

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

Інститут бізнесу, менеджменту та маркетингу

Кафедра екології

Пояснювальна записка

до дипломної роботи магістра на тему:

Гідроекологічна характеристика озер Люцимер
і Чорне Велике у Шацькому національному
природному парку

Виконав: студент групи ЕКз - 61м
спеціальності 101 «екологія»
Володимир МАТЛАХ

Керівник: Ігор КУЛЬЧИЦЬКИЙ-ЖИГАЙЛО

Рецензент: Ярослав ГЕНИК

м. Львів – 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ЛІСОТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
Інститут бізнесу, менеджменту та маркетингу
Кафедра екології

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Спеціальність 101 екологія

Завідувач кафедри

ЗАТВЕРДЖУЮ
д.с.-г.н., проф. Копій Л.І.



“14” листопада 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Матлаху Володимиру Васильовичу

1. Тема роботи «Гідроекологічна характеристика озер Люцимер і Чорне Велике у Шацькому національному природному парку»
керівник Кульчицький-Жигайло Ігор Євгенович, к.с.-г.н., доцент,

затвердженої наказом ВНЗ від 12.11.2024 року № С-874

2. Термін подання студентом роботи _____ 23.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи

1. Топографічні карти

2. Матеріали гідрометричних постів Гідрометцентру України

3. Матеріали моніторингу хімічних показників води озер

4. Зміст пояснювальної записки (розділи, які потрібно розробити)

Вступ

Розділ 1. Антропогенний вплив на водні об'єкти

Розділ 2. Програма, методика та об'єкт досліджень

Розділ 3. Гідрологічна характеристика озер Люцимер та Чорне Велике

Розділ 4. Оцінка сапробності озер Люцимер та Чорне Велике

Розділ 5. Оцінка трофності озер Люцимер та Чорне Велике


Розділ 6. Гідрохімічна характеристика озер Люцимер та Чорне Велике

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

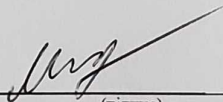
1. Схема розташування озер
2. Рівні підземних вод біля озер
3. Види-індикатори сапробності озер
4. Трофність озер
5. Вміст інгредієнтів у воді озер


7. Дата видачі завдання _____ 14.11.2024 р

Керівник проекту  _____ Кульчицький-Жигайло І.Є.
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| №№ з/п | Назва етапів дипломної роботи | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|--------|--|--------------------------------|----------|
| | Вступ | 14.11. 2024 – 15.11. 2024 | вик. |
| 1 | Антропогенний вплив на водні об'єкти | 16.11.2024 19.11.2024 - | вик. |
| 2 | Програма, методика та об'єкт досліджень | 20.11.2024- 22.11. 2024 | вик. |
| 3 | Гідрологічна характеристика озер Люцимер та Чорне Велике | 23.11. 2024- 03.12.2024 | вик. |
| 4 | Оцінка сапробності озер Люцимер та Чорне Велике | 04.12. 2024 - 09.12.2024 | вик. |
| 5 | Оцінка трофності озер Люцимер та Чорне Велике | 10.12.2024 – 16.12.2024 | вик. |
| 6 | Гідрохімічна характеристика озер Люцимер та Чорне Велике | 17.12.2024 – 20.12.2024 | вик. |
| 7 | Висновки | 21.12. 2024 – 23.12. 2024 | вик. |

Студент  _____ Матлах В.В..
(підпис)

Керівник проекту  _____ Кульчицький-Жигайло І.Є.
(підпис)

УДК 556.555.8

Матлах, В. В. Гідроекологічна характеристика озер Люцимер і Чорне Велике у Шацькому національному природному парку: кваліфікаційна робота магістра: 101 Екологія/ Володимир Васильович Матлах; наук. кер. Ігор Євгенович Кульчицький-Жигайло; НЛТУ України. – Львів, 2024. - 79 с.

Табл. 15, іл. 22, бібліограф. 39 назв.

АНОТАЦІЯ

Досліджено гідрологічний режим озер Люцимер та Чорне Велике у Шацькому національному природному парку. Встановлено сапробність та трофність озер.. Проаналізовано динаміку гідрохімічних показників води в озерах.

Ключові слова: Люцимер, Чорне Велике, сапробність, трофність, гідрохімічні характеристики води

Matlakh, Volodymyr. Hydro-ecological characteristics of lakes Lyutsymer and Chorne Velike in the Shatsk National Natural Park: Master's Thesis. – Lviv, 2024. - 79 p.

Table 15, fig. 22, bibliographer. 39 names.

ABSTRACT

The hydrological regime of lakes Lucimer and Chorne Velike in the Shatsk National Nature Park was studied. The saprobity and trophicity of the lakes were determined. The dynamics of hydrochemical parameters of water in the lakes were analyzed.

Keywords: LUCIMER, CHORNE VELIKE, SAPROBITY, TROPHITY, HYDROCHEMICAL CHARACTERISTICS OF WATER

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ВСТУП | 7 |
| РОЗДІЛ 1. АНТРОПОГЕННИЙ ВПЛИВ НА ВОДНІ ОБ'ЄКТИ..... | 9 |
| РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ..... | 17 |
| 2.1. Програма робіт | 17 |
| 2.2. Методика робіт..... | 17 |
| 2.3. Об'єкт дослідження | 18 |
| РОЗДІЛ 3. ГІДРОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОЗЕР ЛЮЦИМЕР ТА ЧОРНЕ ВЕЛИКЕ | 25 |
| 3.1. Морфометричні характеристики досліджуваних озер..... | 25 |
| 3.2. Динаміка водності озер | 27 |
| 3.3. Динаміка рівня ґрунтових вод | 30 |
| РОЗДІЛ 4. ОЦІНКА САПРОБНОСТІ ОЗЕР ЛЮЦИМЕР ТА ЧОРНЕ ВЕЛИКЕ | 38 |
| 4.1 Оцінка за методикою Вудівісса..... | 41 |
| 4.2 Оцінка за методикою Майєра | 45 |
| РОЗДІЛ 5. ОЦІНКА ТРОФНОСТІ ОЗЕР ЛЮЦИМЕР ТА ЧОРНЕ ВЕЛИКЕ | 49 |
| РОЗДІЛ 6. ГІДРОХІМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОЗЕР ЛЮЦИМЕР ТА ЧОРНЕ ВЕЛИКЕ | 57 |
| 6.1 Ретроспективний огляд досліджень якості води в Шацьких озерах..... | 57 |
| 6.2 Гідрохімічні показники оз. Люцимера та оз. Чорного Великого протягом 2018-2024 р.р..... | 61 |
| ВИСНОВКИ..... | 67 |
| СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ..... | 69 |
| ДОДАТКИ..... | 74 |

ВСТУП

Озера належать до одних з найважливіших елементів природних ландшафтів. Їх роль у житті людини визначається насамперед великими запасами прісної води. Екологічна ж роль озер полягає у кількох аспектах.

По-перше, в інтегральному впливі озер на стік води. Озера є природними регуляторами стоку. У окремих випадках при значному випаровуванні з поверхні їх акваторій зменшується загальна величина стоку за рік. В цілому ж озера беруть участь у перерозподілі максимального весняного стоку водопілля на літній меженний період. Озера затримують частину твердого стоку, регулюють хімічний стік.

По-друге, озера сприятливо впливають на мікроклімат прибережних територій. Тим самим озерний фонд має значні рекреаційні ресурси.

По-третє, разом із водним стоком до озер надходить велика кількість речовин автохтонного та алохтонного походження, який у процесі седиментогенезу трансформується у специфічні утворення - донні відклади, сапропелі.

По-четверте, в озерах створюється специфічне середовище для життя організмів, що називаються гідро біонтами. Вони беруть найактивнішу участь у функціонуванні та еволюційному розвитку гідроекосистем.

На сьогодні роль озер значно зростає. Озера часто є ядром особливо охоронюваних територій – національних парків, заповідників та заказників різного рівня.

Природне функціонування озерних гідроекосистем є умовою раціонального їх використання, а стан водних об'єктів повинен забезпечувати потреби населення. Існує необхідність здійснення комплексної екологічної оцінки людської діяльності і вибору прийнятних варіантів господарювання. Важливими складовими такої оцінки є встановлення якісних та кількісних показників, які визначають існування різноманітних популяцій гідробіонтів та забезпечують відповідні параметри для їх відтворення.

Забруднення водойм зростає і поширюється на велику кількість озер в Україні. Тому особливої уваги заслуговують дослідження водних об'єктів, що розташовані у зонах відносної відсутності антропогенного впливу – на території об'єктів природо-заповідного фонду: національних природних парків, заповідників, заказників та ін.

Це стосується і озер Шацького національного природного парку, які є важливими компонентами навколишнього природного середовища та джерелом біотичних ресурсів.

РОЗДІЛ 1. АНТРОПОГЕННИЙ ВПЛИВ НА ВОДНІ ОБ'ЄКТИ

Антропогенний вплив на водне середовище, незважаючи на комплексні міжнародні природоохоронні заходи, постійно зростає. Антропогенні наслідки втручання у водні екосистеми відносяться до тих змін у водоймах, які викликані прямо чи опосередковано діяльністю людини. Їх оцінка передбачає вивчення того, як людська діяльність (промислові стічні води, сільське господарство та розвиток міст) впливає на якість і стан озер та інших водойм. Викидаючи забруднюючі речовини, надмірно вносячи добрива та будуючи греблі, люди змінюють природні водні ресурси та загрожують популяціям гідробіонтів, які в них живуть [6, 7].

Води озер різного ступеня забруднення мають різний хімічний склад, різний вміст живих планктонних організмів, мертвих органічних речовин і мінеральних суспензій, відрізняються за багатьма іншими факторами. Для біологів і природоохоронних служб найважливішим критерієм оцінки якості води є можливість існування стійких, багатих видами угруповань гідробіонтів, особливо тих, які дуже чутливі до дефіциту розчиненого кисню і наявності токсичних речовин [9].

Важливішим фактором, що впливає на якість води в природних озерах, є їх трофічність, яка залежить головним чином від кількості та типу речовин, що надходять у водойми з навколишніх територій, а також від розміру, глибини та швидкості водообміну в окремих озерах. Особливе значення має надходження біогенних речовин, головним чином фосфору, калію та азоту, концентрації яких зазвичай визначають чисельність і швидкість росту рослин [14].

У високотрофічних (евтрофічних та гіперевтрофічних) озерах періодично з'являються мільярди клітин планктонних водоростей, а серед водних рослин - на дні, а іноді і на поверхні води – розвиваються покриви нитчастих водоростей. Вода каламутна, світло досягає лише невеликої глибини, що перешкоджає розвитку і фотосинтезу рослин на більших глибинах. Відмираючи, водорості опускаються на дно, а їх розкладання викликає швидке зниження концентрації розчиненого у воді кисню, іноді призводить і до появи

сірководню. Лише деякі з найбільш стійких видів колишнього біорізноманіття водних організмів можуть вижити в цих умовах [38, 39].

Відповідно слід здійснювати заходи для захисту водойм від евтрофікації. Наприклад, у Велькопольському парку народовому (Республіка Польща) для забезпечення ефективного захисту водойм від забруднення та евтрофікації запропоновано дотримуватись таких заборон:

- скидання будь-яких стічних вод, навіть після очищення, у водойми та річки парку;
- скидання неочищених стічних вод у землю на території парку та його охоронної зони;
- заборона сільськогосподарського використання гною та побутових стічних вод у водозбірних басейнах озер;
- заборона складування сипучих добрив і гною безпосередньо на ґрунті на відстані ближче ста метрів від берегів; у цій зоні добрива повинні зберігатися на водонепроникній поверхні, яка захищає ґрунт і воду від неконтрольованого надходження добрив.

Для припинення надходження поживних речовин у води необхідно підтримувати постійний рослинний покрив на берегах озер і річок. Знищення цієї рослинності (проведення земляних робіт, перетворення лук або пасовищ в ріллю) збільшує навантаження біогенними речовинами, що надходять у воду, щонайменше в кілька десятків разів. На додаток до систематичного надходження біогенів, існує проблема засмічення озер і річок.

Підтримці чистоти вод сприяє активна охорона рибних угруповань, а також заборона для туристів і рибалок розливати різноманітні «приманки» для риби в озера. Ефективна охорона води від забруднення вимагає інтенсивної діяльності та співпраці з місцевими органами влади, мешканцями сіл та туристами [14].

Під поняттям забрудненням води розуміється ситуація, при якій під впливом різних факторів відбуваються несприятливі зміни в бактеріологічних, хімічних і фізичних властивостях водних об'єктів. Цей стан може бути

викликаний надходженням органічних, неорганічних (газоподібних, рідких або твердих) і радіоактивних речовин. Порушення нормального фізико-хімічного складу води може бути викликано також впливом тепла.

Забруднення води класифікується за кількома різними класифікаціями, які включають, серед іншого: їх походження, масштаби впливу на живі організми, джерело та тривалість. Основний критерій, за яким поділяють забруднювачі, враховує, насамперед, їх походження [13, 21, 35]. У цьому контексті слід розрізняти:

- забруднення природного походження - виникає в результаті контакту води з природними факторами, у тому числі з гниючими речовинами ґрунту та рештками гідробіонтів. Природні забруднювачі також походять від домішок, що містяться в поверхневих і підземних водах. Тут, серед іншого, варто згадати: про забруднення сполуками заліза та засолення;
- штучне забруднення – це надходження забруднювачів антропогенного походження. Їх наявність є результатом діяльності людини.

Забруднення води також класифікують за його стійкістю. Тут виділяють:

- стійкі забруднювачі - до цієї групи відносяться всі забруднюючі речовини, які розкладаються незначно і залишаються у воді тривалий час;
- нерозкладні забруднювачі - містять речовини, що не піддаються розкладанню;
- забруднюючі речовини, що розкладаються – містять речовини, які негативно впливають на живі організми, але піддаються процесам розкладання.

Наведений поділ свідчить про те, що забруднення води не завжди відбувається в результаті діяльності людини. Різні природні фактори також можуть призводити до зміни фізико-хімічних властивостей води [30]. Найбільш небезпечною для живих організмів є вода, забруднена сполуками фтору та миш'яку. В Індії, Китаї та Мексиці, де вода береться з глибоководних зон, захворювання, викликані надлишком фтору, не є рідкістю. Наслідком цього є

повне унеможливлення або часткове обмеження можливості використання води для харчових, побутових і господарських потреб [25].

Проте безсумнівно, що найбільше забрудненню води сприяють антропогенні фактори. Перераховуючи їх найпоширеніші джерела, слід відзначити наступні:

- муніципальне забруднення,
- промислове забруднення,
- сільськогосподарське забруднення.

Муніципальні забруднення (стічні води) - це рідина, яка в результаті забруднення людиною стає непридатною для повторного використання, не проходячи процесів нейтралізації. Вони виникають у домогосподарствах, комунально-побутових установах і в усіх місцях, де використовується каналізаційна мережа. Говорячи про муніципальне забруднення, мають на увазі насамперед міські стічні води, що утворюються в результаті побутової та господарської діяльності людей. До них відносяться не тільки фізіологічні виділення, а й побутові відходи, лікарняні та промислові відходи [37].

Промислове забруднення, як випливає з назви, походить від промислової діяльності людини. Цей термін охоплює відходи, що утворюються в результаті виробничих процесів. Ця група є одним з найнебезпечніших забруднювачів, що є результатом потенційного вмісту шкідливих сполук, серед яких: мінеральні кислоти і основи, шкідливі сполуки органічного походження (барвники, компоненти нафти і феноли) і ціаніди. Промислове забруднення відбувається насамперед у процесах добування та очищення сировини, очищення напівфабрикатів, живлення гідравлічних транспортних пристроїв, охолодження машин, флотації, фільтрації та дистиляції.

Не тільки хімічний і фізичний склад стічних вод промислових підприємств становить серйозну загрозу для природного середовища і живих організмів. Їх температура також є значною проблемою. Потрапляючи в будь-яку водойму, нагріта вода негативно впливає на функціонування даної екосистеми.

Сільськогосподарське виробництво також сприяє значному забрудненню води. Тут домінує тенденція збільшення кількості внесених добрив та засобів захисту рослин. Речовини, що містяться в пестицидах і добривах, вимиваються з ґрунту, а потім потрапляють у ґрунтові води та водойми. Йде мова про сульфати, хлориди та, особливо, фосфати. Як наслідок, відбувається процес евтрофікації.

Забруднення водойм важкими металами є передусім наслідком антропогенізації навколишнього середовища, хоча вони можуть також надходити у водне середовище природним шляхом. Дослідження засвідчили, що вміст цинку і міді у водах Шацьких озер був вищий за рибогосподарські норми в декілька разів [24, 28]. У малопротічних водоймах, до яких належать озера, мутність води на загал невелика, тому понад 80% важких металів існують у розчинному стані, проте валова концентрація важкого металу не є показником, який характеризує його негативну дію на організми гідробіонтів. Важливіше знати у яких фізико-хімічних формах вони наявні у воді, і, відповідно, оцінювати вплив на гідробіонтів взагалі і їхтїофауну зокрема. Найдоступнішими є вільні іони, гідрокомплекси важких металів і різні низькомолекулярні комплексні хімічні сполуки. Одночасно ті важкі метали, які зв'язані у комплекси з органічними речовинами (фульвокислоти, амінокислоти, білки тощо) є дуже малодоступними чи малоактивними.

Процес самоочищення відбувається у результаті осідання суспензій та адсорбції забруднюючих речовин на поверхні частинок донних відкладів. Склад донних відкладів, які входять до складу водного середовища, є результатом тривалих хімічних, біологічних і фізичних процесів, пов'язаних з генезисом озер і їх водозборів, а також процесів, зумовлених антропогенним чинником. Внаслідок біологічних та хімічних перетворень компоненти осаду можуть мобілізуватися, стаючи доступними для живих організмів, і таким чином знову включатися в трофічний ланцюг [10]. Відповідно важкі метали, накопичені у донних відкладах, також становлять загрозу для прилеглих територій, особливо для ґрунтів територій, що затоплюються під час повеней.

Сільськогосподарське використання відкладень, винесених на поверхню в результаті зарегулювання або ревіталізації водойм, вимагає детального контролю їх хімічного складу.

На стан природних водойм також впливають зміни клімату. У цьому зв'язку науковцями опрацьовані стратегічні цілі екосистемної адаптації до зміни клімату, зокрема збереження гідрологічних умов (властивості і процеси водного циклу: рівень поверхневих і ґрунтових вод, якість вод, процеси інфільтрації в ґрунт, інтенсивність випаровування, опади та ін.) [16].

Розуміння стану здоров'я водного середовища має вирішальне значення для оцінки впливу людської діяльності та вжиття відповідних заходів для захисту водного середовища. Основою для визначення екологічного стану озер є моніторинг біологічних елементів. Біологічні елементи, які спостерігаються в поверхневих водоймах озера, включають: фітопланктон, хлорофіл «а», фітобентос, макрофіти, бентосні макробезхребетні та іхтіофауну. Гідроморфологічні та фізико-хімічні елементи доповнюють оцінку біологічних елементів.

Біологічна оцінка стану вод має певні переваги перед хімічними та фізичними методами, бо угруповання гідробіонтів відображають комплекс змін екологічного стану водного об'єкта, реагуючи на комплексну дію різноманітних забруднювачів. Біологічна оцінка водойм може надати цінну інформацію про якість води та життєздатність її мешканців [8, 22].

Дослідники використовують різні методи для оцінки санітарного стану водойм. Вони включає вимірювання якості води, дослідження фауни та флори та біохімічні аналізи. Кожен із цих методів дає змогу зрозуміти наслідки антропогенного впливу на водойми. Види-біоіндикатори надають інформацію про певні умови середовища. Наявність або відсутність цих видів може бути показником якості води. (наявність личинок травневої мушки, які потребують чистої, багатой киснем води, свідчить про високу якість води. Однак їх відсутність може бути ознакою забруднення).

Глибокий аналіз водної екосистеми передбачає зокрема визначення концентрації важких металів у пробах води або аналіз циклів поживних речовин. Він дає точні дані про джерела забруднення та їхній вплив на водну екосистему. Завдяки таким детальним дослідженням можна визначити конкретні джерела забруднюючих речовин і розпочати цільові заходи з відновлення [2].

Забруднення води має далекосяжні наслідки для біологічного різноманіття водойм. Забруднювачі, які потрапляють у водні шляхи, можуть призвести до зменшення біорізноманіття, оскільки не всі організми здатні вижити в змінених умовах. Якість води впливає на здоров'я та різноманітність усієї екосистеми, починаючи з мікрорівня, наприклад планктону, і закінчуючи водними тваринами у верхній частині харчового ланцюга.

Зниження рівня ґрунтових вод внаслідок будівництва осушувальних меліоративних систем спричиняють пониження водного дзеркала водойм. Також такі явища обумовлюють посилення прогрівання та евтрофікацію озер, спричиняють їх ізоляцію та інтенсифікують процеси старіння [23].

Чисті води відіграють фундаментальну роль у здоров'ї довкілля та добробуті людей. Вони не тільки допомагають підтримувати біорізноманіття, але також мають вирішальне значення для отримання питної води, виробництва їжі та рекреаційної діяльності.

Таким чином, забезпечення якості води є завданням, яке приносить користь не лише навколишньому середовищу, але й економічному розвитку та здоров'ю людей. Захисні заходи та моніторинг якості води є важливими кроками для збереження цього життєво важливого ресурсу.

Метою досліджень стану водних об'єктів, у тому числі і в об'єктах ПЗФ, є отримання знань про стан води, необхідних для вжиття заходів щодо поліпшення стану та охорони вод від забруднення. Ці заходи також повинні забезпечити захист від евтрофікації, викликані впливом муніципальних і сільськогосподарських джерел, а також захист від промислового забруднення, включаючи солоність і речовини, особливо шкідливі для водного середовища.

Моніторинг поверхневих вод як елемент управління водними ресурсами надає менеджеру водних ресурсів дані про якість води в певному обсязі та у відповідний час, що дозволяє використовувати їх у наступних планових роботах, підготовлених для цілей планування у водному господарстві [1]. Отримання узгодженої та повної картини екологічного стану або потенціалу, хімічного стану та статусу вод у досліджуваних поверхневих водних об'єктах є особливо актуальним у наш час. Такі дослідження також є частиною виконання зобов'язань України, що випливають із співпраці з Європейським агентством з навколишнього середовища.

РОЗДІЛ 2. ПРОГРАМА, МЕТОДИКА ТА ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Програма робіт

Програма робіт магістерської кваліфікаційної роботи передбачала вивчення і висвітлення наступних питань.

1. Аналіз літературних джерел за темою роботи.
2. Вивчення характерних особливостей об'єкту дослідження, у тому числі природних умов їх розташування
3. Дослідження гідрологічного режиму озер Люцимер та Чорне Велике.
4. Оцінка сапробності озер Люцимер та Чорне Велике.
5. Оцінка гідрохімічного стану озер Люцимер та Чорне Велике.

2.2. Методика робіт

Гідрологічний режим досліджуваних озер вивчався на основі постійних гідрометричних спостережень в Шацькому НПП. Вивчалися літературні джерела, архівні матеріали. Аналіз коливання рівнів здійснено з використанням методів математичної статистики

Батиметрична характеристика озера Чорне Велике досліджена за допомогою ехолота для риболовлі FFC1108-1 на кількох напрямках (створах) з подальшим нанесенням ізобат та їх аналізом.

Оцінка сапробності озер здійснювалася за методикою Вудівісса. (метод річки Трент) та методикою Майєра. Індекс Вудівісса базується на оцінці двох параметрів бентосних угруповань: наявність у воді організмів, які належать до так званих "індикаторних" груп, а також загальне розмаїття безхребетних. При підвищенні забруднення водойми представники індикаторних груп зникають у певному порядку, починаючи з найменш стійких до забруднення.

Відбір зразків на аналіз здійснювався у двох точках металевим циліндром діаметром 16 см на глибину 10 см. Організми, що плавають виловлювалися сачком.

Для визначення гідробіонтів – індикаторів користувалися бінокулярним мікроскопом ST60-24B1.

При оцінці індексу трофності TSI Карлсона використано його залежність від прозорості води за диском Секкі.

Гідрохімічні характеристики вод озер Люцимер та Чорне Велике встановлено на основі опрацювання низки публікацій щодо якості води Шацьких озер протягом попередніх десятиліть. З них було проаналізовано дані, що стосуються якості води в оз. Люцимер і оз. Чорне Велике. Також на основі даних Регіонального офісу водних ресурсів у Волинській області статистично опрацьовано ряди даних гідрохімічних показників і досліджено динаміку зміни забруднюючих речовин та показників якості води в оз. Люцимер і оз. Чорне Велике протягом 2018-2024 років.

2.3. Об'єкт дослідження

Досліджувані озера розташовані на території Шацького НПП. Площа парку – 48977 гектарів. У підпорядкуванні парку є три лісництва, які повністю розташовані на землях НПП. Тут знаходяться також частини лісництв Філії „Любомльське ЛГ”, землі старостинських округів і селищної ради, ділянки автомобільних доріг. Дороги пролягають крізь лісові масиви парку.

Територія НПП поділена на такі функціональні зони:

- заповідна зона;
- регульованої рекреації;
- стаціонарної рекреації;
- господарська зона.

Досліджувані озера відносяться до зони регульованої рекреації. Зокрема виділяють такі дві рекреаційні зони:

- Озеро Люцимер і його прибережна смуга (разом 473,0 гектари) – Люцимер є одним з найрибніших озер, незважаючи на те, що ступінь забруднення його вод характеризується як середній. Тут практикується спортивна риболовля.

- "Велике Чорне" - озерно-лісова ділянка (156 гектарів). Включає в себе власне озеро Чорне Велике та масив заболочених лісів розташований на північний схід від нього. Озеро Чорне Велике використовується для

спортивних змагань (гребля на каное) та спортивного рибальства. Дана зона має великий рекреаційний потенціал.

Шацькі озера сформувалися у межиріччі Прип'яті і Західного Бугу, вони відіграють велику екологічну і господарську роль для Українського Полісся [10]. Водообмін озер сповільнений, для них характерний малий і середній питомий водообмін. Рівень води динамічно змінюється відповідно до сезонів року. Як і для більшості озер лісової і лісостепової зони України виділяють максимуми навесні та восени, а також зимові і літні мінімуми.

Розташування озер показано на рис. 2.1.

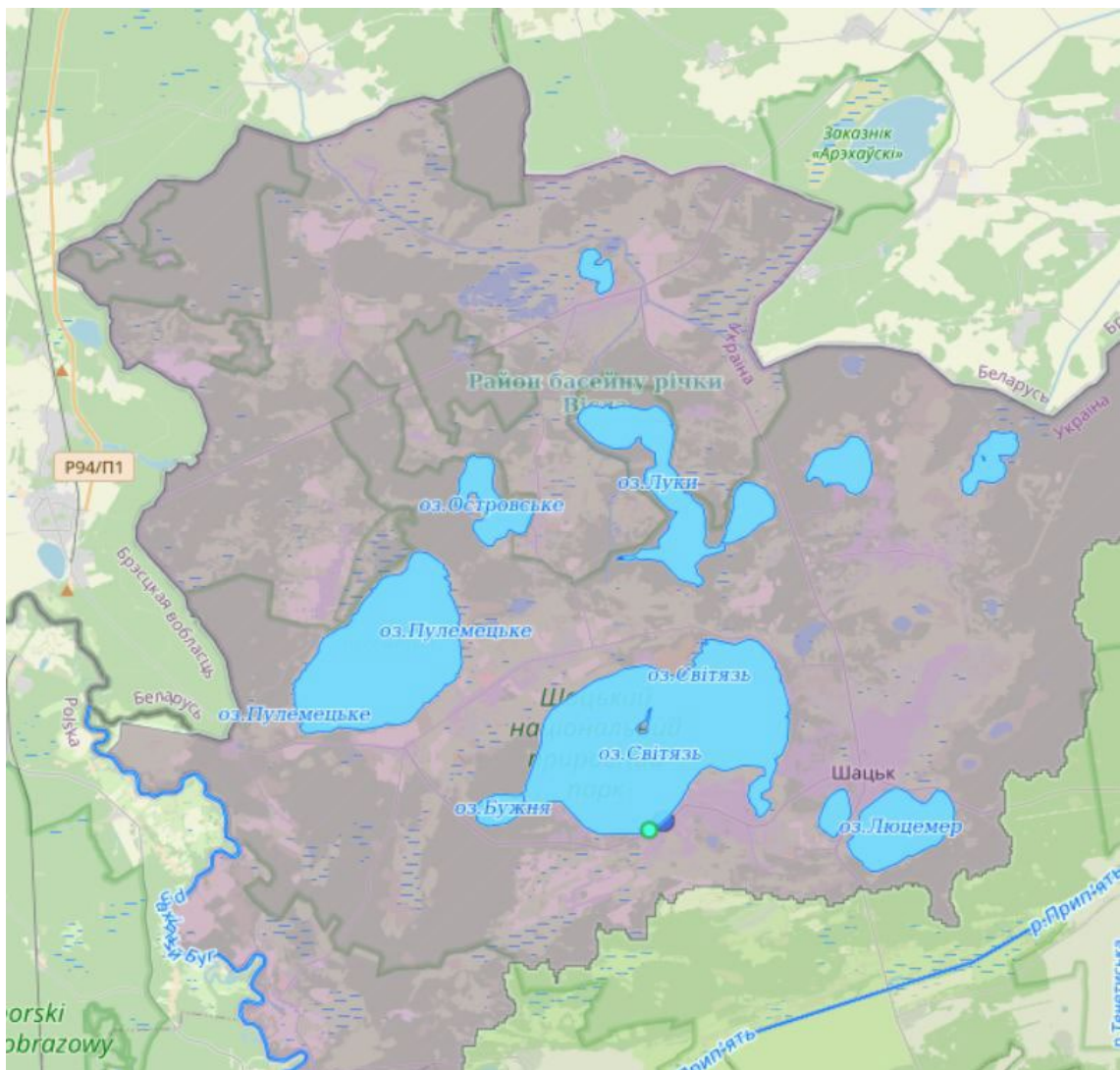


Рис. 2.1. Взаємне розташування Шацьких озер

Озера Чорне Велике – Люцимер – Довге – Кримне та ін.. сполучені каналами (рис. 2.2).

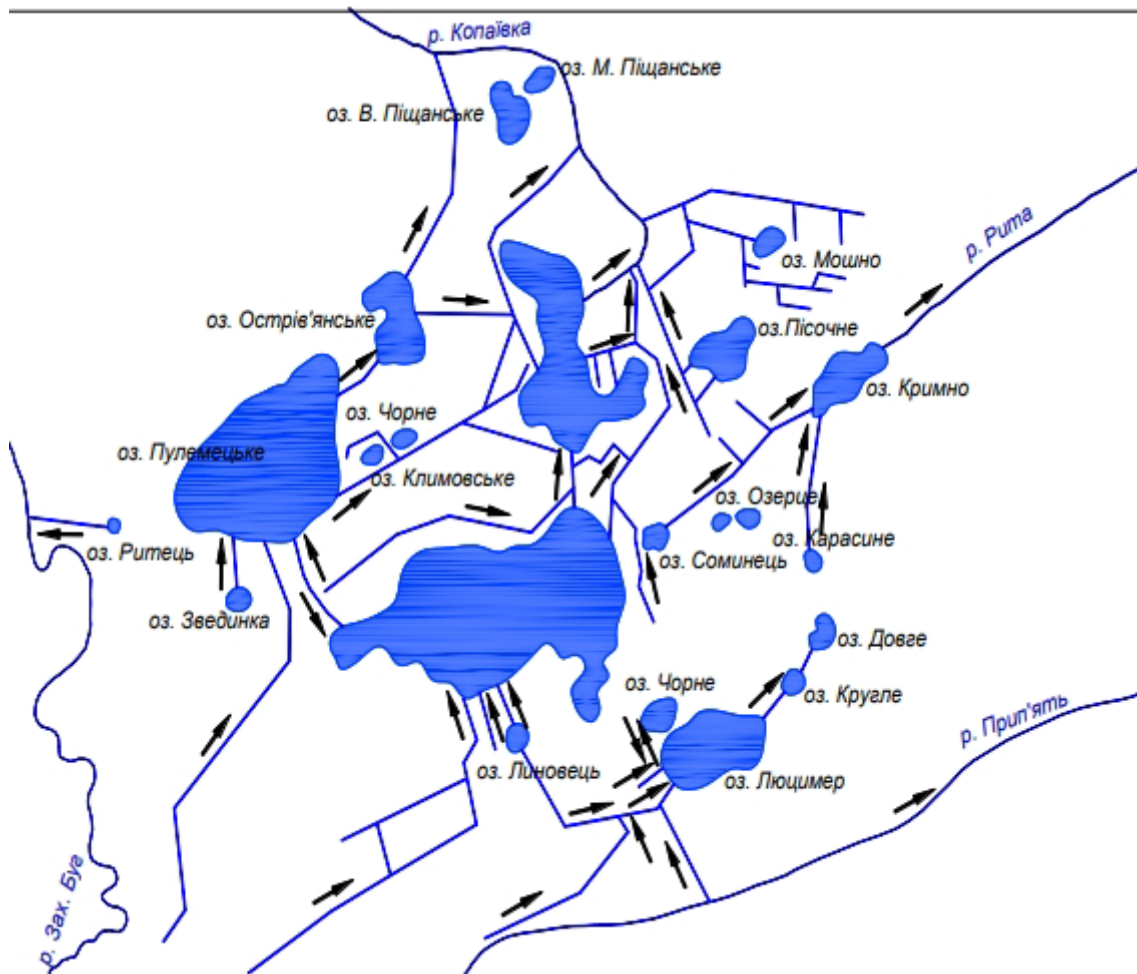


Рис. 2.2. Канали біля досліджуваних озер

Між озерами Чорне Велике і Люцимер проходить автомобільна дорога Т0302 (рис. 2.3).

Озеро Люцимер.

За площею у Шацькому НПП воно поступається лише озерам Світязь і Пулемець. Штучними каналами воно з'єднане з озерами Круглим і Чорним Великим. Берегова лінія озера довжиною 8,6 км у цілому плавна, окрім його південної частини, де є невеликі затоки і коси. з півночі береги Люцимера піщані, високі, а з півдня – низькі. Спостерігається заростання прибережною вищою водною рослинністю смугою до 100 м. Взимку озеро замерзає. Прозорість води до 1,4 метра. Дно зазвичай рівне, зниження - в північній частині. На дні є шар сапропелю.

За походженням озеро карстове. Живлення озера – дощове, снігове та підземне.



Рис. 2.3. Озера Люцимер та Чорне велике з висоти пташиного польоту

З півночі до озера Люцимер примикає селище Шацьк. Тут багато рекреаційних установ, які впливають на водне середовище озера. Надходження біогенних речовин зі стічними водами сприяє евтрофікації озера.

Загальний вигляд озера представлено на рис. 2.4.

Озеро Чорне Велике.

Розташоване на південний захід від населеного пункту Шацьк. у крейдовій котловині. Невисоким перешийком воно відокремлене від озера Люцимер. Довжина берегової лінії близько 3,7 км. Живиться атмосферними опадами і підземними водами. Північні береги озера піщані, південно-східні сильно заболочені. Влітку біля берегів озеро заростає вищою водною рослинністю: рогіз, очерет, ситник (рис. 2.5).



Рис. 2.4. Озеро Люцимер

Площа водозбору становить біля 4,9 км². Біля 20% площі басейну озера Чорне Велике представлено міською територією Шацька, звідки стоки надходять у північну частину цього озера.

У воді озера велика чисельність і біомаса фітопланктону, зокрема діатомових та синьо-зелених водоростей. Влітку може спостерігатися «цвітіння води». Через невелику глибину озеро добре прогрівається, тут відсутній гіполімніон. Вміст кисню в воді озера в цілому високий.

У рамках реалізації Регіональної екологічної програми «Екологія 2016-2020» відбувалося зариблення озер Люцимер і Чорне Велике, зокрема в листопаді 2018 року – дворічками коропа.



Рис. 2.5. Озеро Черне Велике

Природні умови району дослідження

Територія розташована на Заході Полісся у басейні Західного Бугу. Тут переважає рівнинний рельєф, багато озер, значно поширені болота, домінують дерново-підзолисті ґрунти [14].

Абсолютні висоти: мінімальна - 156, середня - 168, максимальна - 174 метрів. Клімат є доволі гумідним – вологе літо та відносно м'яка зима. Незначні коливання температури спричиняє рівнинність території. Мінімум температури повітря – $-35,6\text{ C}$ зафіксований у Володимирі-Волинському. Максимум - $36,7^{\circ}\text{C}$ [26].

Атмосферні опади на території відповідають континентальному режиму. Максимум їх випадає теплої пори року (72 %), всього за рік у середньому вони становлять 600 мм, максимальна величина - 860 мм.

Діаграма вологості повітря представлена на рис. 2.6.

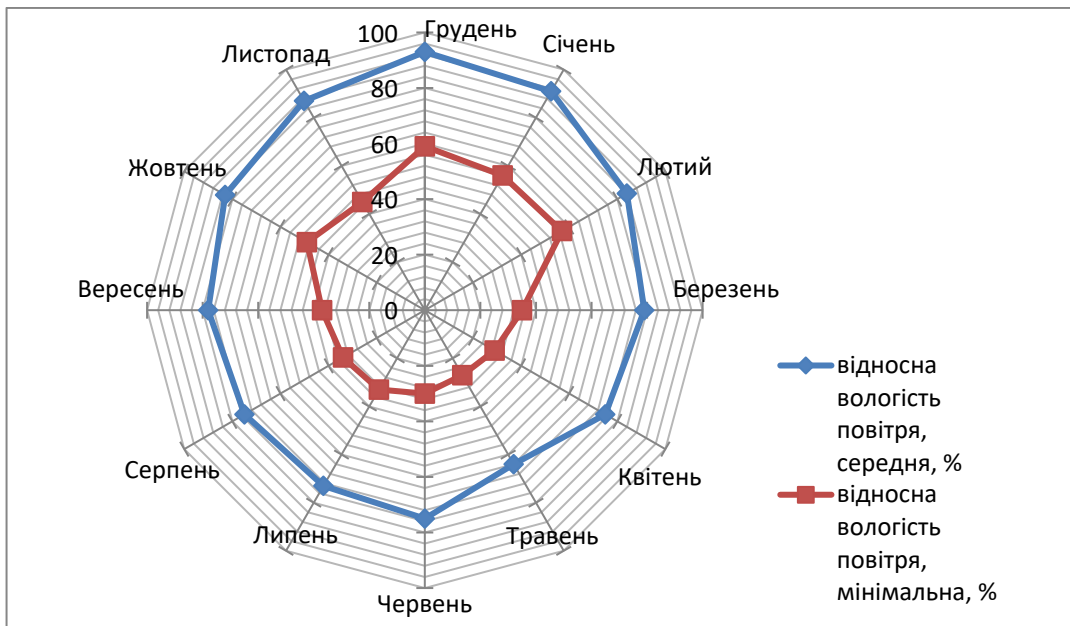


Рис. 2.6. Відносна вологість повітря впродовж року

Біля 53% території займають сільськогосподарські угіддя, у т.ч. 33% - орні землі. Багато земель є меліоровані. Їх використання призвело до формування окультурених ґрунтів, але також і до деградації таких ґрунтів (пересушення, мінералізація, ущільнення).

РОЗДІЛ 3. ГІДРОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОЗЕР ЛЮЦИМЕР ТА ЧОРНЕ ВЕЛИКЕ

3.1. Морфометричні характеристики досліджуваних озер

Морфометричні відмінності між сучасними озерними улоговинами спричинені різними факторами: особливістю рельєфу Поліської низовини, тектонічною тріщинуватістю, карстовою денудацією території, ландшафтними та кліматичними властивостями водозбірних басейнів озер [34]. Рівневий і льодовий режими досліджуваних озер пов'язані з параметрами клімату території, однак суттєву роль також відіграють морфометричні параметри озерної улоговини.

За походженням досліджувані озера належать до різних генетичних типів: Люцимер відносять до типу успадкованих котловин у крейдяній поверхні, ускладненій карстом, а Чорне Велике - до озер льодовикового походження, про що свідчить залягання морени на його дні. [35].

У таблиці 3.1 наведено основні морфометричні характеристики озер Люцимер та Чорне Велике.

Таблиця 3.1

Морфометричні характеристики озер Люцимер та Чорне Велике.

| Назва | Площа дзеркала озера, га | Довжина, м | Ширина, м | Глибина, м | | Об'єм води, млн.м ³ |
|--------------|--------------------------|------------|-----------|------------|------|--------------------------------|
| | | | | макс | сер. | |
| Люцимер | 430,0 | 3075 | 1875 | 11,0 | 4,4 | 19,5 |
| Чорне Велике | 83,0 | 1375 | 750 | 4,2 | 3,0 | 2,5 |

За типізацією згідно вимог ВРД ЄС відповідно до площі водного дзеркала озеро Люцимер відноситься до категорії середніх озер, а озеро Чорне Велике – малих озер.

Для оцінки екологічного стану озер важливе значення має інформація про наявність у них ділянок з різною глибиною. У літоральних зонах влітку

відбувається значне прогрівання води, що сприяє збільшенню інтенсивності первинної біопродукції та інтенсивному розмноженню фітопланктону, зокрема синьо-зелених водоростей.

На озері Люцимер проведено батиграфічні роботи, ізобати в ньому наведені на рис. 3.1.

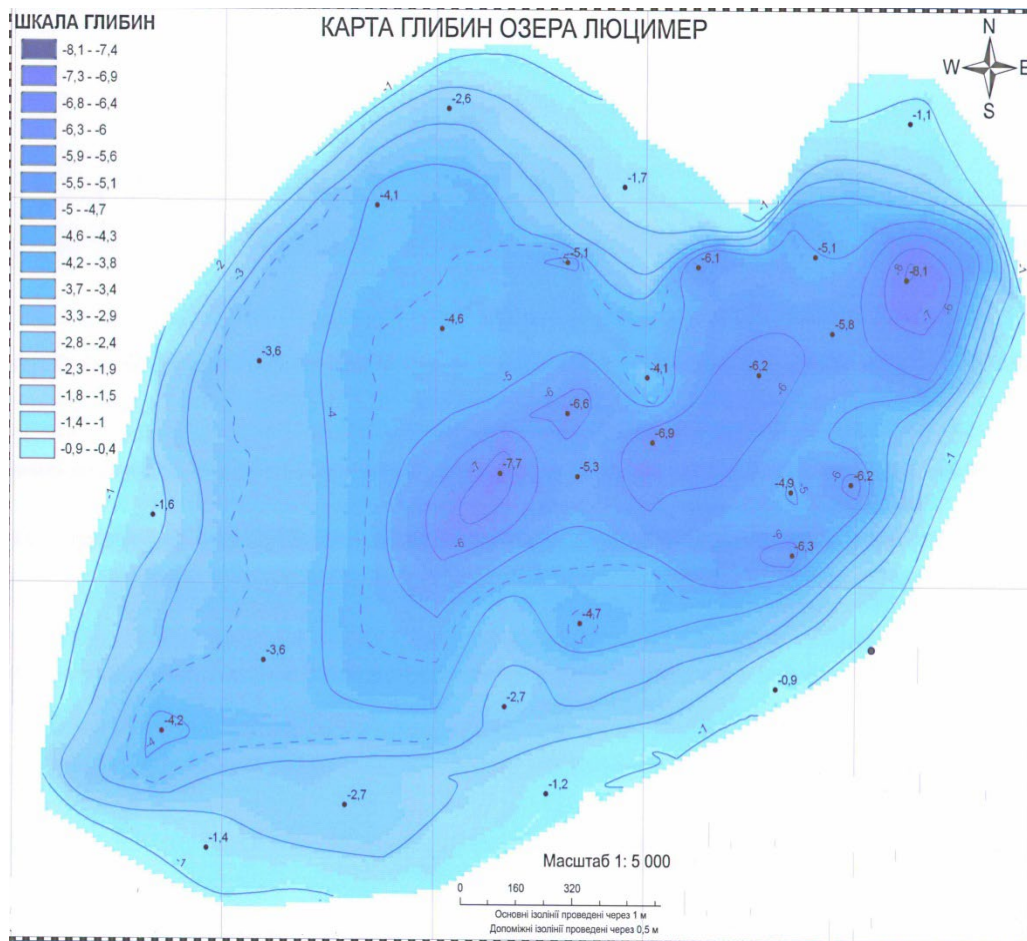


Рис. 3.1 Зони різної глибини на озері Люцимер

Для озера Чорне Велике такі роботи не здійснювалися, тому ми провели заміри глибин у різних створах рибальським ехолотом FFC1108-1 (розділ 2). На рис. 3.2 зображені ізобати на озері, проведені через 0,5 м.

З рисунка видно, що найбільша зафіксована нами глибина становить 4,2 м і розташована вона у південній частині озера. У центральній частині є два заглиблення по 3,6 метра недалеко одне від одного. І у північній ділянці також

є невелика ділянка глибиною понад 3 м. Майже половину площі озера займають ділянки глибиною до 2 метрів.

Розрахована нами середньозважена глибина озера дорівнює 2,8 м.



Рис. 3.2 Зони різної глибини на озері Чорне Велике

3.2. Динаміка водності озер

У досліджуваних озер, як і у всіх інших, що розташовані в ШНПП, сповільнений водообмін. Рівень води, який відображає динаміку водності, змінюється впродовж року, при цьому виділяють осінні і весняні максимуми і зимові та літні мінімуми. Найвищі рівні приурочені до квітня – початку травня (внаслідок танення снігу), а найменші – в кінці серпня – початку вересня. Багаторічна амплітуда річних коливань – близько 0,5 м, з варіацією від 0,3 до 0,76 м. Водність озер залежить як від поверхневого (снігового і дощового), так

і підземного живлення. Для деяких озер ШНПП певне значення має водообмін через канали.

До озер не надходить поверхневий стік з річок, у межиріччі яких вони розташовані – Західного Бугу та Прип'яті. Тому водність водойм формується шляхом живлення місцевими атмосферними опадами і розвантаженням підземних вод, поповнення яких відбувається в основному за межами озерних водозборів [15].

Стосовно частки підземного живлення у водному балансі озер, то тут існують дві думки. Одні вчені вважають, що для більшості озер воно є основним, а площа підземних водозборів перевищує площу поверхневих (озеро Світязь на 60% живлять підземні води). Головна область живлення водоносного горизонту лежить на Волинській височині. Інші ж дослідники стверджують, що величина притоку підземних вод може істотно змінюватись, але вони не мають визначального впливу на водність озер через незначний (у порівнянні зі змінами опадів та випаровування) їх об'єм.

На основі багаторічних спостережень можна стверджувати, що максимальні рівні води спостерігаються у жовтні-грудні, мінімальні - у червні-липні. Це залежить передусім від опадів та температури повітря. Важливу роль відіграє також і підземне живлення.

Спостереження за коливаннями рівнів поверхневих, підземних і ґрунтових вод тривають понад 30 років. Рівні води в озерах постійно заміряють лише на озері Світязь, де обладнано гідрометричний пост (рис. 3.3).

У 2018 – 2019 роках на Шацьких озерах, зокрема на озері Світязь, спостерігалось значне зменшення рівнів води і водності. Серед можливих причин були названі зміни клімату, зрошення плантацій з лохини, неефективна робота меліоративних систем, будівництво Хотиславського кар'єру, буріння свердловин населенням. Було створено робоча група при ОДА, до якої залучили представників Інституту водних проблем і меліорації НААН України.

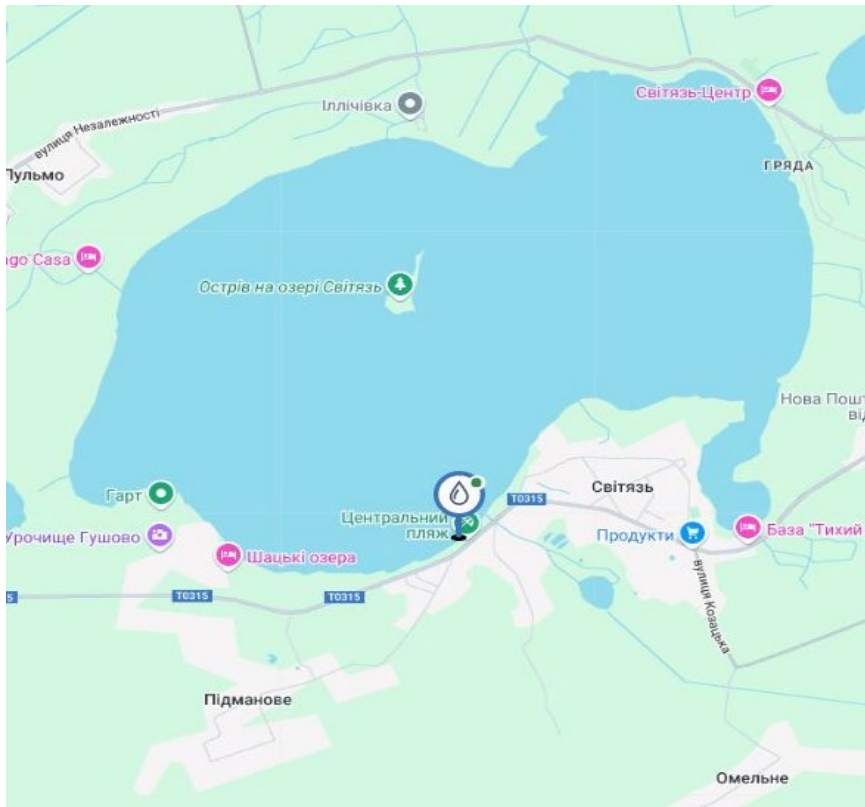


Рис. 3.3. Гідрометричний пост на озері Світязь

Встановлено, що у 2018 році випало на 49,3 млн. м³ води менше, ніж у 2017 році, а у 2018 році - ще на 39,5 млн. м³ менше, ніж в 2018 році. Випаровування порівняно з середньобогаторічним значенням у 2018 році збільшилося на 7,7 млн. м³, а в 2019 році – на 9,6 млн. м³. Найбільше випарування відбувалося з озер великої площі (Світязь, Пулемецьке, Луки, Люцимер), а найменше – з малих озер з захищеною від вітру площею. Зроблено висновок, що головним чинником зменшення водності є зміни клімату, а також має вплив неефективне функціонування меліоративних систем.

У подальших роках рівні води у озерах піднялися до нормального рівня, тобто 2018-2019 роки припали на маловодний кліматичний цикл. Зокрема 30.10.2024 рівень води у Світязі був 168 см, що на 27 см вище за норму. Одночасно у 2019 році рівень тут становив 93 см.

Дослідження зв'язку між рівнями води в озерах та метеорологічними чинниками на основі спостережень на постійному гідрометричному пості,

розташованому на озері Світязь опубліковано в [13]. Величина коефіцієнта кореляції між температурою та рівнями води становило 0,19, величиною опадів та рівнями - 0,39. Встановлено тісніший зв'язок між опадами та рівнями із затримкою на рік - 0,6, що може свідчити про більший вплив на рівні води минулорічних опадів. Обчислено коефіцієнти кореляції між рівнем води в Світязі та комбінаціями окремих метеорологічних факторів:

– між вологістю повітря і рівнями води (В+РВ) – 0,62;

– між температурою повітря і рівнями води (Т+РВ) – 0,28;

– між кількістю опадів та рівнями води (О+РВ) – 0,09;

між вологістю повітря, опадами і рівнями води (В, О+РВ) – 0,67;

– між вологістю, температурою повітря та рівнями води (В, Т+РВ) – 0,76;

Зроблено висновок, що при врахуванні комплексного впливу окремих метеофакторів на рівень води кореляція є тіснішою.

3.3. Динаміка рівня ґрунтових вод

Для спостереження і моніторингу рівнів ґрунтових і підземних вод у Шацькому НПП обладнано відповідні свердловини.

Біля досліджуваних озер спостереження за рівнями ґрунтових вод ведеться по створах свердловин оз. Люцимер – р. Прип'ять (№№ 12 – 15). За рівнями ґрунтових і підземних, вод - біля озера Чорне Велике (№ 2Н, № 2У), свердловина 2Н – для спостереження за рівнем напірних підземних, а 2У - ґрунтових вод.

Характеристика свердловин .

Група свердловин оз. Люцимер – р. Прип'ять:

12у – розташована у господарській зоні, на відстані 152 м від озера Люцимер в напрямку села Плоске, у лісовому масиві вільхи чорної.

13у – розташована у зоні регульованої рекреації, у сосновому стиглому лісі.

14у - розташована у господарській зоні, у сосновому середньовіковому лісі.

15у - розташована у господарській зоні, у сосновому стиглому лісі.

З групи свердловин оз. Люцимер – р. Прип'ять найбільш репрезентативною для оцінки ґрунтового живлення озера можна вважати свердловину 12у.

Куц свердловин - № 2Н, № 2У розташований у прибережній смузі озера Чорне Велике на його східному березі, в зоні регульованої рекреації.



Рис. 3.4. Розташування свердловин (на основі [37]).

З літературних джерел та Літопису природи Шацького НПП ми вибрали дані про рівні підземних і ґрунтових вод у свердловинах, що відносяться до досліджуваних озер. Вони представлені на рис. 3.4 – 3.7.

Результати спостереження за 2023/24 гідрологічний рік (станом на жовтень 2024 року) наведено у таблицях 3.2 та 3.3. Наглядно характер коливання рівнів видно з рисунків 3.8 та 3.9.

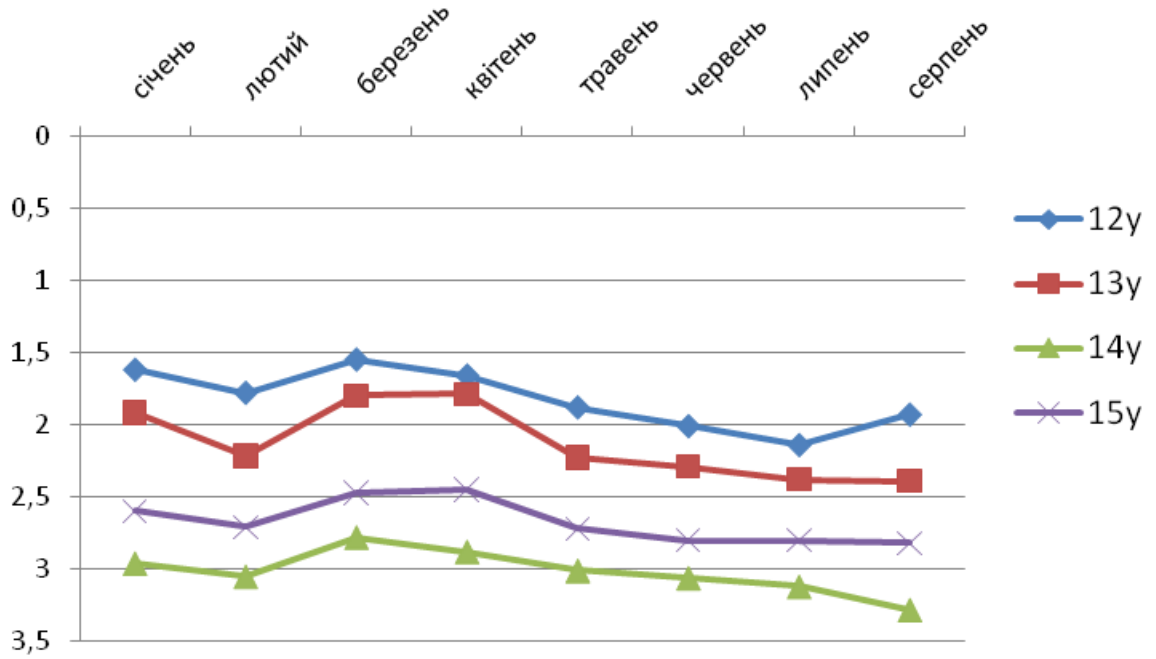


Рис. 3.4 Динаміка рівня ґрунтових вод у свердловинах оз. Люцимер – р. Прип'ять за 2011/2012 гідрологічний рік (з [34]).

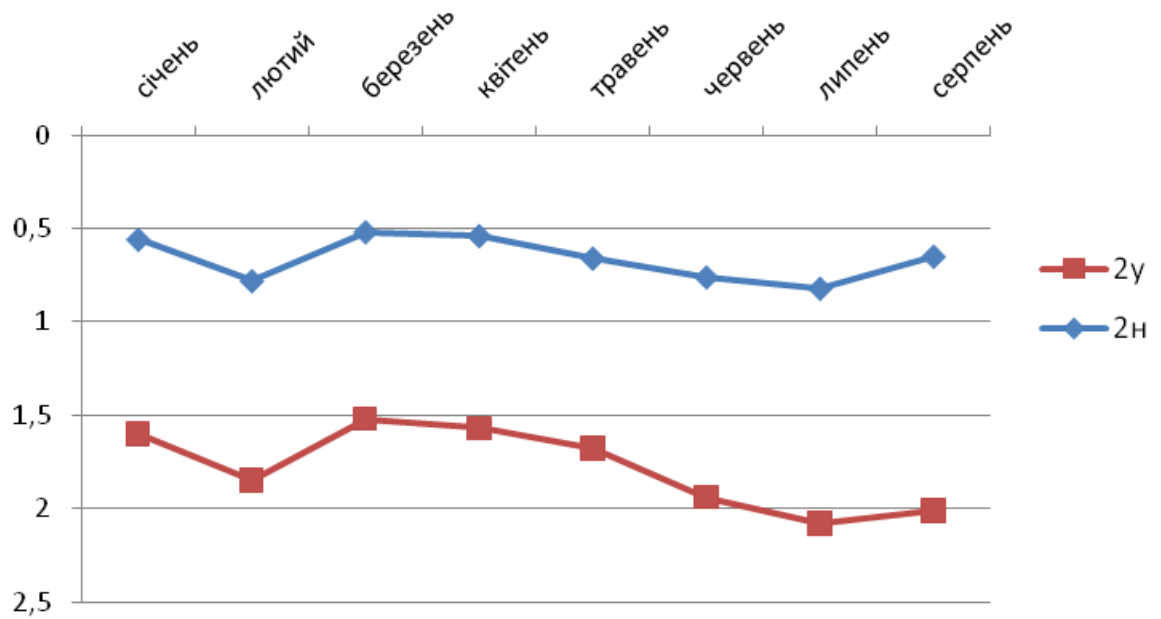


Рис. 3.5 Динаміка рівня ґрунтових і підземних вод у свердловинах оз. Чорне Велике за 2011/2012 гідрологічний рік (з [37]).

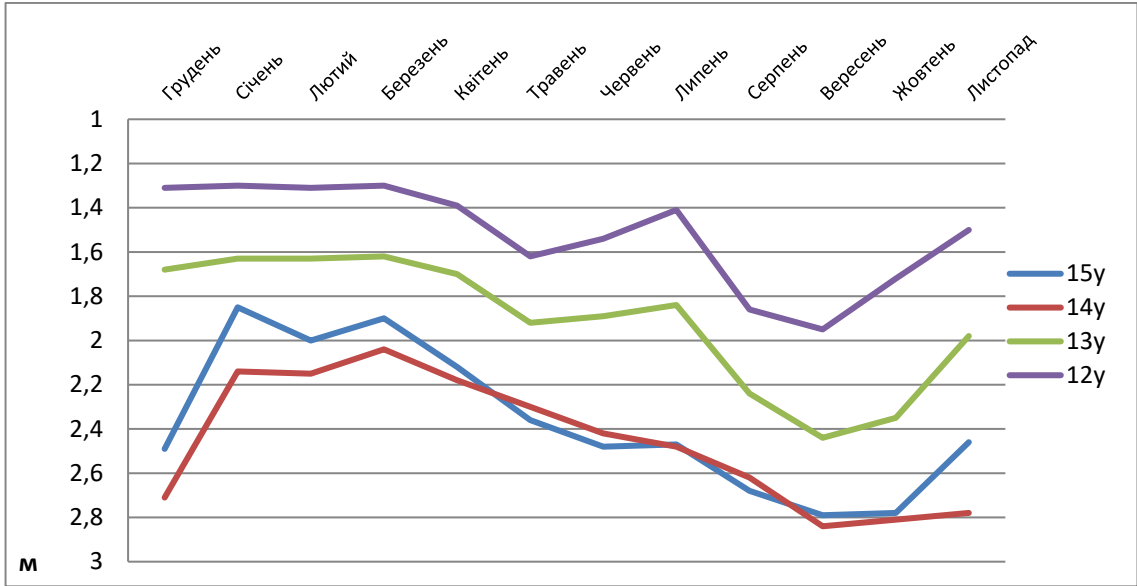


Рис. 3.6 Динаміка рівнів ґрунтових вод по створу свердловин оз. Люцимер - р. Прип'ять за 2022/2023 гідрологічний рік (за «Літопис природи ШНПП 2023»).

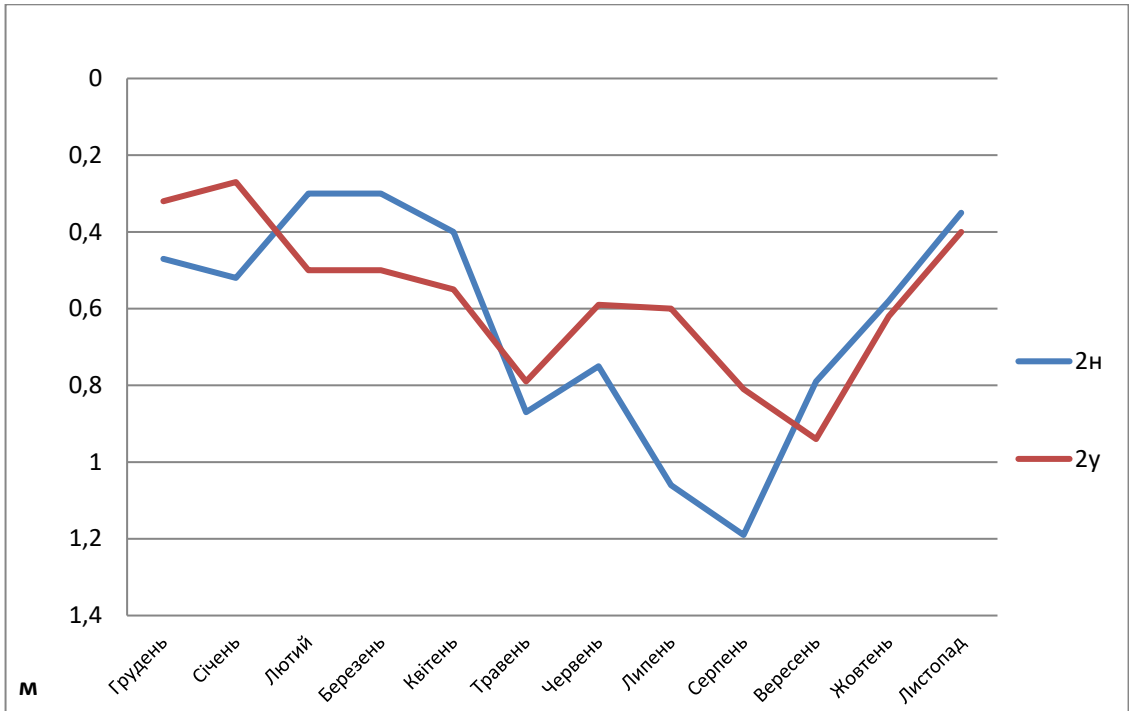


Рис. 3.7 Динаміка рівня ґрунтових та підземних вод свердловин озеро Чорне Велике за 2022/2023 гідрологічний рік (за «Літопис природи ШНПП 2023»)

Таблиця 3.2

Динаміка рівня ґрунтових вод у свердловинах оз. Люцимер – р. Прип'ять за 2023/2024 гідрологічний рік

| № свердловин | Місяці | | | | | | | | | | |
|--------------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 15У | 2,21 | 2,03 | 2,07 | 2,14 | 2,26 | 2,62 | 2,61 | 2,81 | 3,06 | 3,10 | 3,01 |
| 14У | 2,58 | 2,46 | 2,09 | 2,1 | 2,26 | 2,55 | 2,50 | 2,74 | 3,00 | 3,20 | 3,24 |
| 13У | 1,74 | 1,61 | 1,63 | 1,7 | 1,82 | 2,23 | 2,06 | 2,33 | 2,66 | 2,73 | 2,70 |
| 12У | 1,36 | 1,27 | 1,3 | 1,39 | 1,50 | 1,90 | 1,83 | 1,94 | 2,20 | 2,74 | 2,02 |

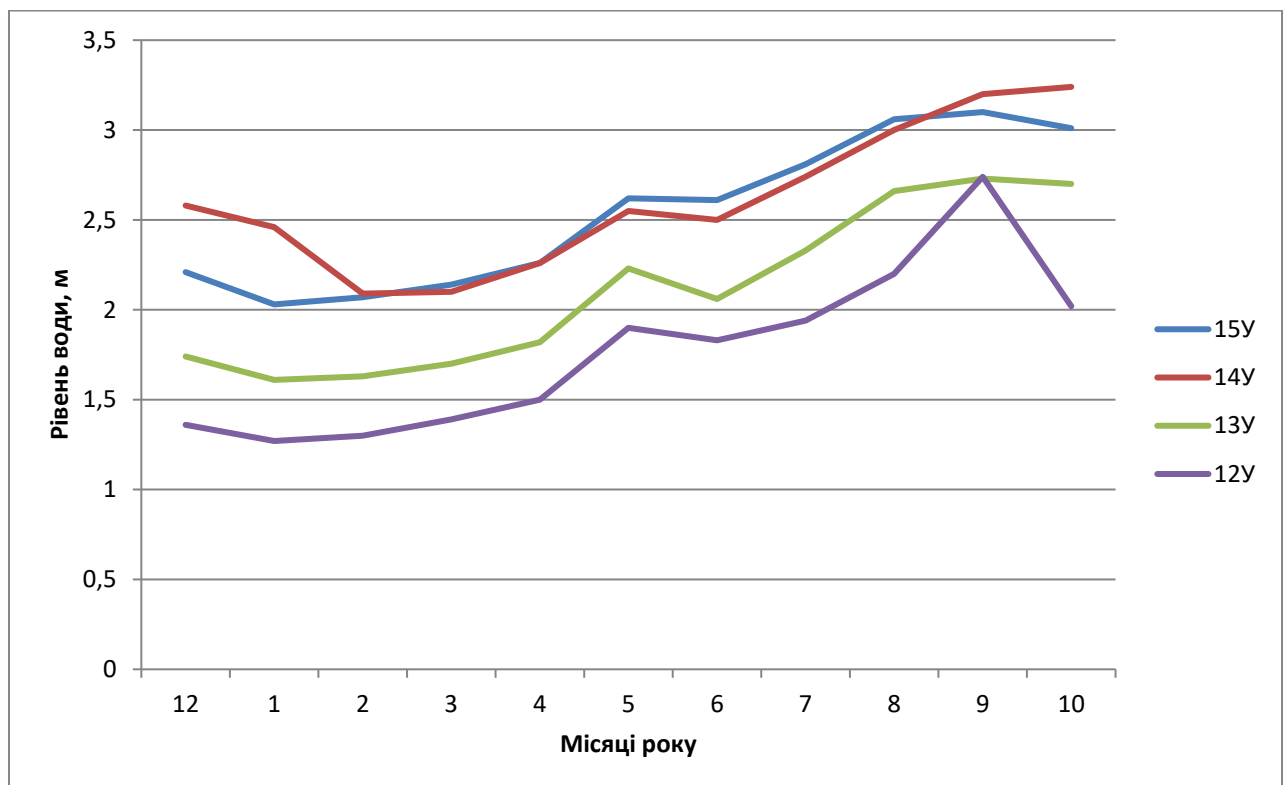


Рис. 3.8 Динаміка рівнів ґрунтових вод по створу свердловин оз. Люцимер - р. Прип'ять за 2023/2024 гідрологічний рік.

Динаміка рівня ґрунтових вод у свердловинах оз. Чорне Велике за
2023/2024 гідрологічний рік

| № свердловин | Місяці | | | | | | | | | | |
|--------------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 2Н | 0,76 | 0,65 | 0,60 | 0,66 | 0,73 | 0,93 | 0,92 | 1,02 | 1,22 | 1,30 | 1,20 |
| 2У | 0,42 | 0,30 | 0,22 | 0,26 | 0,30 | 0,44 | 0,50 | 0,58 | 0,87 | 0,89 | 0,79 |

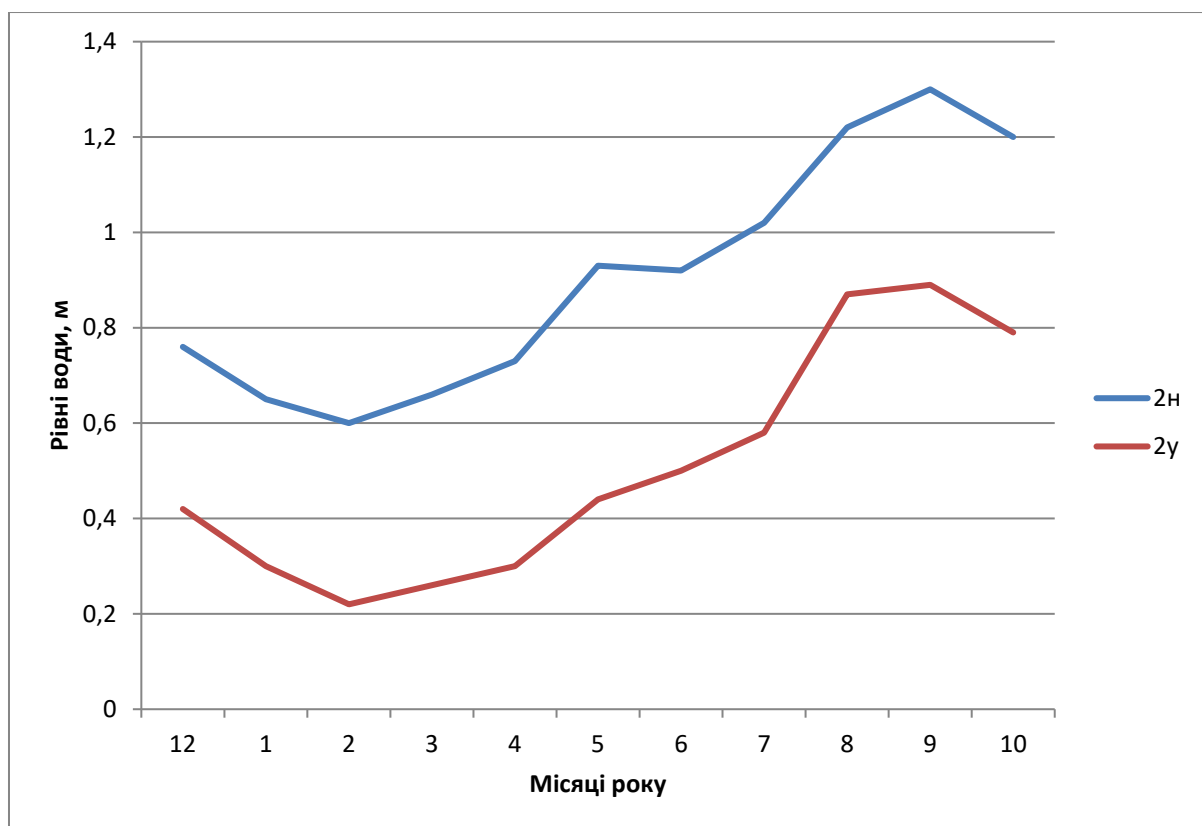


Рис. 3.9 Динаміка рівня ґрунтових та підземних вод свердловин озера Чорне Велике за 2022/2023 гідрологічний рік

У цілому можна стверджувати, що характер динаміки рівнів підземних вод за проаналізовані гідрологічні роки відповідає багаторічним тенденціям.

Враховуючи неоднозначні результати дослідження кореляційних зв'язків між метеорологічними факторами та рівнями води (розділ 3.3), у своїй роботі ми передбачили аналіз залежності рівнів води в озері від рівнів води у свердловинах. Позаяк систематичні спостереження за рівнями води на озерах

Люцимер і Чорне Велике не здійснюється, ми використали матеріали для озера Світязь та свердловин біля нього. Передбачається, що встановлені закономірності будуть у цілому відображати процес і для інших озер, у тому числі досліджуваних.

З матеріалів спостережень за рівнями води у озері Світязь за 2022/23 гідрологічний рік ми вибрали середньомісячні рівні з грудня 2022 по листопад 2023 року. Одночасно використано матеріали спостережень за рівнями ґрунтових і підземних вод у свердловинах 13у (ґрунтові води) та 12н (напірні підземні води). Матеріали наведені у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4.

Динаміка рівнів води в озері Світязь та у дослідних свердловинах

| № свердловини та рівні в озері | 12.2022 | 01.2023 | 02.2023 | 03.2023 | 04.2023 | 05.2023 | 06.2023 |
|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 13у | 0,32 | 0,27 | 0,5 | 0,5 | 0,55 | 0,79 | 0,59 |
| 12н | 0,47 | 0,52 | 0,3 | 0,3 | 0,4 | 0,87 | 0,75 |
| Рівні в озері Світязь | 163,35 | 163,47 | 163,55 | 163,47 | 163,69 | 163,69 | 163,67 |

Продовження таблиці 3.4

| № свердловини та рівні в озері | 07.2023 | 08.2023 | 09.2023 | 10.2023 | 11.2023 |
|--------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 13у | 0,6 | 0,81 | 0,94 | 0,62 | 0,4 |
| 12н | 1,06 | 1,19 | 0,79 | 0,58 | 0,35 |
| Рівні в озері Світязь | 163,67 | 163,68 | 163,62 | 163,55 | 163,56 |

Характер і тіснота зв'язку між рівнями у свердловинах та рівнями води у озері окремо для ґрунтових і напірних підземних вод наведені на рисунках 3.10 та 3.11.

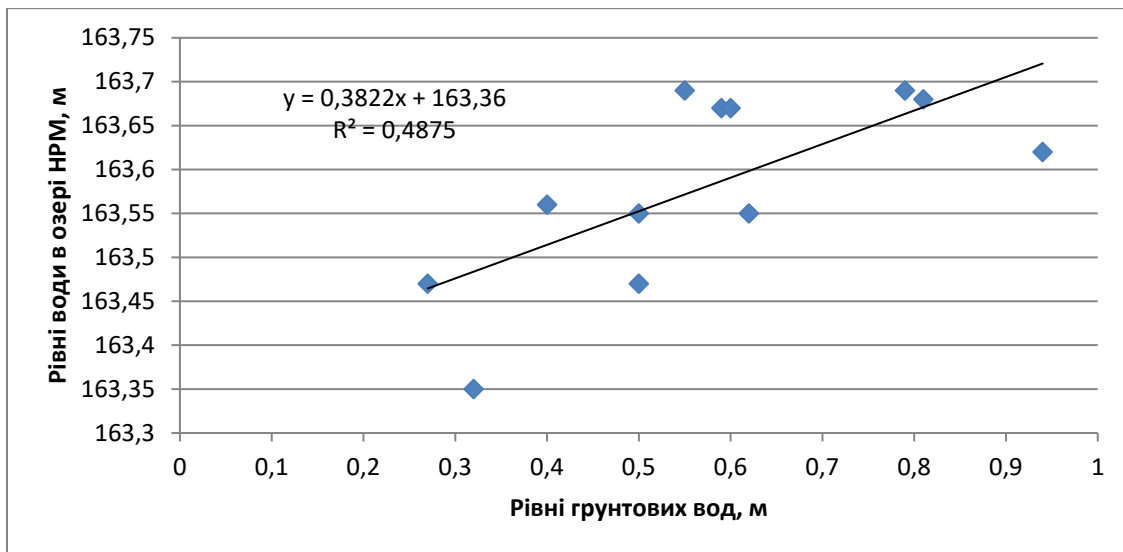


Рис. 3.10. Зв'язок рівнів води у озері Світязь з рівнями ґрунтових вод (свердловина 13у)

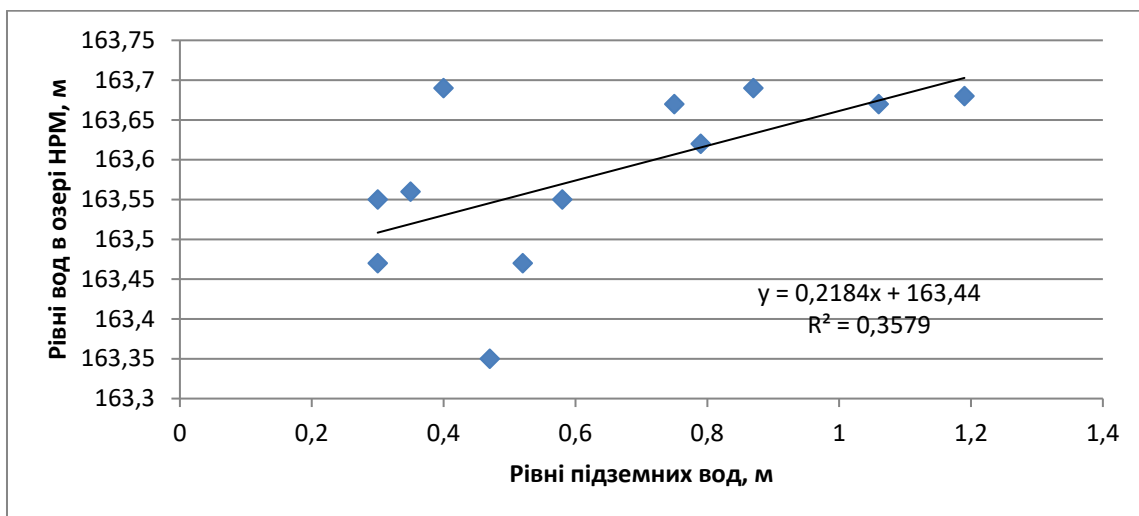


Рис. 3.11. Зв'язок рівнів води у озері Світязь з рівнями підземних вод (свердловина 12н).

З графіків видно що залежність між цими величинами слабка - коефіцієнт детермінації R^2 чисельно показує, яка частина варіації рівнів води в озері залежить від варіації рівнів у свердловинах.

РОЗДІЛ 4. ОЦІНКА САПРОБНОСТІ ОЗЕР ЛЮЦИМЕР ТА ЧОРНЕ ВЕЛИКЕ

Система оцінки сапробності водойми у гідроекології дозволяє швидко і ємно оцінити тип водойми у залежності від співвідношення у її водах різноманітних індикаторних організмів .

На початках у термін сапробність було закладено понятійний дуалізм. З одного боку сапробністю називали класифікацію водних організмів за їхньою опірністю до негативних змін умов водного середовища у результаті забруднення його органічними сполуками (нестача кисню, присутність сполук сірководню). Термін сапробність визначався як комплекс фізіологічних властивостей водного організму, який зумовлює його здатність жити у воді з тим чи іншим ступенем забруднення органічними речовинами [11,18].

Одночасно сапробність це – класифікація та районування водойм за співвідношенням таких основних абіотичних факторів, як концентрація органічних речовин (sapros — гниючий), і концентрація розчиненого у воді кисню.

На сьогодні прийнято вважати, що сапробність – це ступінь забруднення водного середовища органічними речовинами, відповідно розділ гідроекології, який вивчає органічне забруднення водних об'єктів - сапробіологія.

Представники різних систематичних груп водних організмів мають різну чутливість до органічних речовин у воді та продуктів їх розкладу. Гідробіонти, що розвиваються у забруднених органікою водах називаються сапротрофами. Ці водні організми є важливою ланкою у ланцюгу біологічного кругообігу. Сюди перш за все належать бактерії, актиноміцети, а також деякі водорості, які здатні переробляти і засвоювати органіку. Окремі водні тварини можуть жити у воді з малою концентрацією кисню і живитися екскрементами, гниючими залишками.

Виходячи з того, що видова різноманітність гідробіонтів залежно від їх чутливості до забруднення органікою проявляється на біоценотичному рівні, дослідники К. Кольквітц та Р. Марссон запропонували спосіб оцінки ступеня

органічного забруднення водойм за наявності організмів систематичних груп з різним ступенем оксифільності, тобто організмів - біоіндикаторів сапробності.

Води за ступенем їх забруднення органікою були поділені на оліго-, мезо- та полісапробну зони з відповідними назвами гідробіонтів, які живуть у них. Мезосапробну зону пізніше поділили на α -мезосапробну та β -мезосапробну зони. Особливо чисті щодо забруднення органічними речовинами води називаються катаробними, а їх гідробіонти - катаробіонти.

У олігосапробних водах озер відбувається швидка мінералізація органічних речовин. Тут висока концентрація розчиненого у воді кисню і переважаючими є окисні процеси. БСК₅ <1,5 мг O₂/л, сполуки азоту представлені нітратами, відсутній сірководень.

Зона β -мезосапробна характеризується переважанням нітратів, менше є амонійного і нітритного азоту. Сірководень може бути лише у слідовій концентрації. Наявний певний дефіцит кисню, проте він слабо виражений. Органіка мінералізується внаслідок її повного окиснення. БСК₅ у межах 1,6—4 мг O₂/л.

Для α - мезосапробної зони характерним є наявність аміаку, нітритів і амінокислот. Мінералізація органіки відбувається шляхом аеробного окиснення за участі бактерій. БСК₅ = 4—11 мг O₂/л.

У полісапробних водах наявна значна кількість поліпептидів, білків, вуглеводів. Тут є лише слідові концентрації кисню, натомість накопичуються діоксиди сірководню, вуглецю та метану. Тут переважає відновний тип біохімічних процесів. БСК₅ - біля 40 мг O₂/л.

Особливо чисті за сапробністю води називають катаробними. Вони перенасичені киснем, у них відсутні CO₂ та H₂S. БСК₅ уже мале, це вказує на мінімальну концентрацію органічних речовин.

Термін “зона” виник тому, що одній водоймі можуть бути ділянки (чи зони) з різною сапробністю. Це є передусім природною властивістю водойми, яка не пов'язаною з антропогенним впливом.

Таблиця 4.1

Характеристика зон сапробності

| Показники | Зони | | | |
|----------------------------------|--|--|---|---|
| | полісапробна | α-мезосапробна | β-мезосапробна | олігосапробна |
| Сірководень | Багато | Чимало | Мало | Немає |
| Чисельність сапрофітних бактерій | Сотні тисяч — мільйони | Десятки — сотні тисяч | Тисячі — десятки тисяч | Сотні — тисячі |
| Різноманіття видів | Дуже мале | Значне | Велике | Велике |
| Головні групи організмів | Бактерії, безкольорові джгутикові, інфузорії, черви, личинки мух | Бактерії, гриби, синьозелені, зелені джгутикові водорості, інфузорії, черви, коловертки, личинки мух | Синьозелені, діатомові, зелені, водорості; інфузорії; губки; коловертки; молюски; ракоподібні; риби | Зелені, діатомові, динофітові, водорості; коловертки; губки; молюски; ракоподібні; риби |
| Переважання окремих видів | Дуже сильне | Сильне | Значне | Звичайно слабке |
| Продуценти | Немає | Мало | Багато | Багато |
| Консументи | Дуже багато | Багато | Багато | Небагато |

Наприклад, у прибережній зоні з мулистими берегами зазвичай фіксується α-мезосапробна зона. Тут відбуваються активні природні процеси старіння водойми, заростання мілководдя. Натомість проби, взяті у найглибших ділянках, часто дають результат, характерний для полісапробної зони.

Для оцінки сапробності водного об'єкту запропоновано цілий ряд методик, які базуються на оцінці біоіндикаторних гідробіонтів. Система Кольквітца-Марсона вимагала дуже високої кваліфікації дослідників, бо передбачала визначення найдрібніших планктонних організмів до їх виду. У 1965 році Сладечек дещо змінив систему Кольквітца-Марсона, була запропонована система оцінки Гуднайта-Уїтлея (за часткою у пробі

малоцетинникових червів – олігохет). Найпростішими достовірними методами можна вважати систему індексів Ф. Вудівісса та Майєра.

4.1 Оцінка за методикою Вудівісса

Найбільш відомий індекс Ф. Вудівісса (індекс р. Трент). Оцінюючи реакцію бентосу на забруднення Вудівіс побачив, що при збільшенні органічного забруднення насамперед зі складу донної фауни випадають найчутливіші групи тварин - веснянки, потім одноденки, волохокрильці та ін. Врешті залишаються лише личинки хірономід (дзвінців) та олігохети, які зникають тільки при дуже сильному забрудненні. На цьому він розбив усі ступені забруднення на 10 класів та запропонував таблицю для їх визначення, виходячи з наявності чи відсутності певних груп гідробіонтів з урахуванням загальної кількості груп.

Під терміном "група" розуміються водні організми, визначені до певного таксону. Для личинок веснянок і одноденок, наприклад, це вид, для інших груп, які важко визначити – родина (тубіфіциди для олігохет). Величина індексу залежить також від розмаїття "груп" (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Біотичний індекс Вудівісса

| Но ме р ряд ка | Наявність видів- індикаторів | Кіль кість видів - індикат орів | Загальна кількість груп бентосних організмів | | | | | |
|----------------------------|---|---|--|-------|--------|------------|------------|-----------|
| | | | 0 – 1 | 2 – 5 | 6 - 10 | 11 - 15 | 16 - 20 | більше 20 |
| 1 | Личинки веснянок (Plec optera) | більше | - | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 2 | | 1 1 вид | - | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 3 | Личинки одноденок (Ephemeroptera) | більше | - | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 4 | | 1 | - | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |

| | | | | | | | | |
|----|--|----------|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 вид | | | | | | |
| 5 | Личинки ручайників | більше 1 | - | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 6 | (волохокрильців)(Trichoptera) | 1 вид | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 7 | Бокоплати | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 8 | Водяний ослик (Asellus aquaticus) | | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 9 | Олігохети або личинки дзвінців (хірономід) | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 10 | Відсутні усі вище перераховані групи | | 0 | 1 | 2 | - | - | - |

Наприклад, якщо у точці відбору виявлено від 2 до 5 груп, а серед них є личинки веснянок, то індекс Вудівісса дорівнює 6-7 у залежності від кількості видів. Якщо за такої ж кількості груп є лише тубіфіциди та хірономіди (личинки дзвінців), то значення індексу 2. Велика цінність цієї методики полягає у відносно легкій ідентифікації за груп, це під силу зробити і неспеціалісту-систематику.

Багато дослідників, порівнюючи системи біоіндикації за зообентосом, стверджують, що метод Ф. Вудівісса заслуговує на те, щоб вважати його "класичним". Але досвід його застосування в різних країнах показав, що, будучи розроблений для річок Англії, він придатний не для всіх типів водойм;

зокрема дає незадовільні результати для великих рівнинних водосховищ. До недоліків цього методу відносять недостатню кореляцію групи з чисельністю організмів, які до неї входять. Внаслідок цього завищується значення дуже нечисленних груп.

Проте, незважаючи на ці застереження, метод Вудівісса широко застосовується у всіх країнах Європи і частково на американському континенті. Окрім того, можна зустріти думку, що даний метод мало підходить для оцінки водойм, зокрема озер. Проте академік НАН України, професор О.Є.Слепньов використовував метод для визначення сапробності озер у Шацькому НПП. Тому ми вирішили застосувати методи Вудівісса у наших дослідженнях.

Як було зазначено в розділі 2, проби донного мулу відбиралися у п'ятикратній повторності на двох точках (станціях), які відзначені на рис. 4.1.



Рис. 4.1. Місця відбору проб на дослідних озерах

У таблицях 4.3 та 4.4 наведено результати визначення бентосних організмів на кожній з двох станцій для озер Люцимер та Чорне Велике

Таблиця 4.3

Результати оцінки складу макрозообентосу на озері Люцимер

| Види - індикатори | Номер станції | |
|---|---------------|---|
| | 1 | 2 |
| Личинки веснянок (Plecoptera) | - | - |
| Личинки одноденок (Ephemeroptera) | - | - |
| Личинки ручайників (волохокрильців)(Trichoptera) | + | - |
| Бокоплати | + | + |
| Водяний ослик (Asellus aquaticus) | + | + |
| Олігохети | + | + |
| Личинки дзвінців (хірономід) | + | + |

Кількість присутніх груп на станції 1 – 7, на станції 2 – 6.

Таблиця 4.4

Результати оцінки складу макрозообентосу на озері Чорне Велике

| Види - індикатори | Номер станції | |
|---|---------------|---|
| | 1 | 2 |
| Личинки веснянок (Plecoptera) | - | - |
| Личинки одноденок (Ephemeroptera) | - | - |
| Личинки ручайників (волохокрильців)(Trichoptera) | - | - |
| Бокоплати | - | + |
| Водяний ослик зрячий (Asellus aquaticus) | + | + |
| Олігохети | + | + |
| Личинки дзвінців (хірономід) | + | + |

Кількість присутніх груп на станції 1 –6, на станції 2 – 7.

Таким чином за результатами наших досліджень можна стверджувати, що в озері Люцимер індекс Вудівісса на станціях 1 і 2 дорівнює 5,. Ці показники

для обох станцій відповідають α -мезосапробній зоні на межі з β -мезосапробною зоною. Клас якості води III.

Цей же індекс для озера Чорне Велике на першій станції дорівнює 4 (α - мезосапробна зона), а на другій станції – індекс 5 (α -мезосапробна зона на межі з β -мезосапробною).

4.2 Оцінка за методикою Майєра

Ця методика навіть дещо простіша, ніж Вудівісса. Її основні переваги: безхребетних не потрібно визначати з точністю до виду; методика можна застосовувати для будь-яких типів водойм. Методика Майєра також використовує приуроченість груп безхребетних до вод із певним рівнем забрудненості органікою. Організми-індикатори за Майєром віднесені до одного з трьох розділів (табл.. 4. 3)

Таблиця 4.5.

Групи організмів за індексом Майєра

| Жителі чистих вод | Організми середньої чутливості | Жителі забруднених вод |
|---------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Личинки веснянок | Бокоплави (амфіподи) | Личинки комарів-звінців |
| Личинки одnodенок | Річковий рак | (хірономід) |
| Личинки ручайників | Личинки бабок | П'явки |
| Личинки вислокрилок | Личинки комарів | - Водяний віслючок |
| Двостулкові молюски | довгоніжок | Ставковики |
| | Моллюски-котушки, | Личинки мошки |
| | моллюски-живородки | Малощетинкові черви (олігохети) |

Потрібно в'яснити, які з табличних індикаторних груп були виявлені в пробах. Число груп з першого розділу таблиці слід помножити на 3, кількість груп з другого розділу - на 2, а з третього - на 1. Отримані результати треба підсумувати.

Значення суми характеризує власне ступінь органічного забруднення водойми. Якщо сума більша 22 – вода відноситься до 1 класу якості, сума від 17 до 21 - другий клас (як і у першому випадку водойма буде оцінена як олігосапробна). Сума від 11 до 16 балів – 3 клас якості (бета-мезосапробна зона). Усі значення, менші за 11 характеризують водойму як брудну (альфа-мезосапробна або полісапробна).

У таблицях 4.6 та 4.7 зведені дані про склад зоопланктону для оцінки сапробності за методом Майєра.

Таблиця 4.6

Результати оцінки складу гідробіонтів на озері Люцимер

| Групи організмів | Наявність на станціях | | Групи організмів | Наявність на станціях | | Групи організмів | Наявність на станціях | |
|------------------------------|-----------------------|----------|------------------------------|-----------------------|----------|-------------------------------------|-----------------------|----------|
| | 1 | 2 | | 1 | 2 | | 1 | 2 |
| Личинки веснянок | - | - | Бокоплави (амфіподи) | + | + | Личинки комарів-звінців (хірономід) | + | + |
| Личинки одноденок | - | - | Річковий рак | - | - | П'явки | - | - |
| Личинки ручайників | + | - | Личинки бабок | - | - | Водяний віслючок | + | + |
| Личинки вислокрилок (сіалід) | + | + | Личинки комарів - довгоніжок | - | - | Ставковики | + | + |
| Двостулкові молюски | - | - | Молюски-катушки, | - | - | Личинки мошки | - | - |
| | | | Молюски живородкові | - | - | Малощетинкові черви (олігохети) | + | + |
| ДОБУТОК | 6 | 3 | | 2 | 2 | | 4 | 4 |

Аналіз показав, що на першій станції озера Люцимер індекс Майєра дорівнює 12, тобто відповідає бета-мезосапробній зоні на межі з альфа-мезосапробною. Натомість на другій станції індекс становить 9 - альфа-мезосапробна зона, ближче до бета-мезосапробної.

Таблиця 4.7

Результати оцінки складу гідробіонтів на озері Чорне Велике

| Групи організмів | Наявність на станціях | | Групи організмів | Наявність на станціях | | Групи організмів | Наявність на станціях | |
|------------------------------|-----------------------|----------|------------------------------|-----------------------|----------|-------------------------------------|-----------------------|----------|
| | 1 | 2 | | 1 | 2 | | 1 | 2 |
| Личинки веснянок | - | - | Бокоплави (амфіподи) | - | + | Личинки комарів-звінців (хірономід) | + | + |
| Личинки одноденок | - | - | Річковий рак | - | - | П'явки | - | - |
| Личинки ручайників | - | - | Личинки бабок | + | - | Водяний віслючок | + | + |
| Личинки вислокрилок (сіалід) | + | + | Личинки комарів - довгоніжок | + | + | Ставковики | + | - |
| Двостулкові молюски | - | - | Молюски-котушки, | - | - | Личинки мошки | - | - |
| | | | Молюски живородкові | - | - | Малощетинкові черви (олігохети) | + | + |
| ДОБУТОК | 3 | 3 | | 4 | 4 | | 4 | 3 |

Для першої станції на озері Чорне Велике індекс Майєра 11 (бета-мезосапробна зона на межі з альфа-мезосапробною), для другої станції – 10 (альфа-мезосапробна на межі з бета-мезосапробною).

У цілому наші дослідження показали, що за показниками сапробності, визначеними методами Вудівісса і Майєра, води озер Люцимер і Чорне Велике перебувають на межі між альфа-мезосапробною та бета-мезосапробною зонами, тобто відповідають III класу якості вод задовільної категорії якості.

Слід зазначити, що дослідженнями, проведеними у 2010 році О.Слепньовим [26] встановлено індекс сапробності озера Люцимер 1 – 3 бали за 10-бальною шкалою Вудівісса, що відповідає полісапробній та альфа-мезосапробній зонам. Відповідно наші дослідження свідчать про покращення стану озера Люцимер за показником сапробності.

РОЗДІЛ 5. ОЦІНКА ТРОФНОСТІ ОЗЕР ЛЮЦИМЕР ТА ЧОРНЕ ВЕЛИКЕ

Трофічний тип водойми - це рівень біологічної продуктивності, який визначається багатьма взаємопов'язаними фізико-хімічними та біологічними процесами. Оцінка трофічного статусу передбачає використання комплексу ознак, що доповнюють одна одну.

Біологічна продуктивність озера пов'язана з відповідними лімнологічними характеристиками і з характером землекористування на водозборі, специфікою гідрографічної мережі, температурним режимом і іншими компонентами, що об'єднані в системі "водозбір-озеро".

У 20- ті роки минулого століття вчені Тінеман та Науман запропонували виділяти три типи озер: дистрофний, оліготрофний і евтрофний. Вони встановили, що біологічна продуктивність (трофність) пов'язана з абіотичними факторами, географічним розташуванням водойми. Ця класифікація вважається екологічною, бо трофічний тип водойми оцінюється за зв'язками біологічних показників з абіотичними чинниками (кольоровість, глибина, прозорість водойми, біогени, наявність гіполімніального (придонного) кисню, рН та ін.).

У оліготрофних водоймах міститься незначна кількість біогенних речовин, вони мають високу прозорість, переважно велику глибину. Розвиток фітопланктону слабкий. Вміст кисню у воді лише незначно відхиляється від його максимального насичення. Тут переважають пасовищні трофічні ланцюги, мало мікроорганізмів, а ланцюги розкладання слабо виражені.

У евтрофних водоймах відбувається інтенсивний розвиток фітопланктону, тут більша мінералізація і підвищений вміст біогенних речовин. Вони неглибокі (до 10-15 метрів), у них низька прозорість. Завдяки інтенсивному фотосинтезу фітопланктону верхньому фотичному шарі деколи виникає надлишок кисню, а поблизу дна озера - значний його дефіцит. Все більшого значення набуває детритний трофічний ланцюг. Він стає єдиною можливим в умовах дефіциту кисню і надлишку мертвого органіки.

Для дистрофних водойм характерна низька мінералізація, мала кількість біогенних речовин, натомість великий вміст гумусових речовин, переважно важкорозчинних гумінових кислот. Водний гумус становить основну масу розчиненої органіки у водоймах. Тут низький розвиток фітопланктону. Функціонування дистрофних гуміфікованих водойм визначається кількістю енергії, яка надходить ззовні разом з алохтонною органічною речовиною. Структура біоценозів тут спрощена, у трофічних зв'язках переважають детритно-бактеріальні ланцюги харчування. Це озера боліт.

Проміжним типом між оліготрофним та евтрофним є мезотрофний тип озер.

У 50-их роках ХХ століття лімнолог Оле запропонував концепцію трофічної типізації водойм, яка базується на оцінці інтенсивності кругообігу органічної речовини. Функціональним показником тут є величина первинної продукції фітопланктону та концентрація хлорофілу у воді. На цій основі появились перші кількісні шкали оцінки трофності, які пізніше були доповнені величиною біомаси фітопланктону. Цей підхід названий продукційно-біологічним. Він заснований на співвідношенні величин валової продукції (А) та деструкції (R), які були запропоновані Вінбергом. Спочатку він не привернув до себе уваги, але потім зайняв своє важливе місце. В основі цього підходу лежить біоактивність, яка визначає функціонування озера в цілому.

Класифікації, які побудовані на продукційно-біологічній основі, дають змогу не лише визначати трофічний статус водойми, а й також оцінити динаміку його стану, що є дуже актуальним у сучасній екологічній ситуації. Служби моніторингу, на основі кількісних функціональних показників, отримали можливість відслідковувати незначні зміни у екосистемах навіть в межах одного трофічного типу.

Сучасні концепції системної екології розглядають водойму як організовану взаємопов'язану систему, у якій тісно взаємодіють усі елементи. Це дозволило зробити значний крок у оцінці трофності водойм. Серед показників помітне місце стали займати інтегральні показники.

Класифікації трофічного стану озер мають один загальний недолік - велика дискретність градацій, внаслідок чого дуже важко здійснити ранжування трофічного стану для екосистем які близькі між собою за характеристиками. Одночасно таке ранжування водойм становить певний інтерес, оскільки може вказувати на темпи евтрофікації, і, відповідно, на пріоритет уваги до моніторингу водойм та їх охорони.

Цього недоліку практично позбавлені числові індекси трофічного стану. Головна перевага їх полягає у поданні трофічного стану водойми у вигляді конкретних числових значень. Індекси дуже зручні для озер між собою, оцінки змін стану водойми з плином часу, а також при вираженні результатів моделювання.

Тому з'явилися також нові класифікаційні шкали, у тому числі і нумеричні, запропоновані лімнологом Карлсоном, які отримали найбільшу популярність і поширеність серед лімнологів.

У основу визначення трофічного індексу Карлсона покладені тісні кореляційні залежності між окремими параметрами водного середовища (прозорість, концентрація хлорофілу у воді та вміст загального фосфору). Запропонований Р.Карлсоном індекс названий TSI (Trophic State Index), він заснований на простих регресійних зв'язках між найважливішими показниками трофічного стану: прозорості по диску Секкі в літній період, концентрації загального фосфору у воді водойми, концентрації хлорофілу у воді водойми [Carlson, 1977].

За основу індексу Р.Карлсоном було взято значення прозорості води в метрах за диском Секкі. Кожен з трьох вищеперерахованих показників розподілений за стобальною шкалою, відповідно і TSI може бути визначений або за допомогою одного з цих показників, або за їх комбінацією. Регресивні рівняння для розрахунку індексу Карлсона відповідно для прозорості по диску Секи, концентрації хлорофілу і концентрації загального фосфору мають вигляд:

$$TSI_{SD} = 60 - 14,41 * \ln SD$$

$$TSI_{Ch} = 9,81 * \ln Chl + 30,6$$

$$NSI_p = 14,42 * \ln P_{\text{заг}} + 4,15$$

У цих формулах SD – прозорість води за диском Секкі, м;

Chl – концентрація хлорофілу «а», мг/м³;

$P_{\text{заг}}$ - концентрація загального фосфору, мг/м³

У таблицю 4.1 зведені показники для визначення TSI при різних їх значеннях.

Таблиця 4.1

Трофічний індекс та параметри, за якими його визначають

| Тип водойми | TSI | Прозорість, м | $p_{\text{заг}}$ *, мг/м ³ | Chl "а"*, мг/м ³ |
|----------------|-----|---------------|---------------------------------------|-------------------------------|
| Оліготрофний | 0 | 64 | 0.75 | 0.04 |
| | 10 | 32 | 1.5 | 0.12 |
| | 20 | 16 | 3 | 0.34 |
| | 30 | 8 | 6 | 0.94 |
| Мезотрофний | 40 | 4 | 12 | 2.6 |
| | 50 | 2 | 24 | 6.4 |
| Евтрофний | 60 | 1 | 48 | 20 |
| | 70 | 0.5 | 96 | 56 |
| Гиперевтрофний | 80 | 0.25 | 192 | 154 |
| | 90 | 0.12 | 384 | 427 |
| | 100 | 0.062 | 768 | 1183 |

* у поверхневому шарі води

Усереднення величини індексу за різними показниками дозволяє згладжувати можливі помилки і більш об'єктивно відобразити трофічний стан водойми, незважаючи на очевидну скорельованість показників.

Проте використання індексу NSI може привести до неправильних результатів у разі азотного, а не фосфорного лімітування водойми. Тоді значення індексу за величиною загального фосфору набагато перевищує значення по хлорофілу (що, до речі, може бути використано для визначення елемента, який лімітує евтрофікацію водойми). Пізніше, при коригуванні

індексу Карлсона були включені додаткові показники: концентрація загального азоту у водоймі, концентрація кисню в гіполімніоні, поширеність макрофітів. []].

Перевага нумеричних шкал полягає в можливості чисельного вираження безперервного ряду трофічних станів цифрами від 0 до 100. При частих і численних спостереженнях ці показники дозволяють стежити за незначними змінами у водних екосистемах.

Хорошою характеристикою стану водної екосистеми вважається інформація про кисневий режим водойми. Найчастіше за критерій стану екосистеми за киснем використовують швидкість наростання дефіциту кисню в гіполімніоні. В. Уокер встановив дуже тісну залежність величини споживання кисню в гіполімніоні (СКГ) від середнього індексу Р.Карлсона для великого числа водойм, включаючи і водосховища, та запропонував доповнити способи визначення TSI показником споживання кисню, скоригованими на глибину водойми [Walker , 1979].

$$TSI_{DO} = 175 + 21,3 * LN(СКГ) - 96,8 * LnZ + 18,9 * (LnZ)^2$$

Де Z - середня глибина водойми, м

Проте існує складність для використання такого показника: для розрахунку швидкості споживання кисню в придонних шарах необхідно проводити спостереження за розподілом кисню по вертикалі протягом вегетаційного сезону в умовах відсутності повного вертикального перемішування. Крім того, зміна вмісту кисню в гіполімніоні характеризує процес первинного продукування лише побічно, через споживання його при розкладанні органічної речовини, яка осіла на дно. Одночасно інформативні не лише дефіцит кисню, але і кисневе пересичення води, яке часто спостерігається в епілімніоні евтрофних водойм.

Є простіша інтегральна характеристика кисневого режиму водойм - значення концентрації кисню, середньозваженої за вертикальними шарами. Як доповнення індексу Р.Карлсона Д.Порселою [Porsela et al., 1980] був запропонований індекс розчиненого кисню, який характеризує ступінь відхилення концентрації кисню у водоймі від нормальної при даній

температурі. З огляду на те, що продукційної-деструкційні процеси призводять як до перенасичення, так і до недонасичення води киснем цей індекс розраховується за абсолютними величинами відхилень концентрації кисню від насичення. Цей показник, який можна назвати Індексом кисню (ІК) цілком можна використовувати для характеристики трофічного стану водойм (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Індекс ІК для різного типу водойм

| Тип водойми | Значення індексу ІК, мг/л |
|-------------------------|---------------------------|
| Оліготрофний | < 1,3 |
| Оліготрофно-мезотрофний | 1,3-1,8 |
| Мезотрофний | 1,8-2,1 |
| Мезоевтрофний | 2,1-2,6 |
| Евтрофний | >2.6 |

У цілому з'явилося багато класифікаційних шкал, заснованих на гідрологічних, гідрохімічних і біологічних характеристиках водойм наприклад наведені у табл. 4.3.

Таблиця 4.3

Типи озер за змістом хлорофілу, біомаси фітопланктону і первинної продукції

| Тип озера | Хлорофіл, мг/л | Біомаса, г/м ³ | Продукція, г С/м ² рік |
|-------------|----------------|---------------------------|-----------------------------------|
| Оліготрофне | <1.5-3 | 0.5-1 | <12.5-25 |
| Мезотрофне | 3-12 | 1-4 | 25-100 |
| Евтрофне | 12-48 | 4-16 | 100-400 |
| Гіпертрофне | >48 | >16 | >400 |

Проаналізувавши вищенаведені індекси, з врахуванням тривалості досліджень і можливостей визначення окремих параметрів, для оцінки

трофічного стану озер Люцимер і Чорне Велике ми зупинилися на індексі Карлсона, який базується на прозорості води за диском Секкі. Для кожного озера прозорість заміряна двічі: 19 серпня та 9 вересня 2024 року у двох повторностях.

Таблиця 4.4

Результати визначення трофічного стану озера Люцимер
за показником TSI_{SD}

| 19 серпня | | | 9 вересня | | |
|-------------------------------|------|------------|-------------------------------|-----|------------|
| Прозорість дискон Секкі, м | за | TSI_{SD} | Прозорість дискон Секкі, м | за | TSI_{SD} |
| 1 | 0,7 | 65,1 | 1 | 0,9 | 61,5 |
| 2 | 0,8 | 63,2 | 2 | 1,1 | 58,6 |
| середнє | 0,75 | 64,1 | сер | 1,0 | 60 |

Прозорість води на початку осені дещо більша, ніж на кінець літа. Орієнтуючись на значення TSI_{SD} , згідно з таблицею 4.1, можна констатувати, що озеро Люцимер у серпні місяці є однозначно евтрофним. Осінні показники також вказують на евтрофний тип озера, окрім одного заміру, де TSI_{SD} є на межі мезотрофного типу.

Таблиця 4.5

Результати визначення трофічного стану озера Чорне Велике
за показником TSI_{SD}

| 19 серпня | | | 9 вересня | | |
|-------------------------------|-----|------------|-------------------------------|------|------------|
| Прозорість дискон Секкі, м | за | TSI_{SD} | Прозорість дискон Секкі, м | за | TSI_{SD} |
| 1 | 0,8 | 63,2 | 1 | 1,0 | 60 |
| 2 | 0,8 | 63,2 | 2 | 1,1 | 58,6 |
| середнє | 0,8 | 63,2 | сер | 1,05 | 59,3 |

Прозорість, а, відповідно, і трофічність озера Чорне Велике за показником TSI_{SD} близькі до таких же показників на озері Люцимир. У вересні також прозорість збільшується порівняно з серпнем, причому за середнім осіннім показником озеро вже можна віднести до типу мезотрофне.

У цілому можна стверджувати, що на кінець літа трофічний тип озер Люцимер і Чорне Велике є евтрофним (середнє значення TSI_{SD} відповідно дорівнює 64,1 та 63,2). На початку осені озеро Люцимер на межі між мезотрофний і евтрофним станом, а Чорне Велике – мезотрофне (середнє $TSI_{SD} = 59,3$).

РОЗДІЛ 6. ГІДРОХІМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОЗЕР ЛЮЦИМЕР ТА ЧОРНЕ ВЕЛИКЕ

Гідрохімічні показники є обов'язковою складовою для екологічної оцінки водних об'єктів, оскільки забруднення водою як неорганічними, так і органічними сполуками призводить до евтрофікації, ацидифікації, підвищення мінералізації та сапробності.

Нами було опрацьовано низку публікацій, присвячених аналізу якості води Шацьких озер протягом попередніх десятиліть, з яких виокремлено і проаналізовано дані, що стосуються якості води в оз. Люцимер і оз. Чорне Велике. Також на основі даних Лабораторії моніторингу вод та ґрунтів Регіонального офісу водних ресурсів у Волинській області статистично опрацьовано ряди даних гідрохімічних показників і досліджено динаміку зміни забруднюючих речовин та показників якості води в оз. Люцимер і оз. Чорне Велике протягом 2018-2024 років.

6.1 Ретроспективний огляд досліджень якості води в Шацьких озерах

Перші опубліковані результати гідрохімічних досліджень Шацьких озер відносяться до 1949 року. З 1975 р. довготривалі дослідження Шацьких озер проводилися науковцями Інституту гідробіології НАН України. Також гідрохімічні показники озер досліджували науковці Волинського національного університету ім. Лесі Українки, Національного університету біоресурсів і природокористування України.

Результати гідрохімічних досліджень води окремих озер протягом 1989-1995 р.р. опубліковані у [10]. Звернено увагу, що за період 1989-1995 р.р. мінералізація води збільшилася в 1,2-1,4 рази в основному через збільшення у воді сульфатів, в той же час концентрації гідрокарбонатів та хлоридів не змінилася. Також за цей період у воді Шацьких озер збільшилася вдвічі концентрація амонійного азоту і у 7-17 разів концентрація нітритів. В озерах Люцимер і Чорне Велике відзначено порівняно з іншими озерами найбільші концентрації азоту і фосфору. Зроблено висновок, що погіршення

гідрохімічного стану озер викликане збільшенням антропогенного навантаження. Згідно з дослідженнями, основними джерелами азотного і фосфорного забруднення озер є сільськогосподарські угіддя і населення, зокрема для оз. Люцимер і оз. Чорне Велике основним джерелом забруднення є постійні жителі, для інших озер – сільськогосподарські угіддя.

Пізніші дослідження гідрохімії Шацьких озер протягом 1996-2007 р. опубліковані у серії статей з результатами досліджень деяких окремих озер, зокрема узагальнено результати гідрохімічних показників оз. Чорне Велике [5]/

У [15] наведено усереднені значення гідрохімічних показників в озерах Люцимер і Чорне Велике у період 2006-2009 р.р. (табл.6.1).

Таблиця 6.1

Вміст забруднюючих речовин у озерах Чорне велике і Люцимер протягом 2006-2009 рр [111]

| Показник | Оз. Люцимер | Оз. Велике Чорне |
|--------------------------------------|-------------|------------------|
| Амоній сольовий, мг/дм ³ | 1,05 | 1,23 |
| БСК5, мг/дм ³ | 2,64 | 4,86 |
| Завислі речовини, мг/дм ³ | 4 | 7 |
| Залізо загальне, мг/дм ³ | 0,1 | 1,38 |
| Мідь, мг/дм ³ | 0,015 | 0,013 |
| Нітрати, мг/дм ³ | 1,23 | 0,04 |
| Нітрити, мг/дм ³ | 0,026 | 0,025 |
| Фосфати, мг/дм ³ | 0,07 | 0,12 |

На основі отриманих даних охарактеризовано води озер за класами і категоріями. Зокрема, для озера Люцимер клас води – III, категорія води 3-4. Екологічний індекс $I_e=3,64$, блокові індекси $I_1= 3,33$, $I_2= 4,0$, $I_3= 3,6$. Критичні показники: $SO_4^{2-} - 56,5$ мг/дм³, $NO_3^- - 1,23$ мг/дм³, $F^- - 0,83$ мг/дм³. Для озера Чорне Велике $I_e=5,08$, $I_1= 6,33$, $I_2= 4,50$, $I_3= 4,40$. Критичні показники: $Cl^- - 106$ мг/дм³, $NH_4^- - 1,23$ мг/дм³, $Fe^- - 0,8$ мг/дм³.

За ступенем чистоти (забрудненості) якість води в озері Люцимер – “чисті”, “слабо-забруднені”, в озері Чорне Велике – “забруднені”, “помірно-забруднені”.

У [9] подано порівняння забруднення води озер Чорне Велике і Люцимер фенолами та СПАР протягом у 2008-2013 р.р. Вміст фенолів був в межах нормативу для рибогосподарських водойм.

У 2008 р. концентрація загальних фенолів в оз. Люцимері була більшою, ніж в оз. Чорному Великому, у 2012-2013 р.р.– навпаки. Простежується загальна тенденція до зменшення концентрації фенолів в обох озерах.

Щодо вмісту СПАР, в оз. Люцимер зафіксовано на рівні ГДК. Концентрація СПАР у воді оз. Чорне Велике була хоч і в межах нормативу, але дуже близькою до ГДК.

В динаміці протягом 2008-2013 р.р. концентрація СПАР в оз. Чорне Велике спочатку зменшилася, в 2013 знову зросла. В оз. Люцимер відмічено зменшення порівняно з 2008 р. і стабілізацію у 2013 р.

У статті [4] наведено матеріали польових експедиційних досліджень озер Шацького НПП протягом 2014–2015 рр. (табл. 6.2).

Порівнюючи приведені у таблиці дані щодо озер Люцимер і Чорне Велике бачимо, що в оз. Люцимер мінералізація води протягом року збільшилася з 254,8 мг/дм³ у вересні 2014р. до 322,8 мг/дм³ у вересні 2015 р. Концентрація гідрокарбонатів і сульфатів була незмінною, вміст хлоридів зріс незначно з 30,2 мг/дм³ до 33,7 мг/дм³. Таке збільшення загальної мінералізації відбулося через збільшення концентрації солей калію з 8 мг/дм³ у 2014 р. до 32,8 мг/дм³ у 2015 р. і натрію з 15,9 мг/дм³ у 2014 р. до 65,7 мг/дм³.

Як видно з приведених даних мінералізація води вода в озері Чорне Велике з 378,2 мг/дм³ у вересні 2014 р. зменшилася до 357,9 мг/дм³ у вересні 2015 р. Це відбулося в основному через зменшення вмісту у воді оз. Чорне Велике гідрокарбонатів.

Таблиця 6.2

Гідрохімічні показники води Шацького НПП у 2014 і у 2015 р.р. [222].

Гідрохімічні показники води в озерах ШНПП (вересень, 2014 р.)

| Хімічний показник | Вимоги рибгоспо- дарських нормативів | Пуле- мецьке | Люци- мер | Луки- Перемут | Острі- в'янське | Чорне Велике |
|--|---|-----------------|--------------|------------------|--------------------|-----------------|
| pH води, одиниці pH | 6,5–8,5 | 6,67 | 7,49 | 7,36 | 7,1 | 7,87 |
| Мінералізація води, мг/дм ³ | 300–1000 | 220,37 | 254,85 | 207,45 | 215,27 | 378,18 |
| Гідрокарбонати, мг/дм ³ | 6–120 | 122,0 | 140,3 | 122,0 | 122,0 | 201,3 |
| Сульфати, мг/дм ³ | 10–30 (100) | 14,0 | 14,0 | 12,0 | 12,0 | 18,0 |
| Хлориди, мг/дм ³ | 25–40 (200) | 24,85 | 30,18 | 21,3 | 23,08 | 53,25 |
| Магній, мг/дм ³ | до 30 | 3,6 | 2,4 | 12,0 | 2,4 | 9,6 |
| Кальцій, мг/дм ³ | 40–60 (180) | 40,0 | 44,0 | 16,0 | 42,0 | 46,0 |
| Твердість води, ммоль/дм ³ | 1,5–7,0 | 2,3 | 2,4 | 1,8 | 2,3 | 3,0 |
| Калій+Натрій, мг/дм ³ | н/н | 15,92 | 23,97 | 24,15 | 13,80 | 50,03 |
| Калій, мг/дм ³ | 50,0 | 5,10 | 8,0 | 8,05 | 4,6 | 16,67 |
| Натрій, мг/дм ³ | 120,0 | 10,82 | 15,97 | 16,10 | 9,20 | 33,36 |
| Залізо загальне, мг/дм ³ | до 2,0 (0,1) | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Азот амонійний, мг N/дм ³ | до 1,0 (0,39) | 0,000 | 0,427 | 0,017 | 0,102 | 0,225 |
| Азот нітритний, мг N/дм ³ | 0,05 (0,02) | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Азот нітратний, мг N/дм ³ | до 2,0 | 0,009 | 0,025 | 0,080 | 0,024 | 0,024 |
| Азот мінеральний, мг N/дм ³ | н/н | 0,009 | 0,452 | 0,025 | 0,126 | 0,249 |
| Фосфати, мг P/дм ³ | 0,5 (0,05) | 0,0 | 0,104 | 0,034 | 0,0 | 0,019 |
| Манган, мг/дм ³ | 0,01 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

Гідрохімічні показники води в озерах ШНПП (вересень, 2015 р.)

| Хімічний показник | Вимоги рибгосподар- ських нормативів | Озера Шацького національно природного парку | | | | | |
|--|---|---|-----------------|--------------|------------------|--------------------|-----------------|
| | | Світязь | Пуле- мецьке | Люци- мер | Луки- Перемут | Острі- в'янське | Чорне Велике |
| pH води, одиниці pH | 6,5–8,5 | 8,09 | 8,30 | 8,42 | 8,03 | 7,94 | 8,05 |
| Мінералізація води, мг/дм ³ | 300–1000 | 205,9 | 240,85 | 322,98 | 232,8 | 273,26 | 357,92 |
| Гідрокарбонати, мг/дм ³ | 6–120 | 115,9 | 134,2 | 140,3 | 122,0 | 152,5 | 183,0 |
| Сульфати, мг/дм ³ | 10–30 (100) | 14,0 | 14,0 | 14,0 | 14,0 | 16,0 | 14,0 |
| Хлориди, мг/дм ³ | 25–40 (200) | 26,63 | 31,95 | 33,73 | 35,5 | 30,18 | 65,68 |
| Магній, мг/дм ³ | до 30 | 16,8 | 14,4 | 2,4 | 12,0 | 6,0 | 8,4 |
| Кальцій, мг/дм ³ | 40–60 (180) | 24,0 | 34,0 | 34,0 | 32,0 | 44,0 | 42,0 |
| Твердість води, ммоль/дм ³ | 1,5–7,0 | 2,6 | 2,9 | 1,9 | 2,6 | 2,7 | 2,4 |
| Калій+Натрій, мг/дм ³ | н/н | 8,55 | 12,3 | 98,55 | 17,3 | 24,58 | 58,55 |
| Калій, мг/дм ³ | 50,0 | 2,85 | 4,10 | 32,85 | 5,77 | 8,19 | 19,5 |
| Натрій, мг/дм ³ | 120,0 | 5,7 | 8,2 | 65,7 | 11,53 | 16,39 | 39,05 |
| Залізо загальне, мг/дм ³ | до 2,0 (0,1) | 0,0 | 0,0 | 0,03 | 0,0 | 0,02 | 0,01 |
| Азот амонійний, мг N/дм ³ | до 1,0 (0,39) | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,052 | 0,0 | 0,010 |
| Азот нітритний, мг N/дм ³ | 0,05 (0,02) | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| Азот нітратний, мг N/дм ³ | до 2,0 | 0,0 | 0,015 | 0,022 | 0,030 | 0,031 | 0,024 |
| Азот мінеральний, мг N/дм ³ | н/н | 0,0 | 0,015 | 0,022 | 0,082 | 0,031 | 0,034 |
| Фосфати, мг P/дм ³ | 0,5 (0,05) | 0,0 | 0,010 | 0,049 | 0,084 | 0,030 | 0,035 |
| Манган, мг/дм ³ | 0,01 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |

Загальна твердість води в озерах зменшилася: оз. Люцимер з 2,4 ммоль/дм³ до 1,9 ммоль/дм³, а оз. Чорне Велике з 3,0 ммоль/дм³ до 2,4 ммоль/дм³.

На основі аналізу вмісту забруднюючих речовин зроблено висновок, що усі досліджувані гідрохімічні показники води озер у вересні 2014 р. і у вересні 2015р. відповідали рибогосподарським нормативам. Також відзначалося, що в оз. Чорному Великому мінералізація води, вміст гідрокарбонатів і хлоридів є найвищим з усіх озер Шацького НПП.

6.2 Гідрохімічні показники оз. Люцимера та оз. Чорного Великого протягом 2018-2024 р.р.

Нами проаналізовану динаміку вмісту гідрохімічних показників води озер Люцимера та Чорного Великого протягом 2018-2024 р.р. на основі даних Лабораторії моніторингу вод та ґрунтів регіонального офісу водних ресурсів у Волинській області Державного агенства водних ресурсів України.

У поверхневих водах гідрокарбонати становлять більшість з головних аніонів. Саме гідрокарбонатами зумовлюється лужність води. Значення рН більше 8,3 свідчить про велику кількість гідрокарбонатів.

Концентрація гідрокарбонатів в озері Чорне Велике змінювалася в інтервалі 195,2 – 305 мг/дм³(рис. 6.1), значення водневого показника – 7,4-8 од. рН.

В озері Люцимер концентрація гідрокарбонатів змінювалася в інтервалі 146,4-232 мг/дм³, значення водневого показника – 7,1-7,65 од. рН. Як бачимо, вода в Чорному Великому є більш насичена гідрокарбонатами і є більш лужною в порівнянні з водою озера Люцимер.

Вода в озерах за складом головних іонів відрізняється: оцінюється як гідрокарбонатно-натрієва в озері Чорному Великому і гідрокарбонатно-кальцієва у озері Люцимер. Слід зауважити, що серед усієї групи Шацьких озер гідрокарбонатно-натрієва вода є лише у Чорному Великому озері.

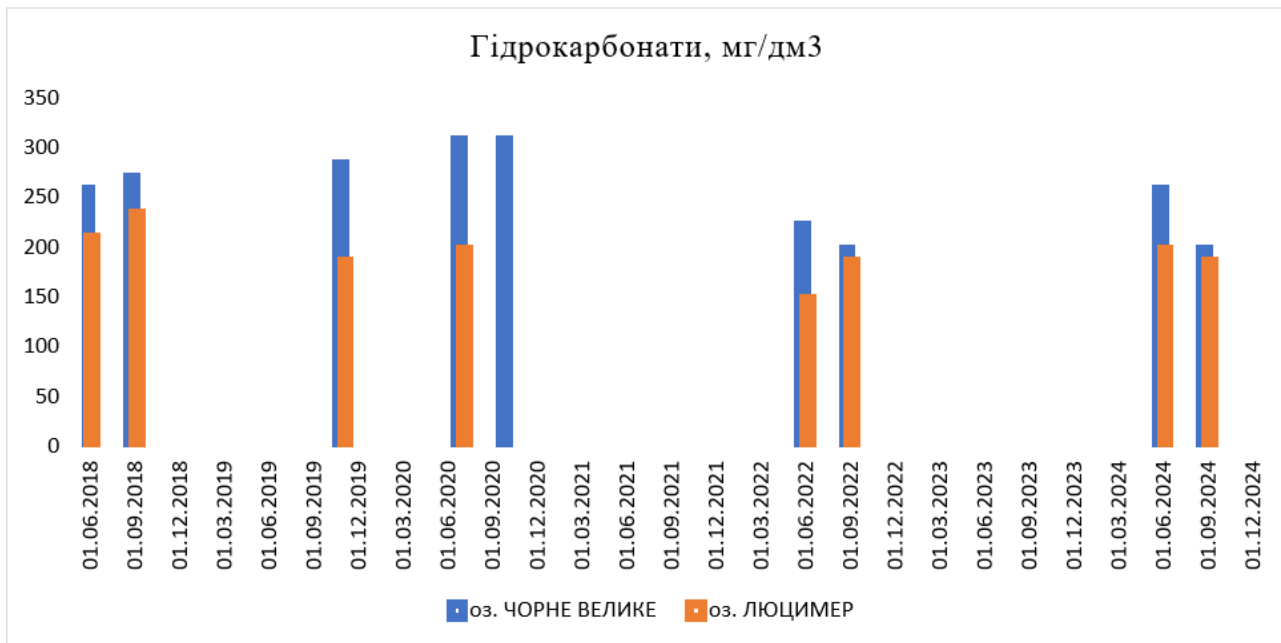


Рис. 6.1 Динаміка концентрації гідрокарбонатів в озерах Чорне Велике і Люцимер протягом 2018-2024 р.р.

Концентрація іонів кальцію у воді озера Люцимер становила 36,07-50,1 мг/л, у воді Чорного Великого озера 30,1- 46,1мг/дм³, вміст натрію у водах цих озер 7,2–14,8 мг/дм³ і 14,3–26,4 мг/дм³ відповідно. Загальна мінералізація оз. Чорного Великого є більшою ніж оз. Люцимер (табл. 6.3), що свідчить про більшу роль у його живленні підземної складової. Для оз. Люцимер складова атмосферного живлення є більшою.

Озера є гіпогалінними. За показники мінералізації води двох озер оцінюються першою категорією.

На основі аналізу даних концентрації хлоридів і сульфатів склад води в озерах Люцимер та Чорне Велике також відповідають першій категорії поверхневих прісних вод.

Вміст розчиненого кисню для води 1-го класу якості води повинен бути більшим за 8 мгО₂/дм³, для другого – 8,0–7,1 мгО₂/дм³, для третього – від 7,0 до 5,0 мг О₂/дм³. Для оз. Люцимер мінімальна концентрація розчиненого кисню за 2018-2024 р.р. становила 6,2 мг О₂/дм³, для оз. Чорного Великого – 5,64 мг О₂/дм³. Таким чином, за вмістом розчиненого кисню вода цих озер належить до третього класу якості води, категорія – II.

Таблиця 6.3

Середні концентрації основних іонів та мінералізація води озер Люцимер і Чорного Великого, мг/дм³

| Іони | Озеро Чорне Велике | Озеро Люцимер |
|----------------------------------|--------------------|---------------|
| HCO ₃ ⁻ | 222,4 | 182,6 |
| SO ₄ ²⁻ | 13,31 | 9,52 |
| Cl ⁻ | 18,8 | 40,5 |
| Ca ²⁺ | 32,31 | 36,34 |
| Mg ²⁺ | 13,89 | 8,66 |
| Na ⁺ + K ⁺ | 32,24 | 11,91 |
| Мінералізація | 332 | 288 |

Якщо розглядати дані лише 2024 року, то води озера Люцимер за мінімальною концентрацією розчиненого кисню у воді (8,3 мг O₂/дм³) належить до першого класу, води оз. Чорного Великого (7,73 мг O₂/дм³) до другого. Позитивна динаміка покращення якості води в озерах за вмістом розчиненого кисню наочно представлена на рис. 6.2.

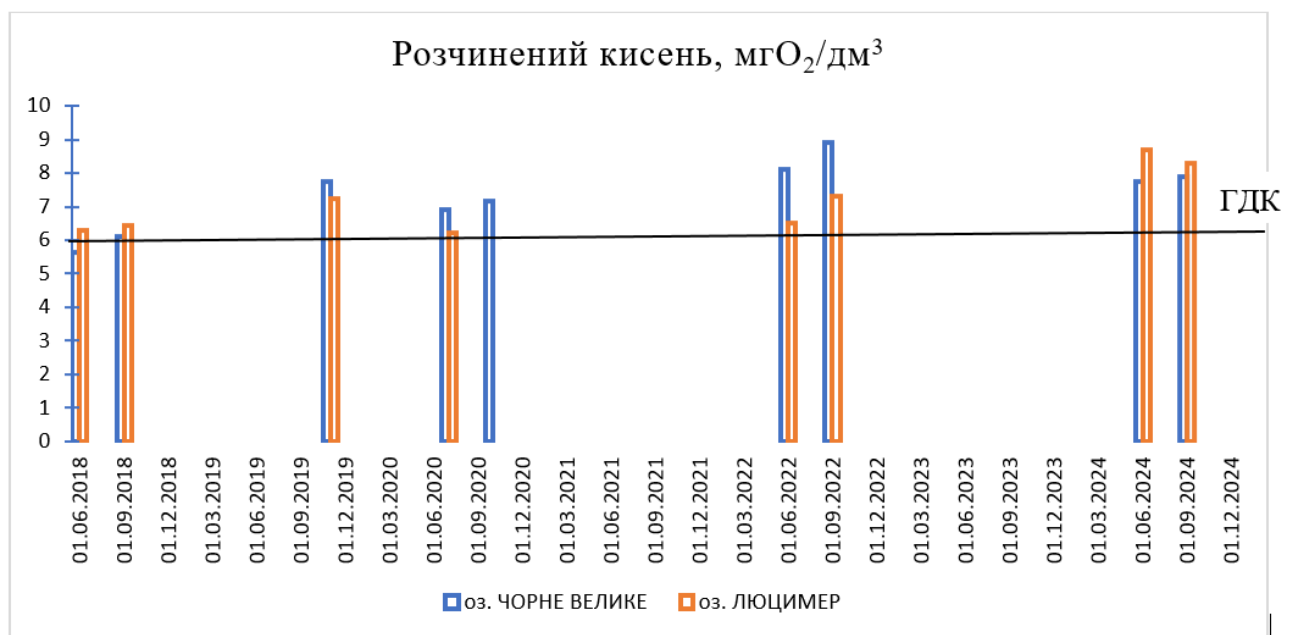


Рис. 6.2 Зміна концентрації розчиненого кисню у воді озер Чорне Велике і Люцимер протягом 2018-2024 р.р.

Показник БСК₅. Норматив БСК₅ – 3 мг О₂/дм³. В озері Люцимер мінімальне значення БСК₅ становило 2,25 мг О₂/дм³, максимальне 4,83 мг О₂/дм³, в озері Чорне Велике 1,61 мг О₂/дм³ і 4,2 мг О₂/дм³ відповідно. Максимальні значення є більшими ГДК, що свідчить про наявність епізодичних органічних забруднень озер.

У динаміці фіксуємо покращення якості води: у 2024 році значення показника БСК₅ є меншим порівняно з 2022р., причому в озері Люцимер на межі норми, а в озері Чорне Велике у весняній і осінній пробах нижче ГДК, тобто вода в озерах за БСК₅ відповідає нормативу (рис. 6.3). За значення показника БСК₅ протягом 2018-2024 р.р. вода цих озер належить до п'ятої категорії якості води.

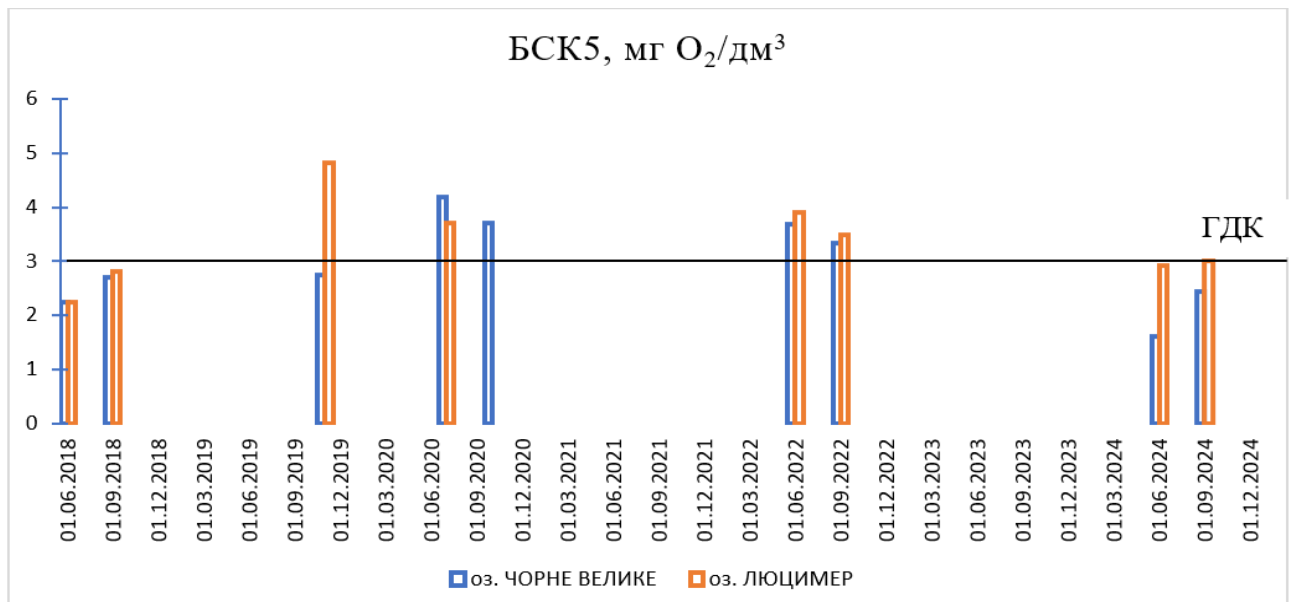


Рис. 6.3 Зміна показника БСК₅ у воді озер Чорне Велике і Люцимер протягом 2018-2024 р.р.

Якщо взяти дані лише за 2024 р.р, то за значенням показника БСК₅ категорія якості води в обох озерах – четверта.

Фосфати. Норматив – 0,7 мг Р/л. Впродовж періоду 2018-2024 р.р. вміст фосфатів в озерах не перевищував нормативу. Мінімальні значення – 0,007 мг Р/дм³, максимальні – 0,12 у озері Чорне Велике у 2020 році. У динаміці (рис. 6.4) спостерігаємо у 2024 році зменшення концентрації фосфатів в обох озерах. За вмістом фосфатів у 2024 р. вода озера Люцимер відноситься до 3-ї категорії

якості води, клас II, вода озера Чорне Велике до 4-ї категорії якості води, клас якості води -III.

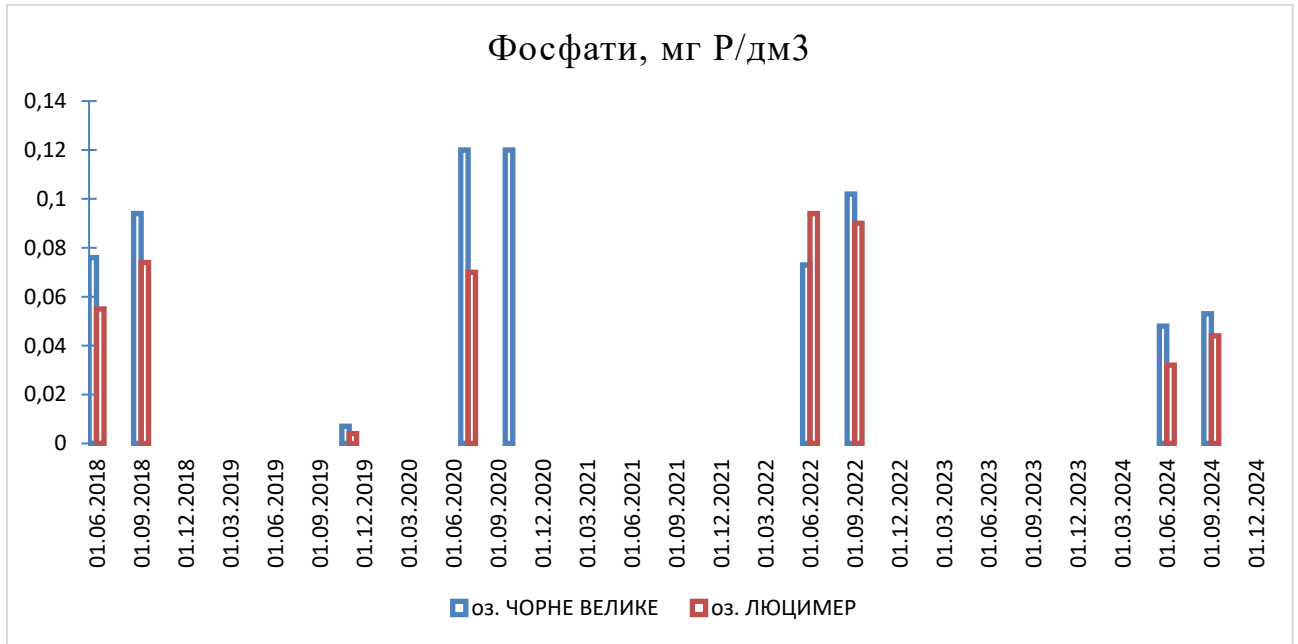


Рис. 6.4 Зміна концентрації фосфатів у воді озер Чорне Велике і Люцимер протягом 2018-2024 р.р.

Вміст амонію сольового в озерах в межах нормативу (рис. 6.5). Максимальна концентрація амонію сольового 0,79 мг/дм³ зафіксована в оз. Велике Чорне у 2022р. У 2024р. спостерігаємо зменшення вмісту азоту амонійного в оз. Велике Чорне, в оз. Люцимер – зростання порівняно з 2022р. У 2024 р. за вмістом азоту амонійного клас якості води озера Люцимер -2, озера Чорне Велике – 3.

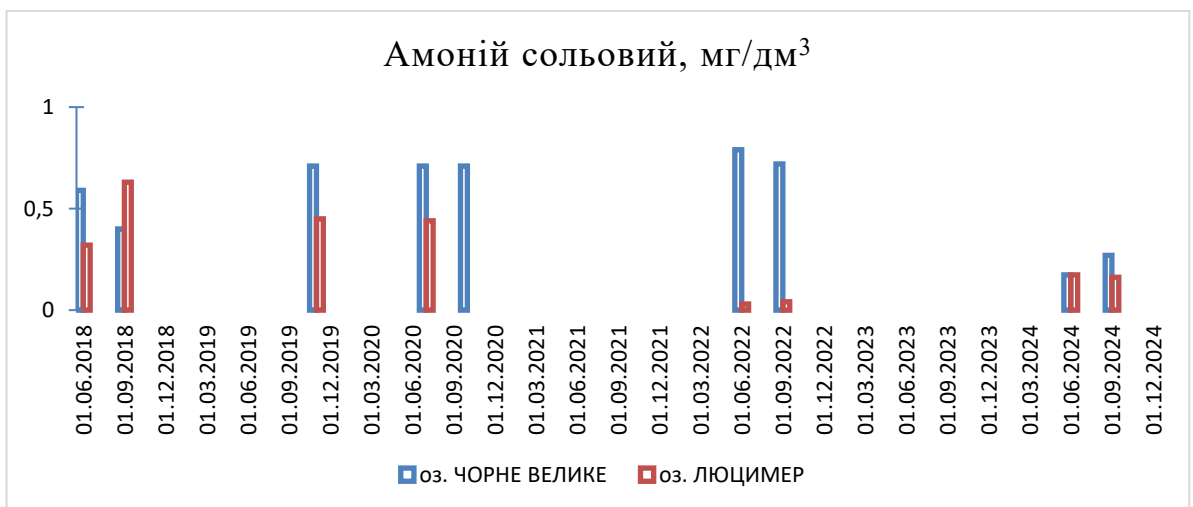


Рис.6.5 Зміна концентрації амонію сольового у воді озер Чорне Велике і Люцимер протягом 2018-2024 р.р.

Вміст азоту нітритного та азоту нітратного у воді озер протягом 2018-2024 р.р. був у межах нормативу.

Таким чином, у 2024р. значення усіх гідрохімічних показників були у межах нормативів.

ВИСНОВКИ

1. Озеро Люцимер є карстового походження, його середня глибина 4,4 м, об'єм води – 19,5 млн м³. Озеро Чорне Велике - льодовикового походження середньою глибиною 3,0 м і об'ємом 2.5 млн. м³.

2. Рівень води в озерах змінюється впродовж року з осінніми і весняними максимумами та зимовими і літніми мінімумами. Багаторічна амплітуда річних коливань – близько 0,5 м, з варіацією від 0,3 до 0,76 м.

3. У цілому можна стверджувати, що характер динаміки рівнів підземних вод за проаналізовані гідрологічні роки відповідає багаторічним тенденціям. Зв'язок між рівнями води у озерах та рівнями підземних вод при одночасних замірах слабкий.

4. За показниками сапробності, визначеними методами Вудівісса і Майєра, води озер Люцимер і Чорне Велике перебувають на межі між альфа-мезосапробною та бета-мезосапробною зонами, тобто відповідають III класу якості вод задовільної категорії якості.

5. На кінець літа 2024 року трофічний тип озер Люцимер і Чорне Велике є евтрофним (середнє значення TSI_{SD} відповідно дорівнює 64,1 та 63,2). На початку осені озеро Люцимер на межі між мезотрофний і евтрофним станом, а Чорне Велике – мезотрофне (середнє $TSI_{SD} = 59,3$).

6. За окремими гідрохімічними показниками стан озер Люцимер та Чорне Велике можна охарактеризувати наступним чином:

- за показниками сольового складу води в озерах Люцимер та Чорне Велике відповідають першій категорії поверхневих прісних вод;
- за концентрацією розчиненого кисню у воді води оз. Люцимер належить до першого класу, води оз. Чорного Великого – до другого;
- за значенням показника БСК5 категорія якості води в обох озерах – четверта;
- за вмістом фосфатів вода оз. Люцимер відноситься до 3-ї категорії якості води, вода озера Чорне Велике до 4-ї категорії;

– за вмістом азоту амонійного клас якості води озера Люцимер -2, озера Чорне Велике – 3.

Порівняння результатів досліджень минулих років і теперішніх досліджень гідрохімічних показників дає підставу стверджувати, що якість води в обох озерах суттєво покращилася.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Алексеєвський В.Є. До реалізації еколого-меліоративного моніторингу у верхоріччі Прип'яті: матеріали наук.-практ. конф. / [В.Є. Алексеєвський, О.В. Цветова, Т.І. Топольнік та ін.] // Екологія, водне господарство та проблеми водних ресурсів західного регіону України: наук. зб. - Луцьк, 1997. - С. 29-40.
2. Арсан О. М. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / Арсан О. М., Давидов О. А., Дьяченко Т.М. та ін. // За ред. В. Д. Романенка. – НАН України, Ін-т гідробіології. – К. : ЛОГОС, 2006. – 408 с.
3. Будз М. Д. Вплив глобального потепління на умови живлення підземних вод / М. Д. Будз.– К.: ВГЛ „Обрії”, 2008. – Т. III. – С. 76-78.
4. Гідрохімічний аналіз озер Шацького національного природного парку (за результатами досліджень 2014–2015 рр.) П Шевченко, Ю Ситник, Л Ільїн та ін //Науковий вісник Східноєвропейського національного університету ім. Лесі Українки. Серія : Географічні науки / Східноєвроп. нац. ун-т ім. Лесі Українки ; редкол.: Н. Н. Коцан. - Луцьк, 2017. - № 9(358). - С.3-10.
5. Гідрохімічні дослідження озерних екосистем Шацького національного природного парку: озеро Чорне Велике (1996–2007 рр.) / Ю. М. Ситник, П. Г. Шевченко, Н. М. Осадча, Н. В. Хомік // Стан і біорізноманіття екосистем Шацького національного природного парку : матеріали наук. конф. (11–14 верес. 2008 р., смт Шацьк). – Львів : СПОЛОМ, 2008. – С. 105–108.
6. Гриб Й. В. Відновна гідроекологія порушених річкових та озерних систем (гідрохімія, гідробіологія, гідрологія, управління) : навч. посіб. для екол. спец. ВНЗ / Гриб Й. В., Клименко М. О., Сондак В. В. // 1-е вид. – Рівне : Волинські обереги, 1999. – 347 с.

7. Гриб Й.В., Сондак В.В. Антропогенна трансформація і шляхи омолодження озер Волині // Українське Полісся: вчора, сьогодні, завтра. Зб. наук. праць.- Луцьк: Надстир'я, 1998.- С. 172-174.
8. Дідух Я.П. Основи біоіндикації. Наукова думка. Київ, 2012. 344 с.
9. Дослідження рівнів органічного забруднення та біотестування води озер шацької групи. Ситник Ю.М., Горбатюк Л.О., Платонов М.О., Кукля І.Г., Бурмістренко С.П.// Екологія водно-болотних угідь і торфовищ (збірник наукових статей) // Головний редактор В.В. Коніщук. – Київ: ТОВ «НВП «Інтерсервіс», 2014. – С 213-218
10. Дрabbкова В. Г. Оцінка стану озер Шацького національного природного парку / В. Г. Дрabbкова, В. К. Кузнєцов, І. С. Трифонова // Шацький національний природний парк : наук. дослідж. 1983–1993 рр. – Світязь, 1994. – С. 52–79 .
11. Думич О.Я. Зоопланктон озер Пісочне та Перемут. В кн.: Шацький національний природний парк. Наукові дослідження 1994–2004 р. Матер. міжнар. наук.-практ. конф., присвяченої 20-річчю створення ШНПП, 17–19 травня 2004 р. Світязь, 2004: 62–65.
12. Думич О.Я., Савицька О.М. Зоопланктон озер Шацького національного природного парку. В кн.: Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону: Міжвідомч. зб. наук. праць / Відп. ред С.В. Беспалова. Донецьк: ДонНУ, 2006. Вип. 6: 106–112.
13. Євтушенко М. Ю. Гідрохімічний склад води та екологічні проблеми Шацьких озер / М. Ю. Євтушенко, Ю. А. Глебова, С. В. Дудник // Наук. вісн. Нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України. – 2009. – Вип. 140. – С. 11–18.
14. Ільїн Л. В. Озера Волині. Лімно-географічна характеристика / Л. В. Ільїн, Я. О. Мольчак. – Луцьк : Надстир'я, 2000. – 139 с.
15. Ковальчук С.В. Трансформація водних об'єктів Шацького поозер'я за результатами оцінки антропогенного навантаження на поверхневі води // (The 6th International scientific and practical conference “Multidisciplinary

- scientific notes. Theory, history and practice” (November 01 – 04, 2022) Edmonton, Canada. International Science Group. 2022. С. 42-45. DOI – 10.46299/ISG.2022.2.
16. Корлятович Т.Ю. Дослідження аномальності стану рівня води Шацьких озер у 2019 році/. Т.Ю. Корлятович, З.Р. Тартачинська, І.Я. Покотило// Екологічні науки № 1(28) – С. 221 – 227.
17. Кутовий С. Реконструкція середньорічних рівнів води озера Світязь за період відсутності гідрологічних спостережень / Кутовий С., Ільїн Л. // Природа Західного Полісся та прилеглих територій. – Луцьк : ВНУ ім. Лесі Українки, 2007. – С. 36-41.
18. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод/О.М. Арсан, О.А. Давидов, Т.М. Дяченко та ін. / За ред. В.Д. Романенка. – НАН України. Ін-т гідробіології. - К.: ЛОГОС, 2006. - 408 с.
19. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями (проект) / А.В. Гриценко, О.Г. Васенко, Г.А. Верніченко та ін. Харків: УкрНДЦЕП. 2012. 37 с. [Електронний ресурс] URL: http://www.niiep.kharkov.ua/sites/default/files/metodika_2012_14_0.doc
20. Мороз О.І., Тартачинська З.Р., Покотило І.Я., Корлятович Т.Ю. Результати моніторингу за рівнями поверхневих вод Шацьких озер протягом 2016-2017 років. Природа Західного Полісся та прилеглих територій. Том I Географія. 2017. № 14. С. 33–38.
21. Морозова А. О. Гідрохімічний стан та оцінка якості води водою Шацького національного природного парку / А. О. Морозова // Наук. вісн. Волин. нац. ун-ту ім. Лесі Українки. Серія : Географічні науки. – 2009. – № 1. – С. 47–51.
22. Оксіюк О.П., Зімбалецька Л.М., Протасов А.А. та ін. Оцінка стану водних об'єктів України за гідробіологічними показниками. Бентос, перифітон та зоофітос // Гідробіол. журн. - 1994. - 30, № 4. - С. 31 - 35.
23. Пелешенко В.І., Закревський Д.В., Хільчевський В.К. Про вплив осушувальних меліорацій на хімічний склад вод Шацького природного

- підрайону // Вісник Київського держ. університету. Серія: Географія. 1978. Вип. 20. С. 56-60.
24. Погребенник В. Д. Гідрохімічні дослідження Шацьких озер / В. Д. Погребенник. – Львів : Вид-во Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2007. – 62 с.
25. Погребенник В.Д. Гідроекологічні дослідження Шацьких озер (методи, засоби, результати) : Монографія. Л. : Сполом, 2008. 144 с.
26. Природа Західного Полісся, прилеглого до Хотиславського кар'єру Білорусі : монографія / за ред. Ф.В. Зузука. Луцьк : ПП Іванюк В.П., 2014. 246 с.
27. Ситник Ю. М. Гідрохімічні дослідження озер Шацького національного природного парку (1996–2001 рр.) / Ю. М. Ситник, П. Г. Шевченко, Д. А. Засєкін // Гідрологія, гідрохімія, гідроекологія : матеріали Третьої Всеукр. наук. конф. (Київ, 15–17 листоп. 2006 р.). – К. : Ніка-Центр, 2006. – С. 133–134.
28. Ситник Ю. М. Гідрохімічні дослідження озера Люцимер Шацького національного природного парку: весна–літо 2009 р. / Ю. М. Ситник, П. Г. Шевченко, Н. М. Осадча та ін. // AQUA UKRAINE – 2009 : матеріали наук.-практ. конф. «Вода та довкілля» VII Міжнар. водного форуму (Київ, 10–13 листоп. 2009 р.). – К. : ТОВ «Міжнародний Виставковий Центр», 2009. – С. 94–95.
29. Слепньов О.Є. Гідроекологічний стан та якість водного середовища озера Люцимир за показниками макрзообентосу/ О.Є Слепньов // Стан і біорізноманіття екосистем Шацького національного природного парку. Матеріали наукової конференції (2-5 вересня 2010 р., смт. Шацьк). – Львів: СПОЛОМ, 2010. – С. 97 – 99.
30. Тимченко В.М.. Екологічні аспекти гідрології Шацьких озер. ШНПП. Наукові дослідження 1994–2004/. В.М. Тимченко та ін. //Матер. міжнар. науково- практ. конф., присвяченої 20-річчю створення ШНПП, 17–19 травня 2004 р. Світязь, 2004: 79–95.

31. Формування режиму природних вод району Шацьких озер в сучасних умовах / за ред. М. І. Ромащенко, Ю. Й. Бахмачука. – К. : Аграрна наука, 2004. – 96 с.
32. Хільчевський В.К. Основні аспекти морфометрії та гідрохімії Шацьких озер / В.К. Хільчевський, М.Р. Забоклицька // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2020. № 3 (58). – С. 92 – 100.
33. Хільчевський В.К. До питання про класифікацію природних вод за мінералізацією // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2003. Т. 5. С. 11-18.
34. Хільчевський В.К., Забоклицька М.Р. Хімічний склад різних типів природних вод Шацького природного підрайону // Матеріали міжнар. наук. конф.: Національні природні парки – минуле, сьогодення, майбутнє (с. Світязь, 23-25. 04. 2014 р.). Київ. 2014. С. 179-183.
35. Хільчевський В.К., Осадчий В.І., Курило С.М. Регіональна гідрохімія України. Київ: ВПЦ «Київ. університет». 2019. 343 с.
36. Хомік Н.В. Водні ресурси Шацького національного природного парку: сучасний стан, охорона, управління : монографія / за ред. П.І. Коваленко. Київ : Аграрна наука, 2013. 239 с.
37. Хомік Н.В. Гідрологічна характеристика Шацького національного природного парку / Хомік Н. В., Матейчик В. І. // Природа Західного Полісся та прилеглих територій. – Луцьк : ВНУ ім. Лесі Українки, 2012. № 9. – С. 47-54.
38. Шевчук М.Й. Екологічний стан озерних екосистем та основні напрями його покращення / М.Й. Шевчук, М.П. Косенко, П.В.Юрчук // Наук. вісн. Волинського держ ун-ту ім. Лесі Українки, № 11. Ч. 2., 2007, С.86-89.
39. Яцик А. В. Водне господарство в Україні / А. В. Яцик, А. М. Хорев // За ред. А.В. Яцика. – К. : Генеза, 2011. – 146 с.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК 1

Динаміка середньої температури повітря

| Місяці | Середня температура за природні роки, t°С | | Відхилення |
|---------------|---|---------------|------------|
| | 1984/85 – 2022 | 2022/2023 | |
| Грудень | -0,8 | -0,4 | 0,4 |
| Січень | -2,8 | 2,4 | 5,3 |
| Лютий | -1,7 | 0,8 | 2,6 |
| Березень | 2,2 | 4,4 | 2,2 |
| Квітень | 8,8 | 8,8 | -0,1 |
| Травень | 14,6 | 13,7 | -0,9 |
| Червень | 18,0 | 17,5 | -0,4 |
| Липень | 19,7 | 20,2 | 0,5 |
| Серпень | 18,6 | 21,2 | 2,7 |
| Вересень | 13,5 | 17,8 | 4,2 |
| Жовтень | 8,6 | 11,1 | 2,6 |
| Листопад | 3,1 | 3,6 | 0,5 |
| За рік | 8,4 | 10,1 | 1,7 |
| Максимальна | 37,0/08.2015 | 33,4/08.2023 | -3,6 |
| Мінімальна | -33,2/01.1987 | -16,7/12.2022 | 16,5 |

Динаміка опадів в Шацькому НПП за роками

| Роки | Опади,мм | | |
|-----------|----------|---------------|--------------|
| | За рік | Макс. за міс. | Мін. За міс. |
| 1984/85 | 526,8 | 112,1 | 16,8 |
| 1985/86 | 506,6 | 94,0 | 11,3 |
| 1986/87 | 435,5 | 49,4 | 17,7 |
| 1987/88 | 684,5 | 146,5 | 8,3 |
| 1988/89 | 497,8 | 80,5 | 16,3 |
| 1989/90 | 512,8 | 96,9 | 12,4 |
| 1990/91 | 443,8 | 80,4 | 2,3 |
| 1991/92 | 558,0 | 116,0 | 16,9 |
| 1992/93 | 487,9 | 90,9 | 14,4 |
| 1993/94 | 532,0 | 86,1 | 7,6 |
| 1994/95 | 557,1 | 81,7 | 14,7 |
| 1995/96 | 522,0 | 120,9 | 11,9 |
| 1996/97 | 578,4 | 176,8 | 3,9 |
| 1997/98 | 639,3 | 128,3 | 18,6 |
| 1998/99 | 584,6 | 100,1 | 13,8 |
| 1999/2000 | 570,4 | 130,4 | 12,1 |
| 2000/01 | 719,8 | 169,6 | 23,5 |
| 2001/02 | 542,7 | 105,6 | 21,2 |
| 2002/03 | 467,0 | 147,7 | 19,3 |
| 2003/04 | 554,3 | 126,6 | 24,5 |
| 2004/05 | 504,8 | 117,9 | 9,2 |
| 2005/06 | 698,3 | 290,7 | 7,6 |
| 2006/07 | 610,2 | 132,2 | 17,4 |
| 2007/08 | 715,0 | 105,3 | 13,8 |
| 2008/09 | 719,8 | 127,2 | 10,5 |
| 2009/10 | 705,7 | 110,8 | 14,7 |
| 2010/11 | 600,1 | 212,1 | 1,7 |
| 2011/12 | 549,8 | 103,2 | 17,2 |
| 2012/13 | 734,0 | 137,1 | 5,4 |
| 2013/14 | 570,8 | 137,5 | 7,4 |
| 2014//15 | 518,9 | 72,4 | 3,1 |
| 2015/16 | 669,4 | 88,0 | 10,6 |
| 2016/17 | 690,5 | 116,1 | 15,4 |
| 2017/18 | 541,7 | 133,8 | 11,8 |
| 2018/19 | 554,7 | 93,4 | 15,5 |
| 2019/20 | 748,5 | 253,1 | 7,7 |
| 2020/21 | 760,6 | 195,0 | 13,0 |
| 2021/22 | 488,8 | 79,0 | 7,6 |
| 2022/23 | 865,8 | 127,9 | 20,6 |

Додаток 3**Класифікація природних вод за мінералізацією В. К. Хільчевського**

В. К. Хільчевським (2003) [33] була розроблена класифікація природних вод за мінералізацією, в якій значною мірою враховані сучасні практичні та екологічні вимоги до якості вод, їх використання та охорони, а також значний досвід детального вивчення хімічного складу природних вод України:

- дуже прісні — менше 0,1 г/дм³;
- помірно прісні — 0,1 — 0,6 г/дм³;
- прісні з підвищеною мінералізацією — 0,6 — 1,0 г/дм³;
- слабосолоні — 1,0 — 3,0 г/дм³;
- середьосолоні — 3,0 — 15,0 г/дм³;
- солоні — 15,0 — 35,0 г/дм³;
- сильносолоні — 35 — 50 г/дм³;
- розсоли — понад 50 г/дм³.

Додаток 4

ОЦІНКА ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД ЗА ЕКОЛОГІЧНОЮ КЛАСИФІКАЦІЄЮ, КЛАСИ ТА КАТЕГОРІЇ

| Клас якості вод Категорія якості води | I | II | | III | 5 | IV | V |
|--|------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|--------------------|------------------|--------------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | | 6 | 7 |
| Назва класів і категорій якості вод за їх станом | Відмінні | Добрі | | Задовільні | Посередні | Погані | Дуже погані |
| Назва класів і категорій якості вод за ступенем їх чистоти (забрудненості) | Відмінні Дуже чисті | Дуже добрі | Добрі | Задовільні | | Посередні | Погані |
| Сапробність | Дуже чисті | Чисті | Досить чисті | Слабко забруднені | Помірно забруднені | Брудні | Дуже брудні |
| | Олігосапробні | β-мезосапробні | | | α-мезосапробні | | Полісапробні |
| | β-олігосапробні | α-олігосапробні | β'-мезосапробні | β''-мезосапробні | α'-мезосапробні | α''-мезосапробні | Полісапробні |
| Трофність (переважаючий тип) | Оліготрофні | Мезотрофні | | Евтрофні | | Політрофні | Гіпертрофні |
| | Оліготрофні-оліго-мезотрофні | Мезотрофні | Мезо-евтрофні | Евтрофні | Ев-політрофні | Політрофні | Гіпертрофні |

