

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСЕУКРАЇНСЬКИЙ КОНКУРС СТУДЕНТСЬКИХ НАУКОВИХ РОБІТ
З ПРИРОДНИЧИХ, ТЕХНІЧНИХ ТА ГУМАНІТАРНИХ НАУК

Галузь науки:

екологія

ЕКОЛОГО-БІОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИДІВ РОДУ *SALVINIA* L.

Наукова робота

під шифром:

«Особливості *Salvinia* L.»

2021 рік

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. Огляд літератури.....	4
1.1. Екологічні особливості видів роду <i>Salvinia</i> L.....	4-7
1.2. Біогенні елементи та їх вплив на прісні водойми.....	7-8
РОЗДІЛ 2. Матеріали та методи досліджень.....	9-10
2.1. Визначення концентрації водневих іонів (рН води).....	11
2.2. Визначення концентрації у воді амонійного азоту.....	12-13
2.3. Визначення концентрації у воді нітритного азоту.....	13-15
2.4. Визначення концентрації у воді нітратного азоту.....	15-16
2.5. Визначення концентрації у воді фосфору фосфатів.....	17-18
РОЗДІЛ 3. Результати досліджень та їх обговорення.....	19
3.1. Оцінка впливу розчинів із різною активною реакцією води на <i>Salvinia minima</i>	19-21
3.2 Оцінка залежності між наявністю <i>Salvinia natans</i> у її природному середовищі та концентрації у ньому іонів амонію (NH_4^+), нітритів (NO_2^-), нітратів (NO_3^-) та фосфатів (PO_4^{3-}).....	22-27
ВИСНОВКИ	28-29
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	30-32
ДОДАТКИ	33

ВСТУП

Забруднення природних стало актуальною екологічною проблемою. Найбільший внесок у забруднення водойм вносять недостатньо очищені стічні води. Найбільшою чутливістю до якості води володіють занурені рослини, адже контакт з водним середовищем у них максимальний. Деякі з них мають видоспецифічну взаємодію з навколишнім середовищем: здатність до поглинання і накопичення в організмі рослини небезпечних забруднень, перетворення хімічних сполук в менш рухливу і активну форму, або їхнє повне розкладання. У зв'язку з цим почала активно розвиватися галузь фітореMediaції – комплекс методів очищення вод з використанням зелених рослин.

Перспективними для цілей біореMediaції водних об'єктів є вільноплаваючі гідрофіти. Пов'язано це з тим, що представники даної екологічної групи мають добре розвинену поглинаючу здатність, а як наслідок, і високий реMediaційний потенціал. Водні папороті мають непомірний потенціал для видалення з навколишнього середовища різних забруднень.

Останнім часом стало дуже актуальним вивчення фітореMediaційних властивостей видів роду *Salvinia*. Вільно плаваючі водні папороті, які характеризуються високою продуктивністю і толерантністю до широкого діапазону температур і освітлення. Це є їхньою перевагою серед інших фітореMediaнтів. Проте, відомості про їхню толерантність до інших екологічних факторів середовища, особливості поширення, ценотичну приуроченість та особливості сезонного розвитку потребують уточнення та доповнення.

Salvinia natans – водна папороть, що в Україні занесена до Червоної книги зі статусом «неоцінений». Вивчення еколого-біологічних особливостей рідкісних і зникаючих видів має велике значення для збереження біорізноманіття.

Актуальність даної роботи полягає у відсутності досліджень реакції на зміну водневого показника видів роду *Salvinia* L., та залежності між наявністю сальвінії плаваючої (*Salvinia natans*) у її природному середовищі та концентрації у ньому сполук азоту та фосфору.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Екологічні особливості видів роду *Salvinia* L

Результатом адаптації папоротей до умов існування стала поява різних життєвих форм, які різняться за будовою й фізіологічними характеристиками. Окремі папороті суттєво відрізняються за зовнішнім виглядом. Так, водна папороть *Salvinia natans* має суцільні листки довжиною до 2 см [1].

Конкурентна боротьба за ресурси з квітковими рослинами виявилася для папоротей еволюційним фактором, що призвів до диверсифікації екологічних ніш, спеціалізації видів, спалаху біологічного різноманіття й підвищення адаптивного рівня багатьох таксонів [2].

Рід *Salvinia* налічує приблизно 10 видів: *S. abiloba*, *S. auriculata*, *S. cucullata*, *S. herzogii*, *S. minima*, *S. molesta*, *S. natans*, *S. nymphella*, *S. oblongifolia*, *S. radula*. Сальвінія також включає біогеографічно окремі одиниці – євразійська група (*S. natans* та *S. cucullata*) та американська група, що включає шкідливий бур'ян *S. molesta*, а також *S. oblongifolia* та *S. minima* [3].

В Україні трапляється вид *Salvinia natans*, який занесений до Червоної книги України [4].

Salvinia natans – один із двох місцевих видів плаваючих папоротей з природним розповсюдженням від північного Китаю, через Індію, до південної та східної Європи та північної Африки. В Європі він трапляється зазвичай у каналах, повільно текучих річках, ставках та озерах [5].

Ідеальними середовищами для сальвінії плаваючої є гарно освітлені та теплі водойми (15-20°C) [6].

Сальвінія плаваюча (*Salvinia natans*) – однорічна папороть-гідрофіт з літньо-зеленим феноритмотипом, спорадично розповсюджена у межах температурно-меридіального ареалу та в Україні. Рослина зростає на межі

водного й повітряного середовищ. Для неї характерна відмінна будова плаваючих і занурених у воду фотосинтезуючих органів [5, 7].

Вид зустрічається в широкому діапазоні умов проживання, але оптимальні умови – у спокійній, мілководній та мезотрофній або слабко евтрофній воді з товстим шаром відкладів. Зважаючи на це реальну загрозу існуванню виду може становити забруднення водойм [8].

Зростає на мілководді прісних повільнотекучих та стоячих водойм (глибина 0,5 – 2,5 м) з мулисто-торфовими та мулисто-піщаними відкладами. У стоячих та слабко проточних водоймах південних регіонів України утворює великі масиви із щільністю 100-1200 особин на 1 м² поверхні води [9].

В оптимальних умовах сальвінія досягає проективного покриття біля 90 %. Суцільний покрив сальвінії відзначається, як правило, під кінець літа [10].

Вважається, що ця папороть є стійкою до впливу механічного забруднення водойм та рекреації. Втім, чисельність популяції виду може варіювати залежно від температури повітря у літній період та рівня води у водоймах [11-12].

Таким чином, тепліші зими та весни та довший вегетаційний період видаються найголовнішими факторами експансії сальвінії. При цьому популяційний вибух, який здатна демонструвати сальвінія в умовах покращення умов дуже нагадує той що демонструють останнім часом чужорідні заносні види водних рослин. Популяції різко скорочуються при осушенні екоотопів, у забруднених і засолених водоймах [13].

Щодо рослин, які відносять до гігантських сальвіній (*Salvinia molesta*, *Salvinia auriculata*, *Salvinia abiloba*, *Salvinia herzogii*), то це комплекс тісно пов'язаних багаторічних вільних плаваючих водних папоротей, що родом з Південної Америки, які важко відрізнити один від одного. Вони поширилися на тропіки і субтропіки, частково переїхали завдяки торгівлі декоративними рослинами для риби та водойм. Гігантські сальвінії надають перевагу прісним стоячим або повільнотекучим водам: озера, ставки, водосховища, річки, болота, канали, стариці, і рисові поля. Найкраще ростуть в багатій поживними речовинами водах в тропічному кліматі. Ідеальні умови для рослин:

температура 20-30° С, рН 6-7,7. Витримують тривале зневоднення, надмірну мінералізацію і випадкові морози, але не тривалі періоди замерзання. Щільні килимки не розвиваються при температурах нижче 10° С. Бруньки гинуть при впливі протягом більш ніж двох годин температурою нижче за -3° С або вище за 43° С. Сальвінії здатні переносити рівень солоності на одну десяту від рівня морської води, це дозволяє їм адаптуватися до широкого діапазону водних середовищ. Зростання значно стимулюється збільшенням рівня поживних речовин. Рослини дуже швидко розмножуються: за оптимальних умов рослини гігантської сальвінії можуть подвоїти свою біомасу за 2-3 дні, одна рослина може зайняти площу більше 100 км² за три місяці.

Salvinia molesta найчастіше зустрічається в застійних або повільних водах, таких як озера, повільні річки чи водотоки, рисові поля, іригаційні канали, водойми і канали [14].

В помірному кліматі *S. molesta* може витримувати морози та заморожування поверхні води. однак при тривалих заморозках рослина гине. Варто зауважити, що мат, утворений цим видом, може підвищити його стійкість до морозів вище рівня, який можна було б очікувати від його власної фізіологічної толерантності; однак при температурі нижче 10° розростання помітно сповільнюється, і щільні килимки, очевидно, не спостерігаються. Підвищення температури до 43° також впливають на *S. molesta* негативно [15].

Види *Salvinia auriculata* і *Salvinia herzogii* важко відрізнити від інших салвіній. Різноманіття розміру і кількості рослин у водоймі залежить від того, наскільки вони домінують серед інших рослин [16].

Salvinia oblongifolia може підвищити свою здатність до конкуренції за місце у водах, які переповнені видами, перекриваючи дрібні рослини. В умовах культивування *S. oblongifolia* важко вирощувати коли температура падає до 50 ° F, може також впливати коливання рН. *Salvinia oblongifolia*, однак, може натуралізуватися в Росії [17].

Salvinia minima росте на тихих або застійних водах озер і ставків, каналів, повільних потоків, канав, мілководних водойм, балок, кипарисових і звичайних

боліт. Подібно до *S. molesta*, розподіл *S. minima* частково обмежується його низькою толерантністю до температури замерзання і солоності вод [18].

Salvinia radula часто зустрічається у повільно текучій воді на краю озер, застійних водах, повільних водотоках і болотах [19].

Salvinia nymphella і *Salvinia spruce* вільно-плаваючі водні папороті, які часто зустрічаються в масових матах на поверхні ставків і стоячих вод. Місця перебування: озера, прісні застійні води, річки, канали і канали [20].

Salvinia cuculata дуже енергійно поширюється і майже повністю позбавляє кисню водойму. Вона вважається шкідливим видом у більшості країн, і її ліквідація є надзвичайно складною. У Шрі-Ланці її сушать і використовують як добриво. в той час як в Індонезії вона використовується як корм для тварин [21].

Вища водна рослинність (ВВР), як головний компонент біоценозів річок, відіграє важливу роль у біологічному режимі, біотичному балансі та формуванні якості води. [60]. Володіє більшою стійкістю до забруднення води, порівняно з фіто- і зоопланктоном, та є природним фільтром води [22].

1.2. Біогенні елементи та їх вплив на прісні водойми

Концентрації біогенних елементів у воді, у першу чергу, азоту та фосфору, меншою мірою вуглецю, кремнію і деяких інших елементів (К, Fe, Mn і т.д.), характеризують трофність («кормність») водних об'єктів.

Для зміни поживних режимів водойм лімітуючими факторами виступають концентрації азоту та фосфору у воді. Вважається, що евтрофування розпочинається за вмісту у воді азоту у кількості від 0,2-0,3 мг/л, а фосфору від 0,01-0,02 мг/л і більше. У евтрофних водоймах відмічається зростання частки амонійного азоту в його загальній кількості. Фосфору у внутрішньоводоймних колообігах відводиться регулююча роль: за зростання його концентрації посилюється споживання кремнію діатомовими водоростями і більш повно використовується азот фітопланктоном, скоріш за все, фосфор стимулює

біологічну фіксацію азоту. Дослідження метаболічної активності водоростей підтвердили фосфорне лімітування розвитку фітопланктону. Цикл спеціальних досліджень, показав, що шляхом визначення лужних фосфатаз можна оцінювати інтенсивність метаболічних процесів, тісно пов'язаних з розвитком евтрофування [23-26].

Необхідно звернути увагу на загальну закономірність змін співвідношення між азотом і фосфором у водоймах. Для найбільш чистих оліготрофних і мезотрофних озер характерне відношення азоту до фосфору як 30-40 : 1, для озер з сильно гуміфікованою водою це співвідношення може сягати 130 : 1, для евтрофних водойм воно знижується до 20-25 : 1, для гіперевтрофних – до 10-15 : 1, що підкреслює провідну роль фосфору для евтрофування водойм.

Концентрація біогенних елементів та їхній режим залежать від інтенсивності біохімічних і біологічних процесів у водоймі. Основними ознаками евтрофікації є інтенсивне збільшення біомаси фітопланктону, масовий розвиток водоростей до рівня «цвітіння» води, зменшення концентрації розчиненого у воді кисню на заключному етапі вегетації водної рослинності, особливо за масового її відмирання [27].

Виникає і посилюється контрастність пошарового розподілу біохімічних процесів з виділенням верхньої трофогенної області і глибинної трофолітичної. Відповідно змінюються і окисно-відновні умови.

Рівень трофності водойм відбивається і на сезонній динаміці розвитку фітопланктону. Для оліготрофних водойм характерною є наявність одного невеликого максимуму біомаси водоростей навесні, для мезотрофних – літньої депресії (на фоні помірному розвитку водоростей), а в евтрофних водоймах протягом всього вегетаційного сезону спостерігається досить значна біомаса фітопланктону [28].

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Експерименти з оцінки впливу розчинів із різною активною реакцією води на *Salvinia minima* були проведені протягом лютого-березня 2019 року в лабораторії Інституту гідробіології НАН України.

Salvinia minima була взята з оранжереї Центрального Ботанічного саду ім. Н.Н. Гришка НАН України. Рослини протягом 14 днів перебували у спеціальних акваріумах, де відбувалася адаптація до нових умов.

В акваріумах були створені оптимальні умови для культивування *Salvinia minima*. Сальвінія вирощувалася в розчині Гогланда, за температури 25-27° С і достатнього освітлення.

Реакцію *Salvinia minima* на різні концентрації рН досліджували протягом одного місяця.

Для приготування розчинів із різною активною реакцією води, було використано воду, яка пройшла фільтрацію в трьохступеневому механічному фільтрі. Початкова реакція відфільтрованої води була рН 8 – цей показник було взято за першу концентрацію. За допомогою додавання лимонної кислоти (С6Н8О7) у відфільтровану воду, було створено ще дві концентрації із більш підвищеною кислотністю – рН 7 і рН 6. Точність розведень була підтверджена рН- метром.

У кристалізатори було розміщено по 5 рослин, які мали від 4-ох до 6-ти листочків. Досліди проводили у трьох повторях.

Сальвінія має здатність самостійно змінювати кислотність середовища у якому існує. У зв'язку з цим кожного тижня проводилися виміри активної реакції води у кристалізаторах, де утримувалась сальвінія. За необхідності, виготовлялися відповідні розчини, якими вирівнювали концентрації до необхідного рівня кислотності. Завдяки цьому, відшкодовувались втрати вологи на випаровування.

У вимірюваннях і вирівнюванні реакції води кожного дня у

кристалізаторах не має потреби. Адже у процесах фотосинтезу, що протікають на світлі, рослини споживають вуглекислий газ, що викликає підвищення рН. Вночі рН знижується, що пов'язано не тільки з відсутністю фотосинтезу, а й з виділенням CO₂ при диханні рослин. Все це призводить до дуже значних коливань активної реакції середовища у воді протягом доби.

Число листків кожної проби підраховували в початковий день експерименту (день 1), на 14, 21 і на 28 день.

Вивченню залежності між наявністю сальвінії плаваючої (*Salvinia natans*) у її природному середовищі та концентрації у ньому іонів амонію (NH₄⁺), нітритів (NO₂⁻), нітратів (NO₃⁻) та фосфатів (PO₄³⁻) присвячені гідрохімічні дослідження 12-ти водних об'єктів в межах Київської області (рис. 2.1.): річка Десенка (Чорторій), річка Десна (в межах ландшафтного заказника місцевого значення «Зачарована Десна»), річка Козинка (в межах ландшафтного заказника загальнодержавного значення «Козинський»), затока Верблюд, затока Галерна, затока Русанівська, озеро Малинівка, озеро Бабіне, озеро Тельбін, озеро Вербне, озеро Йорданське, Венеціанська протока. Отримані результати статистично обробляли у програмі R стандартного пакету. Статистичну достовірність різниці між дослідями концентрацій у водоймах, де була сальвінія плаваюча та її не було перевіряли за критерієм Стюдента, використовуючи 5 % рівень значущості ($P \leq 0,05$).

Відбір проб, визначення класів якості води, аналіз результатів та оцінка якості води здійснювалися за загальноприйнятими методиками, упродовж 2018-2019 року у червні, липні та серпні [29].

Отримані результати порівнювалися з показниками гранично-допустимих концентрацій для водойм як рибогосподарського, так і культурно-побутового призначення (Додаток Б).

Визначення концентрацій сполук азоту і фосфору були проведені в лабораторії Інституту гідробіології НАН України.

2.1. Визначення концентрації водневих іонів (рН води)

Величину рН визначають колориметричними та електрометричними методами, вимірюючи потенціал, що з'являється на індикаторному (вимірювальному) електроді. Найбільш точним є електрометричний метод визначення за допомогою рН-метрів із скляним електродом. Визначати рН води слід одразу ж після відбору проби, тому що внаслідок хімічних і біохімічних процесів, що відбуваються в ній, концентрація водневих іонів може значно змінюватись. Якщо визначення рН на місці відбору проби неможливе, її транспортують у лабораторію в спеціальній склянці, уникаючи контакту води з повітрям, і одразу ж визначають рН.

Потенціометричне визначення рН з використанням скляного електрода ґрунтується на тому, що зміна рН розчину на одиницю викликає зміну електродного потенціалу на 58,16 мВ при 20°C. Діапазон лінійної залежності потенціалу від рН зумовлений властивостями скляного електрода.

Результат визначення рН залежить від температури, вплив якої можна регулювати спеціальним компенсатором у приладі. Якщо такого компенсатора немає, то пробу підігрівають або охолоджують до потрібної температури (20°C). Якщо температура проби значно відрізняється від 20°C і не доведена до цього значення, то її відзначають у записі результатів.

Потенціометричному визначенню рН не заважають кольоровість і каламутність води, наявність у ній суспендованих речовин, вільного хлору, окисників і відновників, а також концентрація солей у пробі.

Хід виконаних досліджень для визначення рН. Перед початком вимірювання електрод промивали дистильованою водою, потім досліджуваною водою і лише після того занурювали у пробу. Перед цим пробу води перемішували, щоб її склад безпосередньо біля поверхні електрода відповідав її загальному складу. Разом з електродами у пробу занурювали термометр для вимірювання температури і внесення, за необхідності, поправок. Величину потенціалу скляного електрода вимірювали в одиницях рН [29].

2.2. Визначення концентрації у воді амонійного азоту

У поверхневих водах амонійний азот знаходиться головним чином у вигляді іонів амонію (NH_4^+) та недисоційованих молекул NH_4OH . Кількісне співвідношення цих форм має важливе екологічне значення і визначається величиною рН і температурою води.

Для визначення амонійного азоту у відібраних пробах використовували фотометричний метод з реактивом Неслера ($\text{K}_2\text{HgJ}_4 + \text{KOH}$).

У лужному середовищі аміак взаємодіє з тетраїодомеркура́том (II) калію, утворюючи різні жовто-коричневі сполуки, які випадають в осад або переходять у колоїдний стан. Світлопоглинання вимірюють при $\lambda = 425$ нм (або з фіолетовим світлофільтром). В умовах фотометричного визначення реакція в основному відбувається за рівнянням: $\text{NH}_3 + 2 \text{HgJ}_4^{2-} \rightarrow \text{NH}_2\text{Hg}_2\text{J}_3 + 5\text{J} + \text{H}_2\text{O}$

Чутливість визначення дорівнює $0,05$ мг $\text{NH}_4^+/\text{дм}^3$, що значно нижче від ГДК. Без розведення можна визначати не більше 4 мг $\text{NH}_4^+/\text{дм}^3$.

Об'єм проби, що відбирають, повинен бути не меншим 500 см³. Аналіз здійснюють у день відбору проби. Якщо це неможливо, пробу консервують додаванням 1 см³ концентрованої H_2SO_4 на 1 дм³ проби. Консервована проба може зберігатись 2 доби.

Безпосередньому визначенню аміаку у воді без його відгонки заважає багато речовин (аміни, хлораміни, альдегіди, спирти та деякі інші органічні сполуки), що взаємодіють з реактивом Неслера. Вплив твердості води усувають додаванням сегнетової солі або комплексону III.

Великої кількості феруму, сульфідів і каламутності води позбуваються за допомогою солі цинку. До 100 см³ проби додають 1 см³ розчину сульфату цинку (100 г $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ в 1 дм³ бідистиляту), суміш перемішують і 25%-ним розчином KOH або NaOH доводять рН до $\approx 10,5$. Після утворення осаду його відокремлюють фільтруванням. При цьому збільшується об'єм розчину, який необхідно враховувати при розрахунках.

Хід виконаних досліджень для визначення амонійного азоту у відібраних

пробах. При аналізі відібраних проб ми використовували бідистилянт. До 50 см³ або меншого об'єму проби води, доведеного до 50 см³ бідистилятом, додавали 1–2 краплини 50%-ного розчину комплексону III або 50%-ного розчину сегнетової солі і перемішували. Потім додавали 1 см³ реактиву Неслера і добре перемішували. Через 10 хв вимірювали оптичну густину при $\lambda = 425$ нм на фоні холостого розчину.

Концентрацію NH₄⁺ знаходили за градувальним графіком, для побудови якого використовували розчин хлориду амонію (5 мг NH₄⁺/дм³). У мірні колби місткістю 50 см³ наливали 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10 і 12 мл робочого розчину хлориду амонію із зазначеною вище концентрацією NH₄⁺ і безаміачною водою доводили до позначки. Вміст іонів NH₄⁺ в одержаних розчинах становив 0, 0,005, 0,010, 0,015, 0,020, 0,025, 0,030, 0,040, 0,050 і 0,060 мг. Градувальний графік будували в координатах: «світлопоглинання (оптична густина) – концентрація іонів амонію, мг» з урахуванням поправки на холосту пробу.

Вміст іонів амонію (C), мг/дм³, обчислювали за формулою:

$$C = C_{ГР} 1000/V, \quad (2.1)$$

де $C_{ГР}$ – вміст іонів амонію, встановлений за градувальним графіком, мг; V – об'єм проби, взятий для аналізу, см³. Для обчислення вмісту азоту амонійного одержану величину концентрації помножили на коефіцієнт 0,78 [29].

2.3. Визначення концентрації у воді нітритного азоту

Для визначення нітритів у питних, поверхневих і стічних водах використовується фотометричний метод з сульфаніловою кислотою та α -нафтиламіном (реактив Гріса). Зазначений метод базується на діазотуванні сульфанілової кислоти нітритами та взаємодії одержаної солі з α -нафтиламіном з утворенням червоно-фіолетового азобарвника. Оптимальне значення рН для цієї реакції становить 2,5–3,0. Світлопоглинання вимірюють із світлофільтрами, близькими до $\lambda = 520$ нм.

Нітрита є нестійкими сполуками, тому їх необхідно визначати одразу після

відбору проб води. Якщо це неможливо, їх консервують додаванням 1 см^3 концентрованої H_2SO_4 або $2\text{--}4 \text{ см}^3$ хлороформу на 1 дм^3 води. Можна також охолоджувати проби води до $3\text{--}4^\circ\text{C}$.

Визначенню нітрит-іонів заважають завислі речовини та каламутність води, тому пробу перед аналізом фільтрують. При необхідності проби освітлюють за допомогою гідроксиду алюмінію. Для цього до 100 см^3 проби води додають $0,5 \text{ г}$ активованого вугілля, 1 см^3 $12,5\%$ -ного розчину $\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$ і розчин аміаку до рН $5,8$. Після збовтування тверда фаза випадає в осад, і після повного освітлення розчину його фільтрують через фільтр «синя стрічка». Для визначення відбирають частину фільтрату. Заважають сильні окиснювачі та відновники. Ферум (III), меркурій (II), аргентум (I), бісмут (III), плюмбум (II), стибій (III) в умовах визначення випадають в осад. Впливом багатьох з них, крім феруму (III), можна знехтувати, бо їх концентрації в поверхневих водах незначні. Іони Cu^{2+} знижують результати аналізу через каталітичну дію на розклад діазотованої сульфанілової кислоти. Проте концентрація каталітично активного купруму (II), як правило, незначна.

Для забарвлених вод слід проводити холостий дослід, в якому до окремої проби води приливають лише розчин сульфанілової кислоти. Отримане значення оптичної густини віднімають від величини оптичної густини досліджуваної проби.

Хід виконаних досліджень для визначення нітрит-іонів у відібраних пробах. У мірну колбу місткістю 50 см^3 відбирали 25 см^3 профільтрованої проби води, додавали 1 см^3 сульфанілової кислоти ($0,6\%$ -ний розчин у $4,4 \text{ моль/дм}^3$ оцтовій кислоті) і ретельно перемішували. Через 5 хв додавали 1 см^3 розчину α -нафтиламіну ($0,6\%$ -ний розчин у $4,4 \text{ моль/дм}^3$ оцтовій кислоті). Розчин перемішували, доводили водою до позначки і знову перемішували. Через $35\text{--}40 \text{ хв}$ вимірювали оптичну густину при 520 нм у кюветах з товщиною шару 1 або 5 см . За допомогою градуовального графіка знаходили вміст нітрит-іонів. Для побудови цього графіка готували серію із восьми стандартних

розчинів з концентрацією нітрит-іонів 0,0–0,2 мг N/дм³. Для цього в мірні колби місткістю 50 см³ вносили 0, 0,1, 0,2, 0,4, 0,6, 0,8, 1,0, 1,5 і 2,0 см³ робочого стандартного розчину і доливали дистильовану воду до об'єму приблизно 45 см³. Додавали 1 см³ розчину сульфанілової кислоти і ретельно перемішували. Через 5 хв додавали 1 см³ розчину α -нафтиламіну, суміш перемішували і доводили об'єм до позначки дистильованою водою. Через 35–40 хв вимірювали оптичну густину. Концентрація одержаних розчинів дорівнювала 0, 0,01, 0,02, 0,04, 0,06, 0,08, 0,10, 0,15 і 0,20 мг N/дм³.

Концентрацію азоту нітрит-іонів, мг N/дм³, розраховували за формулою:

$$C = C_{ГР} \cdot 1000 / V, \quad (2.2)$$

де $C_{ГР}$ – концентрація азоту нітритів, знайдена за градувальним графіком, мг; V – об'єм проби, см³. Щоб отримати концентрацію нітрит-іонів в мг/дм³, одержану величину (мг N/дм³) помножили на коефіцієнт 3,29 [29].

2.4. Визначення концентрації у воді нітратного азоту

Нітрати визначали методикою фотометричного визначення NO₃⁻-іонів з саліциловою кислотою. Суть її полягає в тому, що в сірчанокиислому середовищі нітрат-іони утворюють з саліцилатом натрію суміш 3- та 5-нітросаліцилових кислот, солі яких у лужному середовищі мають жовтий колір. Світлопоглинання вимірюють при $\lambda = 410$ нм, користуючись кюветами з товщиною шару 2 см. Чутливість фотометричного визначення за цією реакцією становить 0,1 мг NO₃⁻ в 1 дм³ води.

Якщо проби не були оброблені у день відбору, то їх зберігають у холодильнику. Консервують проби додаванням 1 см³ концентрованої H₂SO₄ або 2–4 см³ хлороформу на 1 дм³ води.

Визначенню нітратів заважають забарвлені органічні сполуки, які вилучають обробкою води суспензією гідроксиду алюмінію. Заважаючий вплив завислих речовин усувають фільтруванням проб води через фільтр «синя стрічка» або через мембранний фільтр з діаметром пор 0,45 мкм.

Визначенню заважають також хлориди в кількості понад 200 мг/дм³; їх можна позбутися обробкою проб води сульфатом аргентуму. Іони феруму заважають при концентрації понад 5 мг/дм³. Впливу феруму та інших катіонів можна уникнути після пропускання проби через катіоніт. Нітрити при концентрації понад 2 мг/дм³ видаляють випарюванням проби насухо на водяній бані в присутності 0,05 моль/дм³ (NH₄)₂SO₄.

Хід виконаних досліджень для визначення нітрат-іонів у відібраних пробах. До 10 см³ проби води (після попередньої обробки 100 см³ проби з метою усунення заважаючого впливу речовин) додавали 2 см³ саліцилової кислоти і випарювали у порцеляновій чашці на водяній бані насухо. Після охолодження сухий залишок перемішували з 2 см³ сірчаної кислоти і залишали на 10 хвилин. Потім вміст чашки розводили 10–15 см³ дистильованої води, додавали 15 см³ розчину NaOH і сегнетової солі, переносили кількісно в мірну колбу місткістю 50 см³, обмиваючи стінки чашки дистильованою водою, охолоджували колбу в холодній воді до кімнатної температури і доводили дистильованою водою до позначки. Отриманий кольоровий розчин відразу фотометрували при $\lambda = 410$ нм у кюветах з товщиною шару 2 см проти дистильованої води. Окремо вимірювали поглинання холостого розчину, віднімаючи потім його значення від значення поглинання проби.

Для побудови градуювального графіка готували стандартні розчини, які містять 0, 0,005, 0,01, 0,02, 0,05, 0,10 і 0,20 мг NO₃⁻. Для цього відбирали 0, 0,5, 1,0, 2,0, 5,0, 10,0 і 20,0 см³ робочого розчину нітрату калію з концентрацією 0,01 мг NO₃⁻/дм³, доводили дистильованою водою приблизно до 10 см³. Потім будували градуювальний графік у координатах «оптична густина – вміст нітрат-іонів у пробі, мг».

Концентрацію нітрат-іонів, мг/дм³, розраховували за формулою:

$$C = C_{ГР} \cdot 1000 / V, \quad (2.3)$$

де $C_{ГР}$ – вміст нітрат-іонів, знайдений за градуювальним графіком, мг; V – об'єм досліджуваної проби, см³. Щоб розрахувати вміст у воді азоту нітратів (мг N/дм³), одержану величину множили на 0,226 [29].

2.5. Визначення концентрації у воді фосфору фосфатів

Для визначення фосфору фосфатів широкого застосування набув фотометричний метод з молібдатом амонію $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$. Внаслідок взаємодії ортофосфатів з молібдатом амонію у кислому середовищі (рН 0,80–0,95) у присутності аскорбінової кислоти утворюється інтенсивно забарвлена у синій колір сполука (спочатку утворюється забарвлена у жовтий колір фосфорно-молібденова гетерополікислота $\text{H}_3[\text{P}(\text{Mo}_3\text{O}_{10})_4]$). При дії відновника (аскорбінової кислоти) молібден (VI) у гетерополікислоті відновлюється до середнього ступеня окиснення +5,5, який відповідає суміші еквівалентної кількості Mo(VI) і Mo(V) . Внаслідок цього утворюється сполука синього кольору – «молібденова синь»). Ця реакція відбувається при нагріванні. При введенні в розчин солі стибію (III) утворюється більш складна забарвлена сполука, до складу якої входить стибій у співвідношенні $\text{Sb:P} = 1:1$. У цьому випадку реакція відбувається швидко за кімнатної температури. Чутливість визначення становить $0,02 \text{ мг PO}_4^{3-}/\text{дм}^3$. Поліфосфати та складні ефіри фосфорної кислоти за цих умов в реакцію не вступають. Оптичну густину розчинів вимірюють при $\lambda = 690 \text{ нм}$ (червоний світлофільтр).

Визначенню фосфатів заважають арсенати, а також значна кількість силікатів (понад $100 \text{ мг}/\text{дм}^3$) та іонів феруму (III) (понад $1 \text{ мг}/\text{дм}^3$). Однак арсенати в природних водах, як правило, відсутні. Вплив силікатів і багатьох інших елементів можна усунути розбавленням проби води перед аналізом, а вплив Fe (III) – додаванням еквівалентної кількості комплексону (III). Вплив нітритів усувають сульфаміновою кислотою.

Розчинені форми фосфатів і поліфосфатів необхідно визначати безпосередньо після відбору проб води. Пробу фільтрують через щільний паперовий фільтр на місці її відбору. Біохімічні процеси у пробі гальмують додаванням 2–4 см^3 хлороформу на 1 дм^3 .

Хід виконаних досліджень для визначення фосфору фосфатів у відібраних пробах. До 50 см^3 профільтрованої води додавали 2 см^3 розчину молібденової

суміші і через кілька хвилин $0,5 \text{ см}^3$ 10%-ного розчину аскорбінової кислоти. Суміш перемішували. Одночасно проводили холостий дослід з 50 см^3 води. Через 15 хв вимірювали оптичну густину розчину при $\lambda = 690 \text{ нм}$. Вміст фосфору знаходили за градувальним графіком, для побудови якого у мірній колби на 50 см^3 вносили 0, 1,0, 2,5, 5,0, 10,0 і $25,0 \text{ см}^3$ стандартного розчину ($0,01 \text{ мг PO}_4^{3-}/\text{см}^3$) і доводили об'єм водою до позначки. Далі робили, як зазначено вище. В одержаних розчинах концентрація фосфатів у перерахунку на досліджувану пробу води дорівнювала 0, 0,2, 0,5, 1,0, 2,0 і $5,0 \text{ мг PO}_4^{3-}/\text{дм}^3$. Вимірювали оптичну густину цих розчинів, вносили поправку на холостий дослід з дистильованою водою і будували графік залежності оптичної густини від концентрації іонів фосфорної кислоти.

Вміст ортофосфатів PO_4^{3-} (C_x) у $\text{мг}/\text{дм}^3$ знаходять за формулою:

$$C_x = CV_1/V, \quad (2.4)$$

де C – концентрація фосфат-іонів, визначена за градувальним графіком, $\text{мг}/\text{дм}^3$; V – об'єм проби, взятий для аналізу, см^3 ; V_1 – об'єм, до якого при необхідності розбавлено відібрану пробу. Щоб розрахувати концентрацію фосфору фосфатів, $\text{мг P}/\text{дм}^3$, одержану величину помножили на 0,3263 [29].

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ЇХНІ ОБГОВОРЕННЯ

3.1. Оцінка впливу розчинів із різною активною реакцією води на *Salvinia minima*

Щоб оцінити вплив на швидкість росту *Salvinia minima* за різних активних реакцій води оцінювалися такі показники, як: загальна кількість рослин на момент вимірювань, адже цей показник свідчить про те, чи відбувалось вегетативне розмноження; загальна сума листків всіх особин і середній показник кількості листків для однієї рослини – ці показники свідчать про швидкість набору маси вегетативних органів. Відповідно, чим швидше росли зазначені показники, тим оптимальніші умови середовища для життєдіяльності рослини сальвінія найменша.

Порівнявши за цими показниками досліджувані нами водного середовища із різною активною реакцією (рН 6-8), можна визначити, яке з них є найкращим для вегетації *Salvinia minima*.

Таблиця 3.1

Вплив води із активною реакцією води рН 8 на швидкість росту *Salvinia minima*

($M \pm m$;))

Дата виміру	12.02.2019	26.02.2019	05.03.2019	12.03.2019
Загальна кількість рослин	15 шт.	15 шт.	15 шт.	16 шт.
Загальна сума листків	70 шт.	112 шт.	132 шт.	137 шт.
Середній показник кількості листків для однієї рослини	4,6±0,2	7,4±0,4*	8,8±0,6* [#]	8,5±0,7* [#]

* – $p < 0,05$ (порівняно з першим днем)

[#] – $p < 0,05$ (порівняно з попереднім виміром)

Якщо проаналізувати результати швидкості росту, а саме збільшення кількості листків та ступінь вегетативного розмноження у особин *Salvinia*

minima протягом місяця у воді з водневим показником рН 8 (табл. 3.1), то можна зробити висновки, що за перші два тижні кількість листків зросла на 60%. В середньому кількість листків в одній особині зросла на 3 шт.

Ще за один тиждень цей показник зріс на 18 відсотків. На 1-2 шт. підвищився середній показник листків на рослину.

На останній день вимірювань було зафіксоване вегетативне розмноження. За останній тиждень загальна сума всіх листків підвищила свій показник на 4% відносно попереднього тижня, відносно першого тижня – на 96%.

Таблиця 3.2

Вплив води із активною реакцією води рН 7 на швидкість росту

Salvinia minima

(M ± m;)

Дата виміру	12.02.2019	26.02.2019	05.03.2019	12.03.2019
Загальна кількість рослин	15 шт.	15 шт.	15 шт.	20 шт.
Загальна сума листків	80 шт.	125 шт.	155 шт.	200 шт.
Середній показник кількості листків для однієї рослини	5,3±0,2	8,3±0,6*	10,3±0,7*#	10,0±0,8*#

* – p < 0,05 (порівняно з першим днем)

– p < 0,05

Опісля 14 днів від початку дослідів, показник загальної суми листків зріс на 57%, в середньому кількість листків для особини зросла на 3 шт.

Показник загальної кількості листків на третій тиждень порівняно з другим підвищився на 24 відсотки, порівняно з першим – на 94.

За три тижні від початку дослідів вегетативне розмноження не було зафіксоване, але на останній день вимірювань особин зросла на 5шт.

На 28 день вимірів спостерігалось значне збільшення загальної суми листків відносно першого дня вимірів, що становило 150%. Якщо порівнювати за цим показником різницю між третім тижнем та останнім, цей показник також, у порівнянні з попередніми результатами, суттєво підвищився (на 30%).

Таблиця 3.3

Вплив води із активною реакцією води рН 6 на швидкість росту

Salvinia minima

(M ± m;)

Дата виміру	12.02.2019	26.02.2019	05.03.2019	12.03.2019
Загальна кількість рослин	15 шт.	16 шт.	17 шт.	22 шт.
Загальна сума листків	76 шт.	150 шт.	168 шт.	245 шт.
Середній показник кількості листків для однієї рослини	5,0±0,3	9,3±0,6*	9,8±0,8*#	11,1±0,8*#

* – p < 0,05 (порівняно з першим днем)

– p < 0,

Аналізуючи отримані величини можна відзначити, що на другий тиждень досліду параметри за всіма показниками суттєво зросли.

На третій тиждень зафіксований значний ріст за всіма показниками. Показник загальної кількості листків за тиждень підвищився на 12%, це становить 121% відносно першого дня вимірів. За останній тиждень цей показник зріс на 46%, а відносно першого тижня – зріс на 222%.

Вже після перших двох тижнів, рослини почали вегетативно розмножуватись. В останній день вимірювань кількість поділів становила 6 раз. Середній показник кількості листків для однієї рослини зберігав тенденцію до підвищення кожного тижня.

Таблиця 3.4

Порівняння швидкості росту і вегетативного розмноження *Salvinia minima* у воді з різною активною реакцією

Період (з-по)	12.02.-26.02.2019			26.02.-05.03.2019			05.03.-12.03.2019		
Реакція рН	8	7	6	8	7	6	8	7	6
Зміна загальної кількості рослин	+1	-	-	+1	-	-	+5	+5	+1
Зміна загальної суми листків	+42	+45	+74	+20	+30	+17	+5	+45	+77

3.2. Оцінка залежності між наявністю *Salvinia natans* у її природному середовищі та концентрації у ньому іонів амонію (NH_4^+), нітритів (NO_2^-), нітратів (NO_3^-) та фосфатів (PO_4^{3-})

Щоб оцінити залежність між наявністю сальвінії плаваючої (*Salvinia natans*) у її природному середовищі та кількісному вмісті у ньому сполук азоту та фосфору, були проведені лабораторні дослідження з визначення концентрацій іонів амонію (NH_4^+), нітритів (NO_2^-), нітратів (NO_3^-) та фосфатів (PO_4^{3-}) у водоймах в яких постійно фіксується досліджуваний вид, взагалі виду був відсутній та у водоймах, в яких раніше вона була зафіксована, проте, нещодавно зникла.

У поширенні сальвінії плаваючої велику роль відіграє стан кислотності середовища. Зважаючи на цей фактор, перед дослідженнями було виміряно водневий показник відібраних проб води. Осереднені показники рН представлені в табл. 3.1.

Таблиця 3.5

Водневий показник (рН) досліджуваних водойм

Водойма*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
рН (2018)	7,7	7,6	7,2	7,7	7,6	7,7	7,7	8,2	6,9	7,7	8,0	7,3
рН (2019)	7,8	7,7	7,4	7,8	7,8	7,9	7,8	8,3	7,2	7,9	8,1	7,5

* – 1 – затока Галерна; 2 – затока Верблюди; 3 – озеро Малинівка; 4 – озеро Бабіне; 5 – річка Десенка; 6 – річка Козинка; 7 – Венеційська протока; 8 – Русанівська протока; 9 – озеро Тельбін; 10 – озеро Йорданське; 11 – озеро Вербне; 12 – озеро Гнілуша.

Аналізуючі отримані показники рН, можна зробити висновки, що сальвінія плаваюча може адаптуватись до середовищ із різною кислотністю та до вегетативного розмноження в них. Зміна водневого показника у воді не могла призвести до зникнення *Salvinia natans* з водойм, де вона раніше зростала.

Вміст основних біогенних речовин у водоймах Київської області, де була зафіксована *Salvinia natans* упродовж 2018-2019 років, представлений у табл.

3.2. Результати аналізу відібраних проб показали, що показники біогенних сполук у водоймах коливаються в схожих діапазонах, тому можна відмітити певні закономірності поширення сальвінії плаваючої.

Таблиця 3.2

Осереднені концентрації біогенних компонентів у водоймах, де була зафіксована *Salvinia natans* за період досліджень

Назва	Рік	Азот амонійний, мг N/дм ³	Азот нітритний, мг N/дм ³	Азот нітратний, мг N/дм ³	Фосфор фосфатів, мг P/дм ³
Затока Галерна	2018	0,22	0,004	0,24	0,08
	2019	0,15	0,003	0,35	0,06
Затока Верблюд	2018	0,30	0,010	0,22	0,09
	2019	0,25	0,005	0,31	0,06
Озеро Малинівка	2018	0,03	0,004	0,18	0,12
	2019	0,15	0,002	0,30	0,09
Озеро Бабине	2018	0,30	0,007	0,12	0,08
	2019	0,26	0,006	0,10	0,06
Річка Десенка	2018	0,12	0,020	0,50	0,20
	2019	0,08	0,003	0,08	0,25
Річка Десна	2018	0,06	0,010	0,01	0,10
	2019	0,04	0,008	0,08	0,08
Річка Козинка	2018	0,08	0,009	0,21	0,08
	2019	0,05	0,007	0,11	0,07

За період дослідження водойм, що є природним місцем зростання для сальвінії плаваючої, в воді серед різних форм неорганічного азоту переважання однієї з форм не було виявлено.

Аналізуючи отримані дані можна зробити висновок, що значення азоту амонійного (NH₄⁺) не показали перевищень норм ГДК, визначених для водойм рибогосподарського (0,39 мг N/дм³) та культурно-побутового використання (10,15 мг N/дм³).

Перевищення ГДК для водойм рибогосподарського призначення (9,1 мг N/дм³) та культурно-побутового (10,15 мг N/дм³) за вмістом нітратного азоту (NO₃⁻) також не було зафіксоване ні в одній із водойм, де була наявна сальвінія плаваюча.

Щодо крайніх проявів значень вмісту азоту нітритного (NO_2^-), то значення, що є граничним для концентрації ГДК для водойм рибогосподарського призначення ($0,02 \text{ мг N/дм}^3$) було зафіксовано лише в 2018 році в річці Десенка (Чорторий). У всіх інших водоймах концентрація азоту нітритного була в нормі. Перевищення норм ГДК для водойм культурно-побутового та рекреаційного використання ($1,0 \text{ мг N/дм}^3$) на обстежених водоймах не спостерігалось.

Лише в одній із дванадцяти досліджених водойм – в річці Десенка (Чорторий) було зафіксоване перевищення норми ГДК за вмістом фосфатів (PO_4^{3-}) для водойм рибогосподарського призначення ($0,2 \text{ мг P/дм}^3$). Норми ГДК для водойм культурно-побутового використання ($1,04 \text{ мг P/дм}^3$) перевищеними не були.

Якщо проаналізувати отримані дані по річці Десенка, то досить помітними є, суттєві зниження концентрацій всіх форм неорганічного азоту в 2019 році в порівнянні з 2018-им. Проте, концентрація фосфору фосфатів суттєво зросла до рівня, що не характерний для інших досліджуваних водойм. Як відомо, відношення N/P є важливою специфічною рисою гідрохімічного режиму даних водойм, і чим воно менше, тим вища трофність водойми. Варто зазначити, що саме в р. Десенка в 2019 році була зафіксована досить рясна популяція *Salvinia natans* у порівнянні з іншими досліджуваними водоймами, де вона траплялась.

За отриманими даними досліджень вмісту біогенних елементів у водоймах, де щорічно зустрічається сальвінія плаваюча (*Salvinia natans*), можна прослідкувати певну тенденцію щодо її поширення. У всіх досліджуваних водоймах прослідковується досить висока концентрація фосфору фосфатів (PO_4^{3-}), особливо рясні популяції зустрічались у тих водоймах, де фосфору було найбільше у порівнянні з іншими досліджуваними. Також досить часто зустрічається ситуація, що саме азот нітритний є переважаючою формою серед різних форм неорганічного азоту.

Усереднені концентрації фосфору фосфатів у водоймах були не менші за 0,06 мг P/дм³, цей показник характерний для евтрофних водойм, найвищою була концентрація, що характеризує водойми, як політрофні.

Вміст основних біогенних речовин у водоймах Київської області, де *Salvinia natans* ніколи не була зафіксована, в тому числі і під час проведених досліджень протягом 2018-2019 років, представлений у табл. 3.4. Результати аналізу відібраних проб показали, що показники біогенних сполук у водоймах, де сальвінія завжди наявна і у водоймах, де її ніколи не було, мають суттєво різні концентрації.

Венеційська та Русанівська протока знаходяться в басейні річки Дніпро, проте, в їхніх водах під час досліджень не було зафіксовано наявності сальвінії плаваючої. Раніше у Венеційській протоці сальвінія була наявна, на відміну від Русанівської протоки.

Таблиця 3.4

Осереднені концентрації біогенних компонентів у водоймах, де не була зафіксована (і за період досліджень) *Salvinia natans*

Назва	Рік	Азот амонійний, мг N/дм ³	Азот нітритний, мг N/дм ³	Азот нітратний, мг N/дм ³	Фосфор фосфатів, мг P/дм ³
Венеційська протока	2018	0,31	0,008	0,08	0,07
	2019	0,33	0,011	0,10	0,05
Русанівська протока	2018	1,10	0,020	1,00	0,36
	2019	0,70	0,009	0,80	0,15
Озеро Тельбін	2018	0,51	0,030	1,25	0,23
	2019	0,42	0,051	0,75	0,28
Озеро Йорданське	2018	0,22	0,002	0,12	0,20
	2019	0,35	0,003	0,40	0,15

Проаналізувавши отримані дані можна зробити висновок, що значення азоту амонійного (NH₄⁺) не показали перевищення норм ГДК, визначених для водойм культурно-побутового використання (10,15 мг N/дм³). Проте, були зафіксовані перевищення ГДК для водойм рибогосподарського (0,39 мг N/дм³) у Русанівській протоці у 2018 році майже в 3 рази, та майже в 2 рази в 2019

році. Також перевищення зафіксоване протягом всього періоду досліджень в озері Тельбін.

Щодо крайніх проявів значень вмісту азоту нітритного (NO_2^-), то значення, що є граничним для концентрації ГДК для водойм рибогосподарського призначення ($0,02 \text{ мг N/дм}^3$) було зафіксовано в 2018 році в Русанівській затоці. Також було зафіксоване перевищення в озері Тельбін, в 2019 році воно було більшим від значення ГДК понад в 2 рази. У всіх інших водоймах концентрація азоту нітритного була в нормі. Перевищення норм ГДК для водойм культурно-побутового та рекреаційного використання ($1,0 \text{ мг N/дм}^3$) на обстежених водоймах не спостерігалось.

За вмістом нітратного азоту (NO_3^-) перевищення ГДК для водойм рибогосподарського призначення ($9,1 \text{ мг N/дм}^3$) та культурно-побутового ($10,15 \text{ мг N/дм}^3$) не було зафіксоване ні в одній із водойм, де була наявна сальвінія плаваюча.

В 2018 році було зафіксоване перевищення норми ГДК за вмістом фосфатів (PO_4^{3-}) для водойм рибогосподарського призначення ($0,2 \text{ мг P/дм}^3$) у трьох водоймах: в Русанівській протоці, в озерах Тельбін та Йорданське. Норми ГДК для водойм культурно-побутового використання ($1,04 \text{ мг P/дм}^3$) перевищеними не були.

Отримані результати а їх порівняння за ГДК свідчать про те, що досліджувані водойми є досить забрудненими, особливо Русанівська протока та озеро Тельбін, у яких перевищення за декількома параметрами.

Варто зазначити, що у Венеційській протоці всі концентрації, окрім азоту амонійного, знаходяться в межах концентрації водойм, що є природним середовищем поширення сальвінії плаваючої. Можливо саме це і вплинуло на її зникнення з цієї території.

За отриманими даними досліджень вмісту біогенних елементів у водоймах, де під час досліджень не траплялась сальвінія плаваюча (*Salvinia natans*), можна прослідкувати певну закономірність, що стосується вмісту у водах водойм біогенних компонентів. Так, у всіх досліджуваних водоймах прослідковується

дуже висока концентрація фосфору фосфатів (PO_4^{3-}), але у Венеціанській протоці навпаки – занижка, у порівнянні з водоймами де є сальвінія. Концентрації азоту також набагато вищі.

Можна зазначити, що водойми, де сальвінія плаваюча не трапляється зазвичай трофність досить висока.

Вміст основних біогенних речовин у водоймах Київської області, де *Salvinia natans* була зафіксована в 2018 році, проте, в 2019 році її вже не було представлений у табл. 3.6.

Таблиця 3.6

Осереднені концентрації біогенних компонентів у водоймах, де була зафіксована *Salvinia natans* в 2018 році, проте, зникла в 2019 році

Назва	Рік	Азот амонійний, мг N/дм ³	Азот нітритний, мг N/дм ³	Азот нітратний, мг N/дм ³	Фосфор фосфатів, мг P/дм ³
Озеро Вербне	2018	0,25	0,006	0,45	0,07
	2019	0,40	0,011	0,70	0,05
Озеро Гнілуша	2018	0,15	0,002	0,20	0,11
	2019	0,08	0,003	0,28	0,05

Аналізуючи отримані дані, варто зазначити, що перевищень концентрацій ГДК для водойм культурно-побутового використання не було зафіксовано ні в одній водоймі за всіма досліджуваними речовинами.

Проаналізувавши отримані дані можна зробити висновок, що значення азоту амонійного (NH_4^+) показало перевищення норм ГДК, визначених для водойм рибогосподарського (0,39 мг N/дм³) в озері Вербному в 2019 році.

Перевищення ГДК азоту нітритного (NO_2^-) для водойм рибогосподарського призначення (0,02 мг N/дм³) не було зафіксовано протягом всього періоду досліджень. За вмістом нітратного азоту (NO_3^-) перевищення ГДК для водойм рибогосподарського призначення (9,1 мг N/дм³) також не було зафіксоване ні в одній із досліджуваних водойм. Не було перевищень ГДК і за вмістом фосфатів (PO_4^{3-}) для водойм рибогосподарського призначення (0,2 мг P/дм³).

ВИСНОВКИ

За результатами нашого дослідження встановлено, що найкращі показники росту і розвитку представників роду *Salvinia* L. (а зокрема, *Salvinia minima* Baker) досягаються у кислому середовищі (рН 6). Також встановлено (щодо показників концентрації іонів амонію, нітритів, нітратів та фосфатів), що види роду *Salvinia* L. (а зокрема, *Salvinia natans* L.) найбільш чутливо реагують на зменшення концентрації фосфору та на збільшення концентрації амонійного азоту.

1. Дослідження впливу середовища з різною активною реакцією (рН 6-8) на швидкість росту сальвінії найменшої (*Salvinia minima*) показало, що найбільший приріст вегетативних органів рослин був зафіксований при кислотності рН 6, що дає можливість вважати цей показник найоптимальнішим із варіантів досліджу.
2. Встановлено, що *Salvinia minima* здатна до поступової адаптації та вегетативного розмноження в середовищах із кислотністю рН 7 та рН 8, що є показником достатньо високої активності адаптаційних механізмів.
3. Дослідження залежності між концентраціями іонів амонію (NH_4^+), нітритів (NO_2^-), нітратів (NO_3^-) та фосфатів (PO_4^{3-}) у водоймах та наявністю в них сальвінії плаваючої (*Salvinia natans*) показало, що найбільш чутливо сальвінія реагує на зменшення концентрації фосфору (PO_4^{3-}) (нижче за $0,06 \text{ мг P/дм}^3$), та на збільшення концентрації амонійного азоту (вище за $0,30 \text{ мг N/дм}^3$).
4. У результаті статистичної обробки даних дослідження виявлено, що осереднені концентрації азоту амонійного та фосфору в водоймах, де сальвінія не була зафіксована достовірно вищі ($p < 0,05$) за концентрації у водоймах, де сальвінія була зафіксована.
5. Відповідно до результатів досліджень встановлено, що *Salvinia natans* здатна перебувати та вегетувати в середовищах із досить широким діапазоном концентрацій нітритного та нітратного азоту.

6. Встановлено, що оптимальними для *Salvinia natans* за азотом амонійним (0,03-0,3 мг N/дм³), нітритним азотом (0,002-0,020 мг N/дм³) є водойми із концентраціями, які характерні для оліготрофних, мезотрофних та мезоевтрофних водойм.
7. Встановлено, що оптимальними для *Salvinia natans* за нітратним азотом є водойми з концентрацією від 0,01-0,5 мг N/дм³, які характерні для: оліготрофних, мезотрофних, мезоевтрофних та евтрофних водойм
8. Встановлено, що оптимальними для *Salvinia natans* за фосфором фосфатів є водойми з концентрацією від 0,06 до 0,25 мг P/дм³, які характерні для: евтрофних, еволітрофних та політрофних водойм.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бабенко, Л., Шейко, О., Косаківська, І., Веденичова, П., Негрецький, В. та Вашека, О. (2015). Структурно-функціональні особливості папоротеподібних (Polypodiophyta). Вісник Харківського національного аграрного університету, 1(34), сс.80–103.
2. Babenko, L., Kosakivska, I., and Akimov, Yu. (2014). Effect of temperature stresses on pigment content, lipoxygenase activity and cell ultrastructure of winter wheat seedlings. *Genetics and Plant Physiology*, 4(1–2), pp. 117-125.
3. Coelho, F. (2000). Density-dependent morphological plasticity in *Salvinia auriculata* Aublet. *Aquatic Botany*, 66(4), pp. 273-80.
4. Forno, I. (1983). Native distribution of the *Salvinia auriculata* complex and key to species identification. *Aquatic Botany*, 17, pp. 71-83.
5. Вашека, О. та Безсмертна, О. (2012). *Атлас папоротей флори України*. Київ: ПАЛИВОДА А.В.
6. Engelmann, F. (1991). In vitro conservation of tropical plant germplasm – a review. *Euphytica*, 57, pp. 227-243.
7. Коваль, С., Коваль, В., Тымчук, С. та Богуславский, Р. (2003). Генетические коллекции: проблемы формирования, сохранения и использования. *Цитология и генетика*, 37(4), сс. 46–53.
8. Coates, D., and Dixon, K. (2007). Current perspectives in plant conservation biology. *Australian Journal of Botany*, 55(1), pp. 187-193.
9. Sankaran, T. (1776). Possibilities of Biological Control of the Aquatic Weeds *Eichornia crassipes* and *Salvinia auriculata* in India. In: C. Varshney, and J. Rzoska, ed. *Aquatic Weeds in S.E. Asia*. The Hague: Springer.
10. Heywood, V., Casas, A., Ford-Lloyd, B., Kell, S. and Maxted, N. (2007). Conservation and sustainable use of crop wild relatives. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 121(3), pp. 245-255.
11. Kuckuck, H., Kobabe, G. and Wenzel, G. (1991). *Fundamentals of plant breeding*. Berlin: Springer-Verlag.

12. Plucknett, D., and Horne, M. (2007). Conservation of genetic resources. Rome: FAO.
13. Глухов, О. (2008). *Реінтродукція раритетних видів флори південного сходу України. Монографія*. Донецьк : Вебер.
14. EPPO (2016). *Salvinia molesta (Salviniaceae)*. [online] Available at: https://www.eppo.int/INVASIVE_PLANTS/iap_list/Salvinia_molesta.htm. [Accessed 14 Apr. 2016].
15. Harley, K. and Mitchell, D. (1981). The biology of Australian weeds, 6: *Salvinia molesta* DS Mitchell. *Journal of the Australian Institute of Agricultural Sciences*, 47, pp.67-76.
16. Hattingh, E. (1961). Problem of *Salvinia auriculata* Aubl. and associated aquatic weeds on Kariba Lake. *Weed Research*, 1(4), pp. 303-306.
17. Jacono, C. and Pitman, B. (2001). *Salvinia molesta*: around the world in 70 years. *Aquatic Nuisance Species Digest*, 4(1), pp. 13-16.
18. Madeira, P., Jacono, C., Tipping, P., Van, T. and Center, T. (2003). A genetic survey of *Salvinia minima* in the southern United States. *Aquatic Botany*, 76(1), pp. 27-139.
19. Croat, B. (1978). *Flora of Barro Colorado Island*. Stanford: Stanford University Press.
20. Akobundu, I. and Agyakwa, C. (1987). *A handbook of West African weeds*. Ibadan: International Institute of Tropical Agriculture.
21. Cook, C., Gut, B, Rix, E. and Schneller, J. (1974). *Water Plants of the World: A Manual for the Identification of the Genera of Freshwater Macrophytes*. 1st ed. The Hague: Springer.
22. Кокин, К. (1982). *Экология высших водных растений: учебное пособие* – Москва: Знание.
23. Былинкина, А. (1977). Исследования оборачиваемости фосфатов в водной толще водохранилищ. *Гидрологические и гидрохимические аспекты изучения водохранилищ*, 36(39), сс. 53-77.

24. Трифонова, И. (1994). *Изменение фитопланктонных сообществ при эвтрофировании озер*. Автореф. дис. докт. биол. наук. в форме научного доклада. Санкт-Петербург.
25. Трифонова, И. (2007). Биоиндикация в лимнологическом мониторинге. В: *Биоиндикация в мониторинге пресноводных экосистем*. Санкт-Петербург, Россия, 23-27 октября 2007, сс. 23-28.
26. Константинов, А. (1986). *Общая гидробиология*. Москва: Высшая школа.
27. Мустаев, С., Федорченко, В., Федорченко, Ф. и Земляницына, Т. (1987) Кислородный режим интенсивно эксплуатируемых прудов. В: С. Мустаев, ред., *Сборник научных трудов*. Москва: ВНИИПРХ, сс. 197-203.
28. Дудник, С. та Євтушенко, М. (2013). *Водна токсикологія: основні теоретичні положення та їхнє практичне застосування*. Київ: Видавництво Українського фітосоціологічного центру.
29. Арсан, О., Давидов, О., Дьяченко, Т., Євтушенко, М. та В. М. Жукинський, В. (2006). *Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод*. Київ: ЛОГОС.

ДОДАТКИ

Додаток 1

Таблиця 1

Нормативи якості поверхневих вод

Показник	Культурно-побутового призначення (СанПіН 4630-88)	Рибогосподарського призначення
Азот амонійний, мг N/дм ³	2,00	0,39
Азот нітритний, мг N/дм ³	1,00	0,02
Азот нітратний, мг N/дм ³	10,15	9,10
Фосфор фосфатів, мг P/дм ³	1,14	0,20