов'язані доводити до відома населення, всіх заінтересованих організацій рішення щодо меж водоохоронних зон і прибережних захисних смуг, а також водоохоронного режиму, який діє на цих територіях.

В ст 88. ВКУ задекларовано, що з метою охорони поверхневих водних об'єктів від забруднення і засмічення та збереження їх водності навколо озер та інших водойм в межах водоохоронних зон виділяються земельні ділянки під прибережні захисні смуги. Такі смуги встановлюються шириною 100 м для великих річок, водосховищ на них та озер [3].

Ст. 89 ВКУ визначає обмеження господарської діяльності в прибережних захисних смугах уздовж річок та навколо водойм. Зокрема,

забороняється [3]:

- розорювання земель;
- зберігання та застосування отрутохімікатів і добрив;
- організація літніх таборів для утримання худоби;
- будівництво будь-яких споруд (крім гідротехнічних, навігаційних, гідрометричних, інженерно-технічних і фортифікаційних);
- миття, ремонт, обслуговування транспорту та іншої техніки;
- влаштування сміттєзвалищ, гноєсховищ, накопичувачів рідких і твердих відходів виробництва, кладовищ, скотомогильників, полів фільтрації тощо;
- випалювання сухої рослинності.

Ст. 94 ВКУ визначає особливості охорони та користування водними об'єктами, віднесеними до природно-заповідного фонду України. Так, водні об'єкти, віднесені у встановленому законодавством порядку до територій та об'єктів ПЗФ, охороняються та використовуються відповідно вимог ЗУ "Про природно-заповідний фонд України". На таких водних об'єктах забороняється здійснення будь-якої діяльності, що суперечить їх цільовому призначенню [3].

Третім важливим заходом раціонального використання та охорони озера є здійснення постійного моніторингу якості води (гідрохімічних та гідробіологічних показників). Такий моніторинг якості води (гідрохімічних та гідробіологічних показників) повинен включати [26]:

1. Регулярний відбір проб води з різних ділянок озера та на різних глибинах впродовж року для лабораторного аналізу, зокрема на вміст біогенних речовин, органічних сполук, важких металів, нафтопродуктів.

2. Вимірювання основних фізико-хімічних параметрів води (температури, рН, Eh, прозорості, кисню) безпосередньо в польових умовах.

3. Дослідження видового складу, кількісних та якісних характеристик фіто-, зоопланктону та зообентосу для оцінки біорізноманіття та екологічного стану озера.

4. Порівняння отриманих даних з фоновими та нормативними



значеннями, встановлення трендів та оцінка стабільності екосистеми водойми.

Проведення регулярного моніторингу дасть можливість оперативно фіксувати негативні зміни якості води та запобігти погіршенню екологічного стану унікального озера Нобельського національного природного парку.

Подальші наукові дослідження озера та його біоти мають передбачати:

- вивчення морфометричних, гідрологічних та гідрогеологічних особливостей озера на основі картометричного, ехолотного, гідрометричного та інших методів;
- дослідження генезису озера, його історичного розвитку, палеолімнологічні реконструкції на основі аналізу донних відкладів;
- вивчення видового різноманіття та екологічних особливостей фіто-, зоопланктонних, зообентосних та інших гідробіологічних угруповань озера;
- дослідження трофічних зв'язків та продукційно-деструкційних процесів в екосистемі озера з використанням сучасних лімнологічних методів;
- встановлення ролі унікальних для Поліського регіону видів гідробіонтів у функціонуванні водойми;
- вивчення можливих ризиків потенційного впливу господарської діяльності на лімносистему озера у майбутньому.

Дуже важливою для прогнозування гідроекологічного стану озера та ефективності запропонованих природоохоронних заходів є оцінка майбутніх ризиків господарської діяльності в межах водозбірній площі озера на лімносистему. Для цього застосовуються наступні методи:

1. Аналіз і прогноз землекористування з використанням ГІС-технологій для виявлення тенденцій переведення природних земель у сільськогосподарські, урбанізації, розвитку інфраструктури тощо.

2. Оцінка ризиків потенційного хімічного і мікробіологічного забруднення водойми з урахуванням виявлених тенденцій зміни використання угідь водозбору.

3. Математичне моделювання гідрологічного режиму поверхневого та підземного стоку до озера з врахуванням можливих антропогенних втручань у межах водозбору (осушувальна меліорація, каналізація річок, вирубування лісів, урбанізація тощо).

4. Аналіз трендів історичних та ретроспективних даних, зібраних в результаті гідроекологічного моніторингу озера.

Інтеграція цих методів та отриманих даних дозволить прогнозувати найбільш імовірні шляхи антропогенного впливу та своєчасно розробляти заходи для запобігання його негативним наслідкам.

Обмеження використання озера в рекреаційних цілях може бути реалізоване наступним чином [4]:

1. Заборона купання в окремих зонах озера, плавання на моторних плавзасобах в акваторії озера згідно правил перебування на території національного природного парку. Це запобігатиме зрушенню донних відкладів, забрудненню водойми нафтопродуктами, порушенню гідрохімічного режиму, турбуванню птахів та інших тварин.

2. Облаштування обмеженої кількості (1-2) спеціально обладнаних майданчиків для споглядання та фотографування озера (в т.ч. б'ордвотчінгу) на узбережжі з чітким дотриманням правил перебування на території національного природного парку і розміщенням інформаційних стендів.

3. Проведення екскурсій для обмеженої та регульованої кількості рекреантів (5-10 осіб) для огляду озера та ознайомлення з його гідрологічними та екологічними особливостями.

Для нормування рекреаційного навантаження на озеро потрібно розрахувати його екологічну ємність по відношенню до рекреантів, тобто максимальну кількість людей, яку може прийняти дана територія без шкоди для природних комплексів. При цьому враховуються чинники стійкості ландшафтів, площа рекреаційно придатних ділянок, їх пропускна здатність, динаміка надходження в озеро забруднюючих речовин тощо.

Тому під час організації відпочинку на озері потрібно враховувати допустимі рекреаційні навантаження та екологічну ємність озера. В роботі S. Hans (1973) наводяться дані, що під час купання протягом рекреаційного сезону в озеро потрапляє 6,5 г сполук Р і 70 г сполук N в розрахунку на одного рекреанта. Для забезпечення біологічної деструкції цих поллютантів за рахунок самоочищення потрібно щоб на одного відпочиваючого припадало не менше 200 м<sup>2</sup> площі водойми.

Екологічно допустима кількість рекреантів для оз. Засвітське для умов зони стаціонарної рекреації розрахована за формулою [22] і представлена в табл. 4.1:

$$W_o = \frac{F_{0o}}{K_n} \cdot K_e \quad (4.1)$$

де  $W_o$  – екологічно допустима рекреаційна ємність озера,  $F_o$  – площа водойми,  $K_n$  – нормативний коефіцієнт навантаження на лімноекосистему,  $K_e$  – понижуючий коефіцієнт, який враховує морфометричні та гідроекологічні особливості озера (для невеликих карстових озера понижуючий коефіцієнт приймають за 0,2).

Таблиця 4.1.

Розрахунок екологічно допустимого рекреаційного навантаження на озеро зони стаціонарної рекреації Нобельського НПП

Назва озера	Площа озера, га	Нормативна площа водного дзеркала, га на 1 особу/день	Нормативна ємність відпочиваючих на воді на 1 особу/день	Понижуючий коефіцієнт	Розрахункова щоденна ємність відпочиваючих на озері на 1 особу/день
Засвітське	22	0,02	1100	0,2	220

Висока якість води оз. Засвітське, соснові ліси, які оточують водойму, піщані пляжі є привабливими для водної рекреації. При цьому варто обмежити

кількість відпочиваючих на озері до 220 осіб/день з метою уникнення перевищення екологічно допустимого рекреаційного навантаження на озеро.

Такий режим дозволить уникнути надмірного рекреаційного навантаження на вразливу екосистему карстової водойми та порушення її екологічного балансу.

Наступним важливим заходом є широке залучення громадськості для формування екологічної свідомості і усвідомлення необхідності збереження та охорони природи. Для цього слід реалізовувати різноманітні заходи, зокрема:

1. Лекції та семінари про унікальність природи та біорізноманіття Нобельського НПП, а також про загрози, які йому загрожують.

2. Екскурсії та походи для широкого загалу по території парку з кваліфікованими екскурсоводами, щоб громадськість могла особисто побачити та зрозуміти значення цього природного комплексу.

3. Інтерактивні виставки та веб-сайти, присвячені історії та біологічному різноманіттю Нобельського НПП.

4. Волонтерські проекти: висаджування дерев, прибирання територій, ліквідація стихійних сміттєзвалищ.

5. Створення коротких освітніх відеороликів про особливості природи парку та проблеми, з якими стикається парк, публікацій їх у соціальних мережах.

6. Проведення різноманітних фестивалів, конкурсів малюнків чи фотографій, спрямовані на підвищення інтересу та розуміння проблем Нобельського НПП.

7. Розширення співпраці з місцевими школами та університетами для проведення уроків та проектів, спрямованих на вивчення та охорону парку.

8. Розробка і поширення інформаційних брошур та інших поліграфічних матеріалів про природний спадок території та важливість його збереження.

Ці заходи сприятимуть підвищенню екологічної свідомості та громадської активності щодо охорони та збереження природи Нобельського НПП.

## ВИСНОВКИ

1. Науково-обґрунтований аналіз і прогноз стану озера як гідрологічної системи, раціональне використання та охорона його ресурсів можливе лише за умови попереднього комплексного та детального вивчення. І найважливіша роль у такому дослідженні відводиться вивченню зв'язків між структурними компонентами лімносистеми та процесів їх обміну.

Функціонування лімносистеми нерозривно пов'язане з її природним оточенням, в той час як саме озеро впливає на ландшафт шляхом різноманітних фізичних, хімічних, біологічних, екологічних, геологічних перетворень. Процеси ці тісно переплітаються та динамічно розвиваються в часі, що робить озеро складною системою для вивчення. Лише при аналізі всіх взаємодій в озерах, включаючи їхню динаміку та взаємодію з водозбором, можна отримати повні дані для розробки науково обґрунтованих рекомендацій щодо раціонального господарського використання озера.

2. Озеро Засвітське знаходиться на північному заході Рівненської області, в Варашському районі, на південь від с. Млин і на північний захід від оз. Нобель. Також озеро входить до складу створеного у 2019 р. Нобельського національного природного парку.

Площа водозбору озера становить 0,71 км<sup>2</sup>. Озеро має карстове походження, невеликі розміри, грушовидну форму і значну глибину. З сходу та півдня водозбір озера Засвітське обмежується водозбором іншого озера – Нобельського, а з півночі і заходу – р. Прип'ять, яка утворює в цьому місці меандри і розширені стариці. Екологічний стан водозбору досить сприятливий, потенційно небезпечні об'єкти відсутні, з півночі, сходу і півдня озеро оточене сосновим лісом, а з західної і північно-західної сторони знаходяться піщані пляжі (піски, не закріплені рослинністю). Заболочені та розорані землі в межах водозбору відсутні. Індекс господарської освоєності території водозбору становить 0,13%, що є дуже сприятливим показником для території національного природного парку .

Форма оз. Засвітське є типовою для невеликих карстових водойм Волинського Полісся – грушовидна, розширена у північній частині. Схили озерної улоговини круті. Дно водойми переважно піщане, в прибережній зоні північно-східної частини водойми – піщано-мулисте. Береги відносно високі, не заболочені, складені переважно піщаними відкладами. Вища водна рослинність вузькою смугою (15-25 м) поширена вздовж східного та південного берегів і представлена переважно рогозом, очеретом та комишем. Близько 10% мілководдя заростає рослинністю. Береги вкриті лучним різнотрав'ям та деревною рослинністю, переважно сосною, вільхою, рідше березою. У західній та північно-західній частині озерної тераси на відкритих піщаних ділянках знаходиться пляж.

Площа водного дзеркала становить 22 га (0,22 км<sup>2</sup>), довжина – 0,62 км, середня ширина – 0,35 км, максимальна глибина – 16 м, середня глибина – 12,7 м, довжина берегової лінії – 1,74 км, об'єм озера – 5045,6 тис. м<sup>3</sup>. Основним джерелом живлення озера є атмосферні опади та підземні води мергельно-крейдяного горизонту сенон-туронського віку. Модуль середньорічного стоку, становить 4 дм<sup>3</sup>/км<sup>2</sup>. Озеро безстічне.

Дно озера покрито шаром сапропелю. Максимальна його потужність досягає, згідно матеріалів Київської геолого-розвідувальної експедиції, в центрі озерної улоговини – 6,5 м, середня – 2,22 м. Запаси сапропелю категорії С<sub>2</sub> при вологості 90% становлять 116,3 тис. м<sup>3</sup>, при 60% – 28,7 тис. т.

3. Вода озера Засвітське є досить чистою. Нормативи ГДК для водойм рибогосподарського використання перевищуються лише за БСК<sub>5</sub> (на 28%), вмістом цинку (3,1 рази). Це дозволяє стверджувати про високу якість води і хороший гідроекологічний стан.

Проте як і для інших озер Полісся, для оз. Засвітське характерні евтрофікаційні процеси. Аналізуючи динаміку індексу NDVI протягом теплого періоду 2022 р. варто відмітити, що вже на початку квітня (1.04.2022 р.) індекс набуває невеликих додатніх значень в інтервалі 0-0,1, що свідчить про початок вегетаційних процесів у водному середовищі. Вже до

середини травня значення індексу підвищуються до 0,1-0,2, в східній частині озера, де знаходиться появ гідрофітів – до 0,3, в північній частині озера чітко промальовується обмілина із невеликими від’ємними значеннями індексу. Вона буде помітна на знімках протягом всього теплого періоду. До кінця травня значення індексу більшої частини поверхні озера знову знижуються до 0. До кінця червня значення індексу зростають до 0,1 і знов спадають до 0 до початку липня. В першій декаді цього місяця вода очищується від водоростей, індекс набуває від’ємних значень, навіть до -1, що відповідає чистій воді. Протягом серпня-вересня переважають від’ємні значення індексу в інтервалі (-0,1; -0,5). Тобто для досліджуваного озера протягом теплого періоду характерні дуже низькі значення NDVI. Фактично вони не піднімались вище 0,2.

4. З огляду на невеликі розміри, глибину, карстове походження озера та розташування у межах Нобельського національного природного парку на Волинському Поліссі, доцільними для реалізації є наступні заходи раціонального використання та охорони водойми:

- збереження природного гідрологічного та гідрохімічного режиму озера;
- дотримання вимог законодавства України щодо водоохоронних зон та прибережних захисних смуг навколо озер;
- здійснення постійного моніторингу якості води (гідрохімічних та гідробіологічних показників);
- проведення подальших наукових досліджень особливостей озера, дослідження структури та функціонування унікальних для поліського регіону біоценозів озера;
- оцінка майбутніх ризиків господарської діяльності в межах водозбірної площі на лімносистему озера;
- обмежене використання озера для потреб рекреації та екологічного туризму;
- екологічна освіта та інформування громадськості про природний спадок Нобельського НПП та необхідність його збереження та охорони.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Боголюбов В.М., Юхимчук І.В., Мальований М.С. Захист відкритих водойм від забруднення поверхневими стічними водами з сільськогосподарських територій. Ринок інсталяції. 2010. № 11. С. 33-38.
2. Боярин М.В., Нетробчук І.М. Основи гідроекології: теорія й практика: навчальний посібник. Луцьк: Вежа-Друк, 2016. 365 с.
3. Водний кодекс України. Відомості Верховної Ради України (ВВР).1995. № 24. ст. 189.
4. Гриб Й.В., Клименко М.О., Сондак В.В. Відновна гідроекологія порушених річкових та озерних систем. Рівне: Волинські обереги. 1999. 347 с.
5. Гроховская Ю.Р., Володимирец В.А. Особенности видового состава гидрофильной флоры Ровенской области Украины. Фиторазнообразие Восточной Европы. 2015. № IX:2. С. 32-44.
6. Діковицький В.М., Зубкович І.В., Мартинюк В.О., Зубкович В.В. Геоекологічна оцінка якості води озера Посвітське (Нобельський НПП). Wissenschaftliche Ergebnisse und Errungenschaften. 2020. Band 4. С. 85-87.
7. Екологічний паспорт Рівненської області. URL: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2022/11/Ekologichnyj-pasport-Rivnenskoyi-oblasti-za-2021-rik.pdf>
8. Журавчак Р.О., Шидловський І.В. До вивчення фауни проєктованого Нобельського національного природного парку. Заповідна справа в Україні. 2012. Том 18. Випуск 1-2. С. 42-50.
9. Закон України «Про внесення змін до Водного і Земельного кодексів України щодо прибережних захисних смуг». Відомості Верховної Ради України (ВВР). 2011. N 18. ст. 122.
10. Звіт по темі «Аналіз стану мінерально-сировинної бази України, облік родовищ і складання Державних балансів запасів торфу та сапропелю станом на 1.01.1999 рр.». Київ: Геоінформ, 2000. Кн. XVI: Сапропель. 158 с.



11. Земельний кодекс України. Відомості Верховної Ради України (ВВР). 2002. № 3-4. ст. 27.
12. Зубкович І.В., Діковицький В.М., Мартинюк В.О. Оцінка водних та органо-мінеральних ресурсів озер Нобельського національного природного парку. Грааль науки. 2021. №7. С. 335-341.
13. Зубкович І. В. Агроекологічна оцінка міграції хімічних елементів з ґрунтів водозбору озера Посвітське (Волинське Полісся). Вісник НУВГП. Серія: Сільськогосподарські науки. 2019. №2(86). 40-52.
14. Ільїн Л. В. Лімнокомплекси Українського Полісся: Монографія: У 2-х т. Т.2: Регіональні особливості та оптимізація; за ред. В.М. Пашенка. Луцьк: РВВ “Вежа” Волинського нац. ун-ту ім. Лесі Українки. 2008. 400 с.
15. Коротун І.М., Коротун Л.К. Природа Рівненської області. Рівне: РІПКПК. 1996. 273 с.
16. Кучер П., Волошин І. Геопросторове поширення та характеристика природно-заповідного фонду Рівненської області. Наукові записки ТНПУ. 2016. №2. С. 214-223.
17. Лико Д.В., Зубкович І.В., Мартинюк В.О., Лико С.М. Оцінка геоecологічних процесів у басейновій системі озера Острівське (Волинське Полісся). Вісник НУВГП. Серія «Сільськогосподарські науки». 2018. № 2 (82), С.3-14.
18. Мартинюк В.О. Оцінка ландшафтної структури локальних територій Волинського Полісся для потреб збалансованого природокористування. Науковий вісник Херсонського державного університету. 2017. Вип. 6. С. 152-159.
19. Мартинюк В.О., Зубкович І.В. Ландшафтно-лімнологічний аналіз ключової ділянки «Острівські озера» (Нобельський НПП, Україна). URL: <http://www.baltijapublishing.lv/download/all-science-3/140.pdf>
20. Мартинюк В.О., Зубкович І.В., Андрійчук С.В. Регіональна геоecологічна оцінка озер Українського Полісся. Регіональні геоecологічні проблеми в умовах сталого розвитку. Збірник наукових праць III Міжнар. наук.-практ.

- конференції (Рівне, 18-20.10.2018). 2018. С. 78-86.
21. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / Розробники: Романенко В.Д., Жукінський В.М., Оксіюк О.П., Яцик А.В. К.: Символ-Т, 1998. 28 с.
  22. Методичні рекомендації щодо визначення максимального рекреаційного навантаження природних комплексів і об'єктів у межах природно-заповідного фонду України за зонально-регіональним розподілом / за ред. Комарчука С.С. Київ: Державна служба заповідної справи Мінекоресурсів України, 2003. 43 с.
  23. Озеро Засвітське з висоти пташиного польоту: краса, від якої перехоплює подих. URL: <https://visti.rovno.ua/news/ozero-zasvitske-z-visoti-ptashinohopolotu-krasa-vid-yakoi-perekhoplyue-podikh>
  24. Природа Ровенської області / За ред. К.І. Геренчука. Львів: Вища школа, 1976. 156 с.
  25. Прип'ять. URL: <https://vodres.gov.ua/node/1293>
  26. Про затвердження Порядку здійснення державного моніторингу вод. Постанова КМУ від 19.09.2018 р. № 758. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/758-2018-p#Text>.
  27. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Рівненській області. URL: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2022/10/Regionalna-dopovid-Rivnenska-ODA-2021.pdf>.
  28. Романенко В.Д. Основи гідроекології: підручник. Київ: Обереги, 2001. 728 с.
  29. Садовець В.С., Андрійчук Т.В., Власенко Р.П., Костюк, В.С. Оцінка природно-заповідного фонду Рівненської області. Українське Полісся: проблеми та тренди сучасного розвитку. 2022. С. 41-43.
  30. Сулік Л., Кричевська Д. Аналіз структури та геопросторового розподілу природно-заповідного фонду Волинського Полісся як важливої складової екотуристичного потенціалу регіону. Вісник Львівського університету. Серія географічна. 2014. Випуск 47. С. 273-280.
  31. Томільцева А.І., Яцик А.В., Мокін В.Б. Екологічні основи управління

- водними ресурсами: навчальний посібник. Київ: Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. 200 с.
32. Федоровський О. Д., Хижняк А. В., Томченко О. В. Оцінка якості водного середовища міських водойм з використанням методів системного аналізу на основі комплексування даних ДЗЗ. *Космічна наука і технологія*. 2021. Т. 27. № 5. С. 11-18.
33. Фесюк В.О., Мороз І.А., Карпюк З.К., Чижевська Л.Т. Методика дослідження структури земельного покриву для розробки схем екологічної мережі локального рівня з використанням методів ГІС та ДЗЗ. *Матеріали V Всеукраїнської науково-практичної конференції «Географія та туризм»*. Харків: ХНПУ ім. Г.С. Сковороди. 2022. С. 126-134.
34. Фесюк В. О., Полянський С. В., Копитюк Т. В. Методика та практична імплементація застосування даних ДЗЗ для моніторингу евтрофікації водойм (на прикладі Турського озера). *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*. Серія: Географія. № 1. 2022. С. 159-166
35. Фесюк В.О., Нетробчук І.М., Дубровик О.С. Дослідження евтрофікації озер Волинського Полісся (на прикладі озера Засвітське). *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*. Серія: географія. 2024. №56. С. 152-159
36. Шевчук М.Й. Сапропелі України: запаси, якість та перспективи використання: монографія. Луцьк: Надстир'я, 1996. 384 с.
37. Яцык А.В. Экологические основы рационального водопользования. Київ: Генеза, 1997. 628 с.
38. Ferrari R.G., Ferencz Á. Hydrological Analysis of Ecosystems: Perspectives and Challenges. *Journal of Hydrology*, 2008. 351(3-4), 163-180.
39. Gagné J. P., Rousseau A. N., Rousseau A. N. Hydrological Properties of Water Bodies and Their Impact on Water Dynamics. *Water Resources Research*. 1998. 34(11), P.3069-3080.
40. Haukman B. L., Wetzel R. G. Hydrological Balance in Wetland Ecosystems:

- Experimental and Modeling Approaches. *Hydrological Processes*. 1996. 10(8). P. 1049-1065.
41. Kovalchuk I. P., Martyniuk V. A. Methodology and experience of landscape-limnological research into lake-basin systems of Ukraine. *Geography and Natural Resources*. 2015. Vol. 36, No. 3, P. 305-312.
  42. Kovalchuk I. P., Martyniuk V. A., Šeirienė V. The basin-landscape approach to the protection and condition optimization of the lakes of the national parks. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2023. Вип. 53. С. 239-254.
  43. Martyniuk V., Zubkovych I. The landscape-limnological analysis of the key land «Ostrivsky lakes» (Nobel national park, Ukraine). *New stages of development of modern science in Ukraine and EU countries: monograph / edited by authors*. 7th ed. Riga, Latvia: Baltija Publishing. P. 238-263.
  44. Melniichuk M.M., Bezsmertniuk T.P. Nature reserve component of the recreational potential of Rivne region. *Наукові записки ТНПУ*. 2015. №2. С. 120-127.
  45. NDVI. URL: <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/?zoom=16&lat=51.06328&lng=24.8132&themeId=DEFAULT-24T23%3A59%3A59.999Z>
  46. NDAI. URL: [https://custom-scripts.sentinel-hub.com/sentinel-2/apa\\_script/](https://custom-scripts.sentinel-hub.com/sentinel-2/apa_script/)
  47. Niklaus M. *Geomorphologische und limnologische untersuchungen am Oeschinensee*. Satz, Druck und Einband: Ott Verlag+ Buchdruckerei Thun. 1967. 116 p.
  48. O'Sullivan P., Reynolds C.S. *The Lakes Handbook. Limnology and Limnetic Ecology*. John Wiley & Sons. 2008. 708 p.
  49. Rosenzweig M.L. *Hydrological System Dynamics in Ecosystems: Modeling and Analysis*. *Hydrological Processes*. 2012. 26(2). P. 167-172.
  50. Shaller J. W., Shaffer P.W. *Hydrological and Meteorological Factors Influencing Ecosystem Dynamics in Lakes*. *Hydrological Bulletin*. 2009. 133(5). P. 852-869.