

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Навчально-науковий інститут Природокористування
Кафедра екології та технологій захисту навколишнього середовища
ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеня бакалавра

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

студентки Демус Поліни Олегівни
(ПІБ)

академічної групи 101-19зск-1
(шифр)

спеціальності – 101 «Екологія»
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою – Екологія

на тему: Вибір заходів та устаткування для запобігання процесів
евтрофікації ставків і малих озер
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка	Підпис
Кваліфікаційної роботи	Бучавий Ю.В.		
розділів:			
Теоретичного	Бучавий Ю.В.		
Технологічного	Бучавий Ю.В.		
Охорона праці	Чеберячко Ю.І.		
Рецензент	Деревягіна Н.І.		
Нормоконтроль	Грунтова В.Ю.		

Дніпро
2022

**Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»**

ЗАТВЕРДЖЕНО:
Зав. кафедри ЕТЗНС

«__» _____ 2022 року

**ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалавра**

студентці Демус Поліни Олегівни академічної групи 101-19зск-1
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності – 101 «Екологія»

за освітньо-професійною програмою – Екологія

на тему: Вибір заходів та устаткування для запобігання процесів
евтрофікації ставків і малих озер

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 03.05.22 №233-с.

Розділ	Зміст	Термін виконання
Теоретичний	Провести аналіз причин виникнення евтрофікації поверхневих водойм та наслідків для екосистем. Охарактеризувати водний фонд Дніпропетровської області та підходи до оцінки ступіня евтрофікації озер та ставків	01.04 – 29.04 2022
Практичний	Обґрунтувати технічні заходи та устаткування для зниження рівня евтрофікації ставків та малих озер	30.04 – 28.05 2022
Охорона праці	Запропонувати заходи з охорони праці та техніки безпеки для робітників при розчищенні ставків та озер	15.05 – 10.06 2022

Завдання видано _____

_____ Бучавий Ю.В.
(підпис керівника) (прізвище, ініціали)

Дата видачі _____

Дата подання до екзаменаційної комісії _____

Прийнято до виконання _____ Демус П.О.
(підпис студента) (прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 65 с., 12 рис., 3 табл., 4 додатки, 27 джерел.

Об'єкт дослідження – евтрофікація ставків та методи очищення поверхневих водойм.

Мета роботи – дослідити динамку ступеня евтрофікації та обґрунтувати інженерно-технічні заходи щодо покращення якості води у ставках та озерах.

У вступі підкреслюється актуальні питання забруднення поверхневих водойм.

У теоретичному розділі наведено узагальнений аналіз причин виникнення евтрофікації водойм та небезпечних наслідків для довкілля, а також надано характеристики водного фонду Дніпропетровщини, зокрема стану мережі озер та ставків.

У практичному розділі обґрунтовано технічні заходи та устаткування для зниження рівня евтрофікації ставків та малих озер на основі аераторів та гідромеханізованих засобів.

У розділі «охорона праці» наведено правила при відборі зразків води а також техніка безпеки при розчищенні русел річок із використанням земснарядів.

ЕВТРОФІКАЦІЯ ВОДОЙМ, БІОЛОГІЧНЕ ЗАБРУДНЕННЯ ВОДОЙМ, ЕКОСИСТЕМИ, ВОДНІ ІНДЕКСИ, АЕРАТОРИ, ГІДРОМЕХАНІЗАЦІЯ, СТАВКИ, ОЗЕРА

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 ПРИЧИНИ ТА НАСЛІДКИ ДЛЯ ДОВКІЛЛЯ ВІД ЕВТРОФІКАЦІЇ ПОВЕРХНЕВИХ ВОДОЙМ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	8
1.1 Узагальнений аналіз причин виникнення евтрофікації водойм та небезпечних наслідків для довкілля.....	8
1.2 Оцінка ступеню евтрофікації ставків та озер Дніпропетровщини	18
РОЗДІЛ 2 ОБГРУНТУВАННЯ ЗАХОДІВ ЩОДО ЗНИЖЕННЯ РІВНЯ ЕВТРОФІКАЦІЇ СТАВКІВ.....	27
2.1 Інженерно-технічні заходи з проведення очисних та днопоглиблювальних робіт водойм.....	27
2.1.1 Класифікація видів очищення природних водойм.....	27
2.1.2 Очищення водойм від мулових відкладів «сухим» способом.....	28
2.2 Поверхневі способи очищення водойм від мулу	29
2.3 Обґрунтування комплексу обладнання для розчищення ставків	32
2.4 Організація заходів щодо поліпшення якості ставків через санітарне прибирання водоростів	40
2.5 Використання донних аераторів для для насиченням води киснем	44
РОЗДІЛ 3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ РОБОТАХ З ГІДРОМЕХАНІЗАЦІЇ.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.1 Оцінка ймовірної небезпеки для працівників від різних видів забруднення	Ошибка! Закладка не определена.
3.2 Техніка безпеки при розчищенні русел річок із використанням земснарядів	Ошибка! Закладка не определена.
3.3 Вимоги та заходи з організації пожежної безпеки .	Ошибка! Закладка не определена.
ВИСНОВКИ	47
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	49
Додаток А Відгук на кваліфікаційну роботу	Ошибка! Закладка не определена.

Додаток Б Рецензія на кваліфікаційну роботу **Ошибка! Закладка не определена.**

Додаток В Довідка про перевірку на текстові запозичення ... **Ошибка! Закладка не определена.**

Додаток Г Відгуки керівників розділів та нормоконтролера . **Ошибка! Закладка не определена.**

ВСТУП

Забруднення природних вод наносить величезний збиток як природі, так і економіці. Відбуваються серйозні, нерідко необоротні зміни в розвитку біоценозів водних об'єктів, скорочуються їх біологічні ресурси. Забруднені водоймища стають обмежено придатними, а у багатьох випадках і абсолютно непридатними для використання, вони нерідко є джерелами інфекційних захворювань людини і тварин.

Природне водоймище є біологічно збалансованою екологічною системою, налаштованою на самоочищення і самовідновлення. Цей природний стан біологічного балансу може бути порушений як в результаті природного старіння водоймища, так і в результаті штучного забруднення водоймища органічними речовинами і поживними елементами.

Проблема евтрофування стає все більш актуальною для різних типів водних екосистем. В процесі евтрофування відбуваються принципові зміни в трофічній структурі екосистеми. На збагачення біогенними і органічними речовинами водні екосистеми відповідають, перш за все, інтенсивним розвитком водоростей і ціанобактерій, що переводять надлишок поживних елементів в біомасу.

Евтрофікація свідчить про порушення екологічної рівноваги і згодом призводить до деградації водних екосистем. Порушується природна здатність водойм до самоочищення, саморегуляції, формування біотичних зв'язків, параметрів якості води, погіршується стан їх екосистем. До найбільш уразливих відносяться водойми з уповільненим водообміном – ставки та водосховища, створені в результаті зарегулювання стоку малих річок.

На території Дніпропетровської області налічується — 3292 ставків, загальною площею понад — 188,1 км², об'ємом — 274,8 млн. м³. Територія Дніпропетровської області становить 31,9 тис. км² (5,3% території України). Вона повністю розташована в басейні Дніпра. Ці ставки являють собою штучні водойми з об'ємом води до 1 млн. м³ кожний.

Побудовані переважно на малих річках, балках і ярах та, на відміну від великих водосховищ, займають тільки приусліві ділянки й частину заплави та дно ярів і балок. Ставки прикрашають населені пункти і використовуються для зрошення, водопостачання, риборозведення, відпочинку.

Незважаючи на те, що більшість ставків знаходяться поза межами населених пунктів і не зазнають антропогенного, стан ставків в більшості своїй є незадовільним. Більшість штучних водойм заповнюються талими і зливовими водами. У період весняної повені розміри ставків збільшуються, у період літньої межні вони частково пересихають і міліють. Сильно міліють влітку, а іноді і цілком пересихають дуже дрібні ставки з площею в декілька гектарів і глибиною 0,5-1,0 м. Значна кількість ставків замулюється і заростає водяною рослинністю, що прискорює процеси евтрофікації та сприяє заболоченню ставків.

Таким чином виникає необхідність в дослідженні процесів евтрофікації ставків та розробці ефективних засобів щодо її зниження, що і слугувало темою даної роботи.

Метою роботи було дослідити динамку ступеня евтрофікації та обґрунтувати інженерно-технічні заходи щодо покращення якості води у ставках та озерах.

Для цього були поставлені наступні завдання:

1. Провести аналіз причин виникнення евтрофікації поверхневих водойм та наслідків для екосистем;
2. Охарактеризувати водний фонд Дніпропетровської області та підходи до оцінки ступеня евтрофікації озер та ставків;
3. Обґрунтувати технічні заходи та устаткування для зниження рівня евтрофікації ставків та малих озер;
4. Запропонувати заходи з охорони праці та техніки безпеки для робітників при розчищенні ставків та озер.

РОЗДІЛ 1 ПРИЧИНИ ТА НАСЛІДКИ ДЛЯ ДОВКІЛЛЯ ВІД ЕВТРОФІКАЦІЇ ПОВЕРХНЕВИХ ВОДОЙМ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Узагальнений аналіз причин виникнення евтрофікації водойм та небезпечних наслідків для довкілля

Забруднення природних вод наносить величезний збиток як природі, так і економіці. Відбуваються серйозні, нерідко необоротні зміни в розвитку біоценозів водних об'єктів, скорочуються їх біологічні ресурси. Забруднені водоймища стають обмежено придатними, а у багатьох випадках і абсолютно непридатними для використання, вони нерідко є джерелами інфекційних захворювань людини і тварин [1].

Природне водоймище є біологічно збалансованою екологічною системою, налаштованою на самоочищення і самовідновлення. Цей природний стан біологічного балансу може бути порушений як в результаті природного старіння водоймища, так і в результаті штучного забруднення водоймища органічними речовинами і поживними елементами. Потрапивши у водоймище, органіка частково розчиняється у воді, частково опускається на дно водоймища, де формується органічна біомаса донного мулу, що піддається розкладанню гнильними бактеріями і грибками. При розкладанні, органічні речовини інтенсивно забирають з води розчинений кисень, взаємін виділяючи у воду продукти розпаду - поживні (біогенні) елементи азоту, фосфору [2].

Евтрофікація (від грецького *eutrophia* — добре харчування) — збагачення водойм біогенними елементами, що супроводжується знищенням продуктивності водойми. Евтрофікація може бути наслідком природного старіння водойми, внесення добрив або забруднення стічними водами [3].

Надлишок органічних речовин і поживних елементів приводить спочатку до порушення біологічної рівноваги і пригнічення біологічного самоочищення водоймища, а потім до зміни типу екосистеми ставка або озера на евтрофний —

тобто схильний до заболочування [2].

За рівнем евтрофікації водойми поділяються на:

- оліготрофні (слабко евтрофіковані)
- мезотрофні (середньоевтрофіковані)
- евтрофні (сильно евтрофіковані)

Іноді також в окрему категорію виділяють гіперевтрофні (надсильно евтрофіковані) водойми — такі, де евтрофікація спричинює масове відмирання біоти та різку зміну параметрів екосистеми.

Антропогенне евтрофування та забруднення води – це основні процеси, що викликають деградацію річок, водосховищ, озерних систем і погіршення якості води. Хоча головною причиною обох процесів є відходи господарської діяльності, що надходять у водойми з водозбору, кожний з процесів має свою специфіку. Забруднення водойм токсичними речовинами техногенного походження часто ускладнює або робить неможливим використання води для питних цілей. Крім того, забруднюючі речовини накопичуються в донних відкладеннях, а також у фіто- і зоопланктоні, вищій водній рослинності і рибах. При цьому нерідко утворюються нові, більш токсичні сполуки і виникають вогнища вторинного забруднення води.

Для евтрофних водойм характерні багаті та різноманітні літоральна та субліторальна рослинність, велика кількість планктону. Розбалансована евтрофікація може призводити до вибухового розвитку одноклітинних водоростей («цвітіння води»), дефіциту кисню та, як наслідок, загибелі вищої рослинності, риб та інших тварин.

Проблема евтрофування стає все більш актуальною для різних типів водних екосистем. В процесі евтрофування відбуваються принципові зміни в трофічній структурі екосистеми. На збагачення біогенними і органічними речовинами водні екосистеми відповідають, перш за все, інтенсивним розвитком водоростей і ціанобактерій, що переводять надлишок поживних елементів в біомасу. Їх бурхливе розмноження викликає «цвітіння» води, що приводить до дефіциту кисню і замулювання ґрунтів водоймищ.

Створюються сприятливі умови для розвитку патогенної мікрофлори і збудників захворювань [4].

Води евтрофних водойм багаті азотом і фосфором. Велика кількість організмів веде до виснаження кисню в глибинних шарах під час фаз застою. При ерозії і вилуговуванні водоймище поступово заповнюється наносами і збагачується біогенами, накопичення яких сприяє розвитку фітопланктону. Кисень, що виділяється планктоном при фотосинтезі, перенасичує верхній шар води і випаровується з її поверхні.

Підвищення вмісту біогенних елементів в верхніх горизонтах води викликає бурхливий розвиток рослин в цій зоні (в першу чергу планктонних водоростей, а також водоростей — обрастальників) та збільшення чисельності зоопланктону, що харчується фітопланктоном. Як наслідок прозорість води різко знижується, глибина проникнення сонячних променів зменшується, що призводить до загибелі донних рослин від нестачі світла. Після загибелі донних рослин відбувається загибель організмів, чий життєвий цикл був з ними пов'язаний.

Водорості та бактерії, що сильно розмножилися у верхніх горизонтах водойми, мають набагато більшу сумарну поверхню тіла та біомасу, ніж нормальний рослинний комплекс при сталому рівні евтрофікації водойми. При цьому в нічні години фотосинтез в цих рослинах не йде, а процес дихання продовжується, що потребує затрат кисню. В результаті в передранішні години, особливо в теплі дні, кисень у верхніх горизонтах води опиняється майже вичерпанним, і спостерігається загибель організмів, що мешкають в приповерхневих водах, від нестачі кисню (так званий «літній замор»).

Слід зауважити, що життя на Землі з часу його виникнення супроводжувалося проявами евтрофікації, тобто це явище характерне не лише для сучасної геологічної епохи. Саме грандіозним за масштабами евтрофікаційним явищам ми зобов'язані наявністю покладів вугілля, нафти, природного газу та інших корисних копалин біогенного походження (включаючи окремі види залізних руд) [1].

Основними причинами евтрофування водойм є змив мінеральних добрив із сільськогосподарських полів та забруднення вод стоками тваринницьких комплексів. Недотримання екологічних вимог у ході проведення сільськогосподарської діяльності й несанкціонована оранка земель майже до зрізу води спричиняють змив гумусу й збільшення площі еродованих земель [5].

У глибоких водоймах цвітіння зазвичай відбувається у верхніх шарах, у мілководних – по всій глибині. При цвітінні переважає один або два види мікроорганізмів. Цвітіння триває певний час, а потім зникає. Воно може викликатися різними водоростями. На початку весни спостерігається цвітіння діатомовими водоростями, – при цьому вода набуває жовтувато-коричневого кольору. Найбільш поширеними діатомовими водоростями, що викликають цвітіння, є астеріонелла (*Astrionella*), сінедра (*Synedra*), мелозіра (*Melosira*). У середині літа – особливо в останні спекотні роки – нерідко спостерігається цвітіння водойм синьо-зеленими водоростями. Характерними представниками синьо-зелених водоростей, що викликають цвітіння, є анабена (*Anabaena*), осциляторія (*Oscillatoria*), які надають воді блакитно-зеленого кольору, неприємного присмаку і запаху [3].

До біогенних елементів, що саме й спричиняють евтрофікацію, відносяться насамперед азот, фосфор та кремній у різних сполуках. Найбільше значення мають фосфор та азот, що є обов'язковими елементами тканин будь-якого живого організму [4].

Велика кількість відмерлих організмів з верхніх шарів водойми опускаються на дно, де проходить їхнє розкладення. Але, як вказано в п. 1, донна рослинність гине на ранніх стадіях евтрофікації, і виробництво кисню тут майже не відбувається. Якщо ж взяти до уваги, що біопродуктивність завдяки евтрофікації збільшується (див. п. 2), між виробництвом та споживанням кисню в придонних горизонтах спостерігається дисбаланс, кисень тут стрімко витрачається, і все це призводить до загибелі бентосних організмів, навіть не пов'язаних з придонною рослинністю. Аналогічне явище, що спостерігається у другій половині зими в замкнутих мілководних водоймах, відоме як

«зимові замори».

В донному ґрунті, позбавленому кисню, проходить анаеробне розкладення відмерлих організмів з утворенням таких сильних отрут як феноли та сірководень, які призводять до отруєння організмів у всіх ешелонах водойми, що спричинює ще більш масоване відмирання, як наслідок — додаткове збільшення споживання кисню при розкладенні органіки, і т. д.

Концентрація біогенних елементів та їхній режим залежать від інтенсивності біологічних та біохімічних процесів у водоймі та від кількості біогенів, що потрапляють у водойму із стічними водами та поверхневим стоком на площі водозбору. Концентрації азоту та фосфору характеризують трофність («кормність») водойми. Режим біогенних елементів розглядають як вихідний показник потенціальної евтрофікації.

Вважається, що надмірна евтрофікація водойм починається при вмісті в воді азоту в концентрації 0.2-0.3 мг/л, фосфору — 0.01-0.02 мг/л.

При переході від оліготрофних водойм до мезотрофних та евтрофних істотно зростає доля амонійного азоту в його загальній кількості.

Відмерлий фітопланктон надходить в глибинну зону, де їм харчуються редуценти, також споживаючи кисень і знижуючи його концентрацію у воді. «Цвітіння» води взагалі, а викликане синьо-зеленими водоростями особливо, вважається стихійним лихом, оскільки вода стає майже ні до чого вже не придатною. При цьому значно збільшуються вторинне забруднення і замулювання водоймища [1, 4].

Однією з найважливіших біологічних особливостей водоростей є здатність до накопичення азоту і фосфору при їх надходженні у водне середовище в значній кількості. Наявність цих елементів у воді стимулює розмноження водоростевих клітин, які швидко розмножуються. У високоевтрофних водоймах видове різноманіття флори збідніле.

У морях внаслідок масового розвитку водоростей спостерігаються так звані «червоні припливи». Це золотисті та динофітові водорості, які виділяють токсичні речовини для риб та багатьох безхребетних. У континентальних водах

цвітіння спричиняють синьо-зелені водорості (*Anabaena*)

«Цвітінням» воно називається тому, що внаслідок масового розвитку планктонних водоростей вода набуває забарвлюється (синьо-зеленого, зеленого, червоного, буро-жовтого) в залежності від переважання пігментації видів-збудників. Розвиток синьозелених водоростей до рівня «цвітіння» лімітується вмістом фосфатів, швидкістю течії та її каламутністю.

Розрізняють різні ступені «цвітіння» води в залежності від кількості утвореної біомаси. В межах 0,5–0,9 мг/дм³ – слабке, 1,0–9,9 мг/дм³ – помірне, 10–99,9 мг/дм³ – інтенсивне та «гіперцвітіння», коли утворюється біомаси більше 100 мг/дм³.

Відмирання водоростевої біомаси зумовлює різке погіршення якості води, що наближається за своїми показниками до рівня води – мезосапробної, полісапробної і навіть гіперсапробної зони.

Період домінування синьозелених водоростей пов'язаний з пригніченням усіх інших компонентів фітопланктону внаслідок затемнення води (утворення плям цвітіння), перехоплення біогенних елементів і впливу токсичних виділень на інші планктонні види.

З представників аборигенної іхтіофауни Дніпра їх практично не споживає ні один вид, що дає змогу синьозеленим водоростям розмножуватись відповідно до їх величезного біотичного потенціалу.

Як наслідок масованої та незбалансованої евтрофікації більша частина флори та фауни водойми може бути знищеною, а екосистема водойми – різко та катастрофічно зміненою.

Значно впливає на якість води висока температура у літній період, яка щороку спричиняє масове «цвітіння» води і, як наслідок, зниження у воді розчиненого кисню до критичних значень та зростання показників, що характеризують органічне забруднення.

Дуже важливу роль у процесі самоочищення відіграють нижчі види тварин: найпростіші одноклітинні та ракоподібні. Вони живляться водоростями, грибами й бактеріями, запобігаючи надмірному розвитку останніх і можливості

вторинного забруднення.

Дрібні тварини поїдаються рибами, а риба використовується в їжу людиною та більшими тваринами, так замикається ланцюг біологічних змін, пов'язаних із самоочищенням водою. Якщо розкладання органічних речовин відбувається повністю, а його продукти використовуються для побудови нової органічної матерії, надлишок її постійно видаляється з води.

У водоймі встановлюється біологічна рівновага, наслідком якої є чиста вода. Однією з найважливіших умов, необхідних для перебігу біологічних та біохімічних процесів у напрямку самоочищення води, є наявність у ній розчиненого кисню. Якщо кількість кисню достатня для біологічних перетворень органічних забруднень, процес самоочищення води відбувається безперервно з підтриманням у середовищі достатньо вмісту кисню. Якщо ж кисню у воді міститься недостатньо, його може не вистачити для підтримання життєвих процесів: аеробне середовище в такому разі перетворюється на анаеробне. Органічні сполуки замість окиснення зазнають анаеробного розкладання з виділенням гідроген сульфід, метану, водню, оксиду карбону, що призводить до вторинного забруднення водойми.

Треба зауважити, що життя на Землі з моменту його появи супроводжувалось проявами евтрофікації, тобто це явище не характерне винятково для сучасної геологічної епохи. Саме грандіозним за масштабами евтрофікаційним явищем ми зобов'язані наявністю покладів вугілля, нафти, природного газу та інших корисних копалин біогенного походження (аж до деяких видів залізних руд).

До біогенних елементів, що саме і спричиняють евтрофікацію, відносяться насамперед азот, фосфор та кремній у різних сполуках. Найбільше значення мають фосфор та азот, що є обов'язковими елементами тканин будь-якого живого організму.

Таким чином, вивчення особливостей процесів евтрофікації є не тільки еколого-біологічною проблемою, але і медичною, з погляду гігієни і профілактики захворюваності людини.

Для більшості водосховищ актуальна проблема погіршення властивостей води в результаті евтрофікації – різкого підвищення біологічної продуктивності зелених водоростей (найчастіше спровокованою антропогенною діяльністю), що призводить до негативних наслідків для всієї екосистеми водойми.

Висока сільськогосподарська освоєність, скидання стічних вод, інтенсивна забудова прибережних смуг та інше призводить до інтенсифікації процесів антропогенної евтрофікації у водах каскаду дніпровських водосховищ і без впровадження необхідних природоохоронних заходів настане час, коли ці процеси стануть вже незворотними. У водосховищах процеси антропогенної евтрофікації досягають меж, які перевищують можливість самоочищення природних вод в процесі природного біотичного кругообігу.

Біологічне забруднення водойм обумовлено накопиченням у водній масі з'єднань так званих біогенних речовин – сполук фосфору і азоту, які впливають на різке зниження вмісту кисню у воді, підвищення рН, випадання в осад карбонату кальцію, гідроксиду магнію. Вміст усіх цих речовин має пряму або зворотну просторову кореляцію з об'ємом та ступенем біологічного забруднення водойм і на основі вибіркового відбору проб на хімічний аналіз може бути оцінено і зафіксовано картографічними методами по всій акваторії водоймища [2].

Загроза антропогенного евтрофування водойм стала усвідомлюватися тільки в другій половині минулого століття. Для водойм, особливо озерних екосистем, надмірне надходження біогенних речовин не менш небезпечне, ніж токсичне забруднення води. Коли вміст у воді фосфору, азоту, калію перевищує критичний рівень, прискорюються життєві процеси водних організмів. Як наслідок, починається масовий розвиток планктонних водоростей (“цвітіння” води), вода набуває неприємного запаху і присмаку, її прозорість знижується, збільшується кольоровість, підвищується вміст розчинених і завислих органічних речовин. Перенасичення води органічними сполуками стимулює розвиток сапрофітних бактерій (у тому числі особливо небезпечних

хвороботворних), водних грибів, різко загострюючи епідеміологічну обстановку на водних об'єктах.

Основними ознаками евтрофікації водойм є збільшення біомаси фітопланктону або інших автотрофних організмів (фітомікробентос, нитчасті водорості), масовий розвиток водоростей до рівня «цвітіння» води, зменшення концентрації розчиненого кисню на заключному етапі вегетації -- при масовому відмиранні водоростей та інших організмів.

У високоевтрофних водоймах для більшості водяних тварин створюються несприятливі умови існування. Зменшується видове різноманіття промислово цінних видів риби.

При надлишку органічної речовини у воді утворюються стійкі органомінеральні комплекси з важкими металами, в деяких випадках більш токсичні, ніж самі метали. На окислення величезної кількості новоутвореної органічної речовини витрачається значна частина розчиненого у воді кисню – виникає кисневий дефіцит, що вкрай негативно впливає на цінні породи риби і їх кормову базу – зообентос. Крім того, дефіцит кисню приводить до того, що з донних відкладень у воду більш активно виділяється ряд речовин, у тому числі фосфор, а це, у свою чергу, інтенсифікує процес евтрофування. Таким чином, починаючи з якогось моменту, евтрофування, отримуючи внутріводне прискорення, стає незворотнім, викликаючи деградацію озерних систем і водосховищ.

З розвитком суспільства проблеми чистої води й охорони водних екосистем стають дедалі все гострішими, оскільки стрімко посилюється вплив на природу, спричинений науковотехнічним прогресом і кліматичними змінами. Що стосується України, то наша держава має колосальні водні ресурси [7].

У гідрографічній мережі будь-якого водозбірного басейну переважають струмки і малі річки. На території України за уточненими даними налічується 63029 малих річок і водотоків загальною довжиною 185,8 тис. км.

Головна особливість формування стоку малих річок – їх дуже тісний зв'язок з ландшафтом басейну, що й обумовлює їх вразливість при надмірному

використанні не лише водних ресурсів, а й водозбору. Малі річки виконують функції регулятора водного режиму ландшафтів, підтримуючи рівновагу і перерозподіл вологи. Вони визначають також гідрологічну і гідрохімічну специфіку середніх і великих річок.

Для України використання малих річок завжди мало велике значення. В останні десятиліття відзначався інтенсивний ріст водокористування на малих річках, що призвело до погіршення якості води та гідрологічного режиму. Значно збільшилося безповоротне водоспоживання. У деяких регіонах через безконтрольний забір води багато малих річок пересихають, замулюються і взагалі зникають.

Антропогенний вплив на малі річки обумовлений господарською діяльністю, яка здійснюється і в межах водозбірних басейнів, і на самих водотоках. Дренажні води, що скидаються з меліоративних систем, в основному неочищені, викликають “цвітіння” малих річок в літній період і погіршують якість води.

До недавнього часу основним джерелом забруднення малих річок були відпрацьовані промислові та комунальні стічні води. Створення відстійників, очисних споруд знизило ступінь забруднення цієї категорії стічних вод. У той же час зросла частка забруднених вод, які формуються в межах водозбірних басейнів малих річок. Це перш за все поверхневий стік з сільськогосподарських угідь, що містить мінеральні добрива, отрутохімікати та біогенні речовини.

Для облаштування, відродження та охорони малих річок, ліквідації джерел забруднення води всі проведені заходи повинні мати екологічну спрямованість. Крім ліквідації зосереджених і розсіяних джерел забруднення, необхідно відновити всі основні природні чинники річкової системи, в тому числі водну фауну і флору. На жаль, сталому функціонуванню річкових екосистем при відновлювальних роботах на малих річках України не приділяється належної уваги.

Інша проблема пов'язана з наслідками евтрофікації водойм є питне водопостачання для населення. Забруднення води в джерелах обумовлене

високим антропогенним навантаженням на водозбори, відсутністю або слабкою інженерною облаштованістю водоохоронних зон, скиданням стічних вод [11].

В умовах сучасних міст очищаються величезні об'єми води. Однак через постійний дефіцит реагентів відбувається повсюдне порушення технології очищення. Через великі об'єми оброблюваної води застосування фізико-хімічних методів очищення від важких металів стає неможливим. Використання хлору в якості знезаражуючого засобу призводить до того, що взаємодіючи з водою, насичено органічними речовинами, він утворює високотоксичні хлорорганічні сполуки.

До організаційно-економічних і концептуальних прорахунків можна віднести збереження централізованого водопостачання міст, неефективність монопольної муніципальної служби водозабезпечення, єдину промислово-комунальну систему водопостачання, необґрунтовано високі питомі норми водоспоживання, низьку плату за воду, яка не відповідає витратам на її підготування і подачу споживачам, скидання забруднених стічних вод.

Водопостачання міст перетворилося в погано кероване гігантське господарство. Довести такий об'єм води до питної якості практично неможливо. В умовах жорстко централізованої системи водопостачання складно експлуатувати десятки кілометрів водопровідних мереж, побудованих з металевих труб. Їх поступовий знос і корозійне обростання, низька якість санітарно-технічної арматури призводять до частих аварій, перебоїв в подачі води, її витоків. Поняття «якість води» має на увазі комплексну оцінку, яка включає гідрохімічні і гідробіологічні характеристики. В даний час продовжує використовуватися традиційний підхід до оцінки якості води, заснований на визначенні ряду хімічних показників.

1.2 Оцінка ступеню евтрофікації ставків та озер Дніпропетровщини

Ставки являють собою штучні водойми з об'ємом води до 1 млн. м³ кожний. Побудовані переважно на малих річках, балках і ярах та, на відміну від великих водосховищ, займають тільки прируслові ділянки й частину заплави

та дно ярів і балок. Ставки прикрашають населені пункти і використовуються для зрошення, водопостачання, риборозведення, відпочинку.

На території Дніпропетровської області налічується — 3292 ставки, загальною площею понад — 188,1 км², об'ємом — 274,8 млн м³[1]. Територія Дніпропетровської області становить 31,9 тис. км² (5,3% території України). Вона повністю розташована в басейні Дніпра.

Гідрографічна мережа області включає велику річку Дніпро (261 км в межах області), а також її притоки — середні річки Орель, Самару з притокою Вовча, Мокру Суру, Базавлук, Інгулець з притокою р. Саксагань.

Для річок області характерним є досить високий ступінь зарегульованості штучними водоймами — водосховищами і ставками (ставами).

Найбільше ставків знаходиться на території Новомосковського (351 шт.), Солонянського (241 шт.) та Криворізького (231 шт.) районів.

Більшість штучних водойм заповнюються талими і зливовими водами.

У період весняної повені розміри ставків збільшуються, у період літньої межени вони частково пересихають і міліють.

Сильно міліють влітку, а іноді і цілком пересихають дуже дрібні ставки з площею в декілька гектарів і глибиною 0,5–1,0 м. Значна кількість ставків замулюється і заростає водяною рослинністю.

Стан ставків в більшості своїй незадовільний (не розраховані на довготривалий термін служби, відсутні капітальні гідротехнічні споруди).

На території Дніпропетровської області 25% ставків знаходиться в оренді (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Характеристика ставків за адміністративними районами Дніпропетровської області

Район, місто	Кількість ставків, шт.	Площа ставків, га	Об'єм ставків, млн. м ³	В оренді, шт.	В оренді, га

Апостолівський	150	807	11,5	-	-
Васильківський	143	744	10,6	26	317
Верхньодніпровський	80	366	5,2	13	142
Дніпропетровський	66	281	5,4	21	190
Криворізький	231	826	13,5	18	152
Криничанський	218	1231	17,6	52	152
Магдалинівський	129	853	12,2	41	449
Межівський	116	324	4,6	20	140
Нікопольський	213	1141	16,3	16	882
Новомосковський	351	2082	29,8	191	1356
Павлоградський	72	332	4,7	34	239
Петриківський	73	1760	25,2	13	106
Петропавлівський	50	320	4,6	12	136
Покровський	198	957	13,7	27	212
П'ятихатський	145	729	11,9	48	292
Синельниківський	169	611	10,0	28	171
Солонянський	241	1234	17,6	88	758
Софіївський	167	1423	20,4	56	889
Томаківський	138	609	8,7	51	418
Царичанський	62	513	7,3	8	68
Широківський	174	998	14,3	43	359
Юр'ївський	72	323	4,6	29	233
м. Дніпро	3	9	0,2	-	-
м. Жовті Води	4	41	0,6	-	-
м. Кривий Ріг	23	287	4,1	-	-
м. Синельникове	4	11	0,2	-	-
Разом	3292	18812	274,8	835	7661

Дані про кількість ставків у межах основних районів річкових басейнів на території Дніпропетровської області наведена у табл. 1.2

Таблиця 1.2 – кількість ставків на території Дніпропетровської області

Район річкового басейну	Кількість ставів, шт.	Площа ставів, га	Об'єм ставів, млн м ³	В оренді, шт.	В оренді, га
Дніпра, у тому числі	3292	18812	274,8	835	7661
<i>р. Інгулець</i>	594	2787	39,9	115	845
<i>р. Самара</i>	1036	5449	77,9	317	3084
Разом	3292	18812	274,8	835	7661

Сьогодні для моніторингу процесів евтрофікації водних об'єктів доцільно використовувати наземні спостереження у поєднанні із методами дистанційного зондування, а саме мультиспектральними зображеннями акваторій з оптичних супутників, зокрема *Landsat-8*, *Sentinel-2* та *ALI Hyperion*. Вони дозволяють визначати характеристики земної поверхні за допомогою спектральних профілів та спеціальних індексів.

Радіометричні індекси - це кількісні показники ознак об'єктів довкілля на земній поверхні, таких як рослинність, вода, ґрунти, які отримуються шляхом поєднанням декількох спектральних смуг, ознак, що не є очевидними в іншому випадку, якщо використовується лише одна спектральна смуга, тобто панхроматичне зображення.

Для виявлення водних об'єктів за космічними багатоспектральну зображень широко використовуються наступні індекси: NDWI, NDMI, MNDWI, WRI, NDVI, AWEI. автоматизований індекс виділення води (AWEI) дозволяє ефективно розділити водні і неводні пікселі за рахунок одночасного використання чотирьох спектральних каналів *Landsat-8* або *Sentinel-2*.

Основою індексу є контраст відбивних характеристик з максимальним поглинанням пігментом хлорофілу (червоний канал) і високою відбивною здатністю рослинного покриву (інфрачервоний канал).

Індекс нормованої різниці вод (NDWI) розраховується на основі каналу ближнього інфрачервоного діапазону і каналу в короткохвильовому інфрачервоному (SWIR). В табл. 1.3 представлені формули для обчислень індексів.

Таблиця 1.3 – Формули до визначення радіометричних індексів та їх інтерпретація

Індекс	Формула	Діапазон значень
Normalized Difference Water Index	$NDWI = (GREEN - NIR) / (GREEN + NIR)$	Вода має позитивні значення
Normalized Difference Moisture Index	$NDMI = (NIR - MIR) / (NIR + MIR)$	Вода має позитивні значення
Modified Normalized Difference Water Index	$MNDWI = (GREEN - MIR) / (GREEN + MIR)$	Вода має позитивні значення
Water Ratio Index	$WRI = (GREEN + RED) / (NIR + MIR)$	Вода має значення більше одиниці
Normalized Difference Vegetation Index	$NDVI = (NIR - RED) / (NIR + RED)$	Вода має негативні значення
Automated Water Extraction Index	$AWEI = 4 \times (GREEN - MIR) - (0,25 \times NIR + 2,75 \times SWIR)$	Вода має позитивні значення

Коефіцієнти в вираженні для цього індексу емпірично підібрані таким чином, щоб спостерігалось максимальне відміну водних пікселів від пікселів різних типів рослинного покриву. Нормалізувати вегетаційний індекс NDVI є найбільш відомим індексом, використовуваним на практиці, і показує наявність і стан рослинності на момент вимірювань.

Для моніторингу процесів евтрофікації водойм доцільно застосовувати наступні радіометричні індекси: *NDWI*, *NDWI2*, *MNDWI*, *NDPI* та *NDTI*. Кожен з них має особливості застосування, методики розрахунку та обмеження щодо їх використання.

Нормалізований різницевий водний індекс (NDWI) є індексом для визначення і моніторингу змін змісту поверхневих вод. Він обчислюється з використанням ближнього інфрачервоного (NIR) і зеленого каналу. Індекс визначається за формулою (1.1):

$$\text{NDWI} = (\text{Green} - \text{NIR}) / (\text{Green} + \text{NIR}) \quad (1.1)$$

Функціональність формули пояснюється такими міркуваннями: замість використання червоного діапазону, в якому інтенсивність відбиття визначається присутністю хлорофілу, використовується короткохвильове ближнє інфрачервоне випромінювання (SWIR), в якому відбувається високе поглинання світло від води. Можливий більш широкий діапазон 1500–1750 нм. Використання того ж ближнього інфрачервоного діапазону (NIR), що і в разі NDVI, пов'язане з тим, що вода не поглинає цю частину електромагнітного спектра, тому індекс стійкий до атмосферних впливів, що відрізняє його від NDVI. Слід зазначити, що при спостереженні за лісами індекс NDWI характеризується більш стабільним зниженням значень при досягненні критичної антропогенного навантаження, що може служити індикатором екологічного стану лісів, більш чутливих, ніж NDVI.

Результати NDWI можуть бути представлені у вигляді карт і графіків, що надають інформацію як про просторовий розподіл водного стресу на рослинність, так і про його тимчасове розвитку протягом більш тривалих періодів часу.

Продукт NDWI безрозмірний і варіюється від -1 до +1, в залежності від вмісту твердої деревини, а також від типу рослинності і покритву. Високі значення NDWI (синього кольору) відповідають високому вмісту води в рослинах і покриттю високої рослинної фракцією. Низькі значення NDWI (червоного кольору) відповідають низькому вмісту рослинності і покриттю з низькою рослинністю. У періоди нестачі води швидкість NDWI буде знижуватися.

Індекс NDWI для оцінки ризику виникнення пожежі використовується для визначення наявності вологи в рослинному покритті. Більш високі значення

NDWI вказують на достатню вологість, в той час як низькі значення вказують на нестачу води.

NDWI2 (The Second Normalized Difference Water Index). Другий алгоритм нормалізованої різниці індексу води був розроблений Макфітерсом у 1996 р [2].

Використовується для виявлення поверхневих вод у водно-болотних середовищах та для вимірювання протяжності поверхневих вод.

NDWI2 розраховується за наступною формулою (1.2):

$$NDWI2 = \frac{(green_factor * green - IR_factor * near_IR)}{(green_factor * green + IR_factor * near_IR)} \quad (1.2)$$

де *green_factor* – коефіцієнт чутливості впливу зеленої спектральної смуги;

green – значення відбиття поверхні у зеленій спектральній смугі;

IR_factor – коефіцієнт чутливості впливу ближньої інфрачервоної спектральної смуги;

near_IR – значення відбиття поверхні в ближній інфрачервоній спектральній смугі.

MNDWI (Modified Normalized Difference Water Index). Алгоритм модифікованої нормалізованої різниці індексу води був запропонований *Xu, H.* у 2006 р [10].

Даний індекс може покращити характеристики відкритих водойм, одночасно ефективно знизити чи навіть усунути наземний шум від забудови, а також рослинний та ґрунтовий шум.

На рисунках 1.1 – 1.3 наведені аерофотознімки на яких можна помітити ознаки цвітіння види у літній період. За аналізом композитного зображення у натуральних кольорах подекуди важко знайти відмінність між евтрофікованими водоймами та ділянками із зелених насаджень. Застосування вегетаційного або водного індексів дозволяє вже чітко розрізнити воду від суходолу, а також

ступінь її евтрофікації.



Оцінка ступеня евтрофікації водойм аерофотознімком у натуральних кольорах (а – 22.03.2022, б – 15.07.2021)

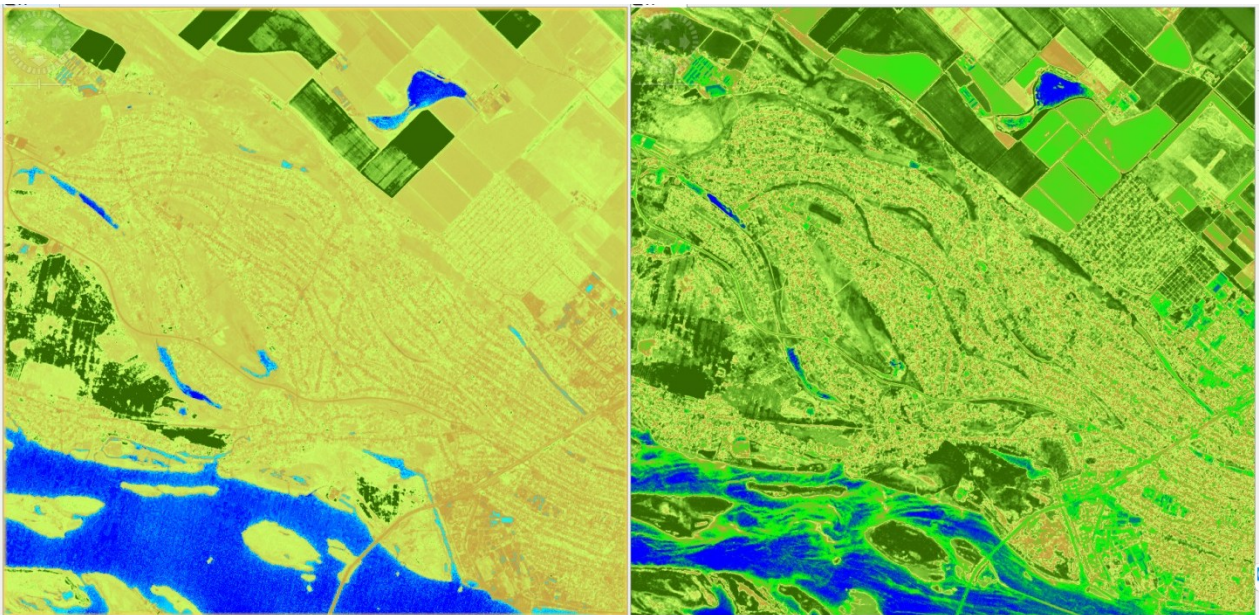


Рисунок 1.2 – Оцінка ступеня евтрофікації водойм за вегетаційним індексом NDVI (а – 22.03.2022, б – 15.07.2021)

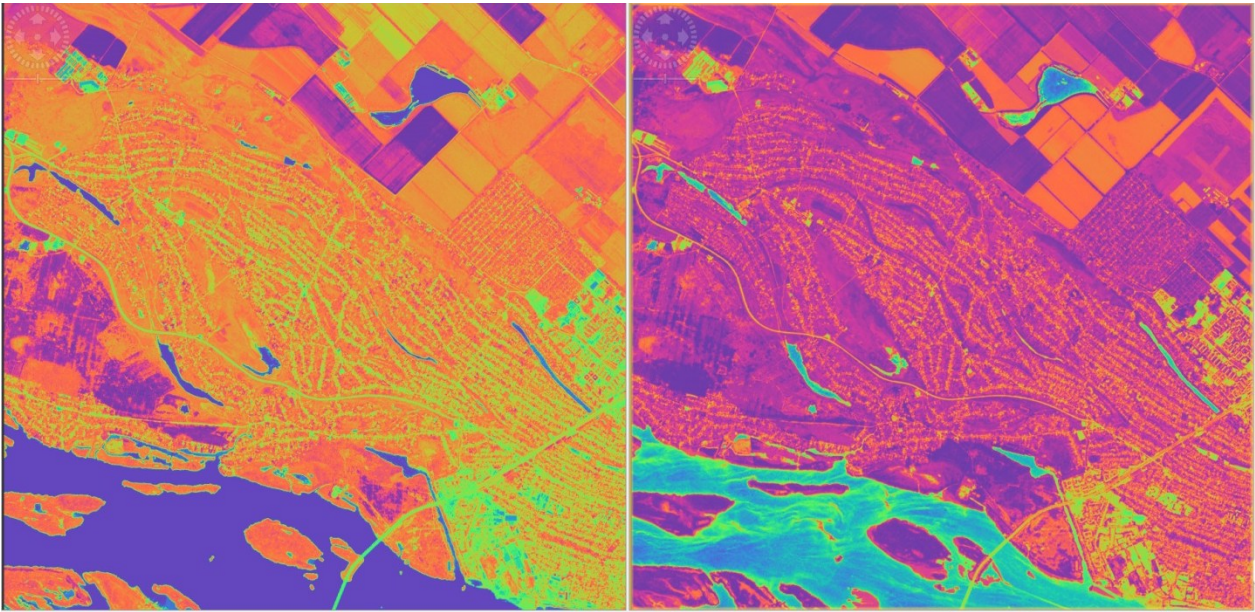


Рисунок 1.3 – Оцінка ступеня евтрофікації водойм за водним індексом NDWI2 (а – 22.03.2022, б – 15.07.2021)

Таким чином, використання радіометричних індексів NDVI та NDWI2 дозволяє оперативно оцінювати динаміку стану води та визначати ділянки із найвищим ступенем евтрофікації. Що може бути корисним для моніторингу процесів евтрофікації ставків та планування заходів з їх очищення.

РОЗДІЛ 2 ОБГРУНТУВАННЯ ЗАХОДІВ ЩОДО ЗНИЖЕННЯ РІВНЯ ЕВТРОФІКАЦІЇ СТАВКІВ

2.1 Інженерно-технічні заходи з проведення очисних та днопоглиблювальних робіт водойм

2.1.1 Класифікація видів очищення природних водойм

Загальновідомо, що нормальний перебіг процесів самоочищення водойми може бути порушений внаслідок надмірного накопичення у водоймі органічних речовин або ж в результаті забруднення речовинами різного походження. Саме тому, природні водойми та ставки, які використовуються з метою рибогосподарського використання необхідно стабільно очищувати.

Сезоном очищення, як правило, є кінець весни – початок літа. Всі заходи, які дозволяють попереджувати заростання водойм застосовують і для боротьби із замуленням: використання раціональної рибоводної технології, укріплення дамб та відкосів.

Очищення від замулення може здійснюватися так званим «сухим» способом по ложу спущеного ставку, а також з поверхні води. У першому випадку для очищення від замулення використовують засоби механізації (бульдозери, скрепери, екскаватори), в другому – засоби гідромеханізації (землесосні снаряди).

Перед очищенням водних об'єктів від донних відкладів та інших типів забруднювачів необхідно врахувати ряд факторів:

- походження водойми (природня, штучна, декоративна);
- характер забруднень (мул, гілки дерев, пеньки, продукти життєдіяльності риб та залишки кормів, коренева система);
- площа та глибина водойми;
- наявність берегових підступів та площадок.

2.1.2 Очищення водойм від мулових відкладів «сухим» способом

Інтенсивне ведення ставової аквакультури викликає накопичення великої кількості органічних речовин на дні водойм, утворюючи мулові відклади. З кожним роком їх кількість збільшується і товщина шару мулу може досягати від кількох сантиметрів до десятків сантиметрів. В кінцевому результаті його кількість може досягнути таких об'ємів, що водойма виявиться непридатною для рибогосподарського використання, перетворившись у болото.

Радикальним способом боротьби із замулюванням водойми вважається літування – комплекс заходів, які включають осушування ставу восени, проморожування та очищення його від мулових відкладів взимку та проведення меліоративних робіт в осушеному ставку влітку.

Операція з очищення ставу від мулових відкладів, що накопичилися в ньому, виконується наступним чином: в ставах, спущених на літування в зимовий період під час замерзання мулу проводять вирубування плиток шириною 30–40 см та транспортування їх на берег (рис. 2.1)



а



б

Рисунок 2.1 – Видалення мулу зі ставів «сухим» способом

За умови великої площі ставку можуть застосовуватися механізовані пристрої для видалення замерзлих плиток– екскаватори тощо. В подальшому раціональним вважається використання видаленого мулу для потреб сільського господарства, як цінного добрива.

2.2 Поверхневі способи очищення водойм від мулу

Очищення ставів від замулення з поверхні води проводиться за допомогою гідромеханізованого способу. Перевага даного способу очищення в порівнянні з «сухим» полягає в можливості проведення робіт у процесі експлуатації ставів і розподілу вийнятого ґрунту на велику площу або скидання його в певні місця.

Роботи з гідромеханізованого очищення ставів відрізняються малим об'ємом на одиницю площі, оскільки товщина шару замулення, що розробляється, як правило, складає 0,5–2 м. Розробка ґрунту корисних виїмок або кар'єрів в забоях під водою або в забоях, що виходять значною частиною своєї корисної товщі на поверхню, проводиться землесосними установками і снарядами.

Характерним для річок області є наявність руслових та заплавних наносів (відкладів), що спричиняє ерозію й розмивання берегів та погіршує умови проходження паводків, особливо на ділянках мостових переходів, гідротехнічних та лінійних споруд.

Земснаряди характеризуються типом ґрунтового насоса, продуктивністю його пульпи, типом приводу (дизельний або електричний), а також методами розробки ґрунту. Залежно від призначення вони можуть бути стаціонарного, пересувного і плаваючого типів.



Рисунок 2.2 – Загальний вигляд земснарядів

За способом забору та переміщення ґрунту земснаряди поділяються на:

1. землевсмоктуючий снаряд – добуває та перекачує ґрунт у вигляді пульпи за допомогою ґрунтового насосу, використовується для ґрунтів I–IV категорій;
2. черпакові земснаряди – є різновидом екскаваторів, які піднімають та переміщують ґрунт за допомогою ковшів або черпаків, використовуються на твердих ґрунтах V–VI категорій.

За методом робочих пересувань:

1. Самохідні(берегові)– здійснюють робочі переміщення за допомогою судна, що їх рухає;
2. Якірні (плаваючі) – здійснюють робочі переміщення на робочих якорях;
3. Якірно-палеві(плаваючі) – здійснюють робочі переміщення за допомогою якорів та палів;
4. Палеві(плаваючі) – переміщуються тільки за допомогою палів.

За способом роботи земснаряди поділяються на:

1. працюючі траншейним способом – земснаряд пересувається вздовж ділянки, яка розробляється;
2. працюючі папільйонажним способом – земснаряд пересувається поперек ділянки, що розробляється;
3. спосіб окремих лунок– застосовується порівняно рідко, переважно при розробці піщаних ґрунтів.

Порядок проведення руслоочисних та руслорегулювальних робіт на річках розроблено відповідно до Закону України «Про місцеве самоврядування в Україні» та Водного кодексу України. Порядок визначає черговість, технічні умови та механізм з підготовки і проведення днопоглиблювальних, руслоочисних та руслорегулювальних робіт на річках області.

Руслоочисні та руслорегулювальні роботи виконуються з метою

зниження гідравлічного навантаження на береги річок, які зазнають інтенсивної ерозії, забезпечення умов проходження паводку на ділянках мостових переходів, гідроспоруд та лінійних споруд, відновлення природного стану русла, поліпшення умов існування водних живих організмів.

Річкові відклади (алювіальні відклади, річкові наноси) – уламкові пухкі відклади, які формуються постійними водними потоками в річкових долинах. Виділяють три основні фації: руслову, заплавної, старичну. Літологічно річкові відклади представлені галечниками, які в давніх товщах перетворені в конгломерати, пісками, суглинками, глинами. Гранулометричний склад річкових відкладів змінюється вниз за течією річки (розмір частинок зменшується). Для річкових відкладів характерні незначна відсортованість та коса шаруватість матеріалу. Широко використовуються як піщано-гравійна сировина.

Розчистка русла річки виконується в існуючих межах річки, тому проектні параметри поперечних перетинів максимально наближені до природних. Передбачається використання земснаряда, продуктивністю 140 м³/год з подаванням пульпи на карту намиву в заплаві річки.

Робота земснарядом передбачається по руслу річки при розробці ґрунту III групи з глибини залягання на карту намивна, для просушки.

Карту намиву влаштовують по береговій лінії з влаштуванням тимчасової огорожувальної дамби з ґрунту I групи екскаватором зворотною лопатою з місцевого ґрунту. В тілі тимчасової огорожувальної дамби карту намиву передбачено монтаж з наступним демонтажем переливної труби ПВХ ф200мм, для зовнішньої каналізації.

Відновлення розроблених ґрунтів здійснюється за допомогою бульдозерів. Транспортування і розвантаження, будівельних конструкцій та матеріалів здійснюється за допомогою автотранспорту. Об'єкт забезпечений під'їзними шляхами.

Тривалість будівництва визначена згідно розрахунку і складає 24

місяці. Виконання будівельних робіт за даним проектом на конкурсній основі можуть здійснювати спеціалізовані організації, що мають досвід виконання подібних робіт відповідні ліцензії і дозвіл на виконання будівельних робіт, оформлений в усталеному чинним законодавством порядку.

При виконанні будівельно-монтажних робіт необхідно суворо дотримуватися вимог ДСТУ Н Б В.2.1-28-2013, ДБН А.3.1-5-2016, ДБН А.3.2-2-2009, а також правил пожежної безпеки при виробництві БМР ППБ 05-86.

Основні роботи з розчищення річки виконуються за допомогою екскаваторів з берега з тимчасових технологічних дамб та технологічної дороги. Для устрою технологічних дамб для роботи екскаваторів використовуються бульдозери і автомобілі-самоскиди.

Планування розроблених ґрунтів здійснюється за допомогою екскаваторів та бульдозерів.

Транспортування і навантаження матеріалів здійснюється за допомогою автотранспорту.

Попередньо вздовж розчистки передбачається вирівнювання майданчиків з влаштуванням технологічних доріг і насипка тимчасових технологічних дамб для роботи екскаваторів. Для влаштування технологічних дамб та доріг використовуються бульдозери і автомобілі-самоскиди. Розробка донних відкладень виконується у відвал та карти наміву для просушки. З наступним навантаженням в автомашини та перевезенням на постійне місце складування з розрівнюванням.

2.3 Обґрунтування комплексу обладнання для розчищення ставків

В результаті пошуку придатного устаткування для розчищення малих річок було вибрано багатофункціональний комплекс Watermaster.

Багатофункціональний земснаряд-амфібія Watermaster чудово справляється з завданнями, які зазвичай вирішуються за допомогою декількох окремих машин. Завдяки своєму універсальному набору швидко замінних робочих пристосувань, Watermaster може виконувати всі роботи на мілководді

від сухого ґрунту до глибини шести метрів (рис. 2.3).

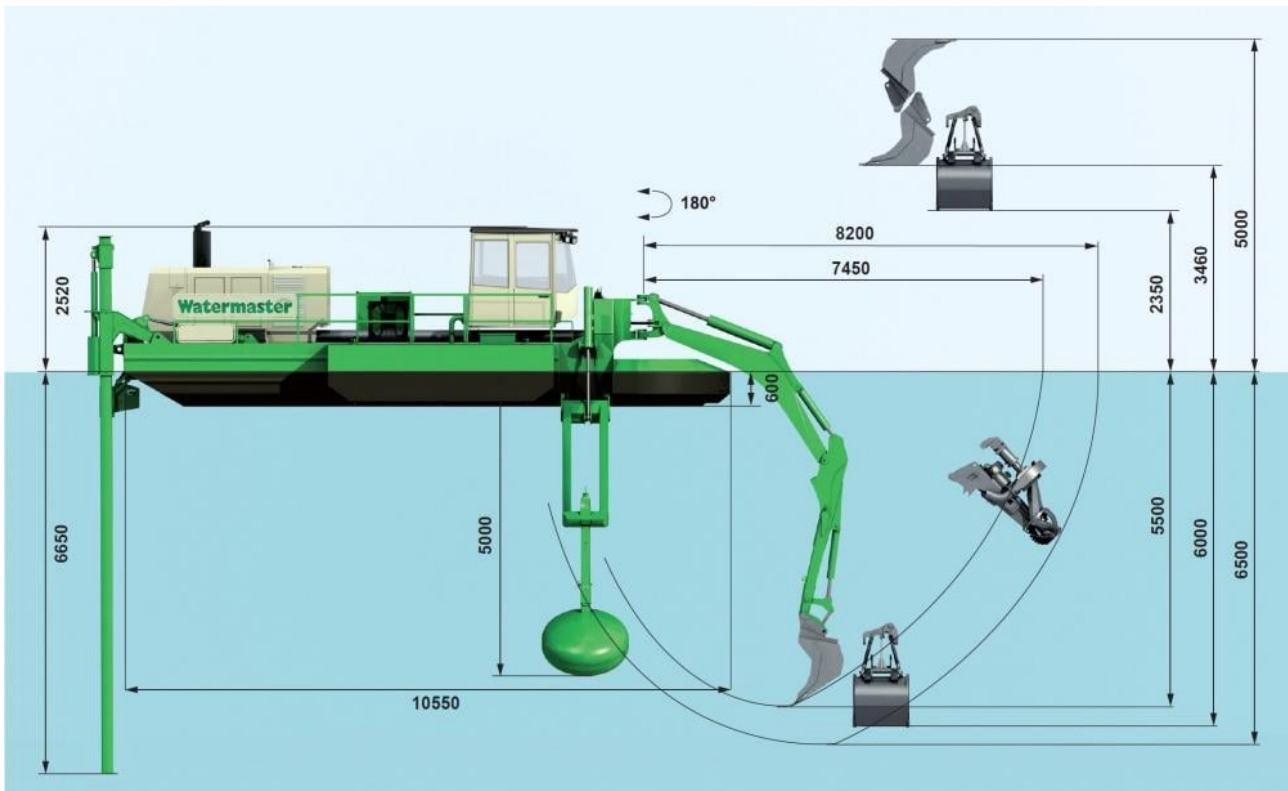


Рисунок 2.3 – схема роботи гідромеханізованого комплексу Watermaster-Classic

Технічні характеристики комплексу Watermaster-Classic наведено нижче.

Двигун та системи його забезпечення:

- Caterpillar C7.1 (6-циліндровий дизельний двигун з турбонагнітачем);
- повітряно-водяний радіатор;
- потужність на валу при 2100 об/хв.;
- 168 кВт (Classic IV), 205 кВт (Classic V);
- Ємність паливного бака 1200 л;
- електрична система 24 Вольт;
- акумулятори 2 x 170 А-ч;
- електричний паливний насос

Гідравлічна система:

- один аксіально-поршневий насос для днопоглиблювальних робіт і гребного гвинта (робочий тиск макс. 345 бар)
- один аксіально-поршневий насос для екскаваторних робіт і стабілізаторів (робочий тиск макс. 230 бар)

Характеристики екскаватору:

- радіус повороту стріли 180°;
- зусилля відриву циліндра ковша 83 кН;
- зусилля циліндру рукояті 47 кН;
- зусилля підйому при макс. вильоті стріли 24,5 кН;
- швидко замінюються робочі пристосування

Корпус машини:

- цілісний корпус, розділений на 7 водонепроникних відсіків;
- антикорозійне покриття із зовнішньої й внутрішньої сторони;
- захисні полози на днищі корпусу;
- Мачтові сигнальні вогні для навігації і виконання робіт

Кабіна оператора:

- сучасна кабіна з відмінним оглядом, що отримала сертифікат FOPS для захисту від падаючих предметів;
- додаткове місце для інструктора (експедитора);
- 10 робочих ламп;

Якірний механізм:

- самостійна фіксація і робітничий рух без використання додаткових судів, лебідок і кабелів;
- два передніх стабілізатора, максимальна глибина 5,0 м
- два задніх нахиляється стабілізатора, максимальна глибина 6,7 м
- мобільність
- самостійно занурюється на трейлер і вивантажується з нього
- самостійно заходить в воду і виходить з води

- самохідний
- амфібія у всіх робочих режимах

Стандарти і сертифікати якості (видані уповноваженим органом по сертифікації країн ЄС):

- сертифікат якості ISO 9001
- сертифікат по екології ISO 14001
- сертифікат безпеки ISO 3449

Габарити і вага при транспортуванні:

- довжина без стріли 11,00 м
- довжина зі стрілою 17,00 м
- ширина 3,30 м
- висота 3,15 м
- вага близько 19,50 т.

Великомасштабні проекти щодо днопоглиблення на мілководді вимагають великої продуктивності днопоглиблювальних робіт. Традиційні великі земснаряди з обмеженою рухливістю погано підходять для внутрішніх вод.

Маючи в своєму розпорядженні флотом багатofункціональних земснарядів-амфібій Watermaster, ви можете мати справу з усіма видами природного оточення і проектами будь-якого масштабу.

Watermaster може виробляти днопоглиблювальні, будівельні та очисні роботи у внутрішніх водоймах та на їх берегах. За допомогою цієї універсальної технології можна вибрати інтелектуальний підхід до вирішення різних завдань, що дозволяє зробити роботу належним чином при економії коштів. Власна розробка Watermaster – режущій землесос новітньої конструкції є невід'ємною частиною концепції Watermaster.

Схема використання даного комплексу на акваторіях, зокрема при розчищенні русел малих річок представлена на рисунках (2.4, 2.5)

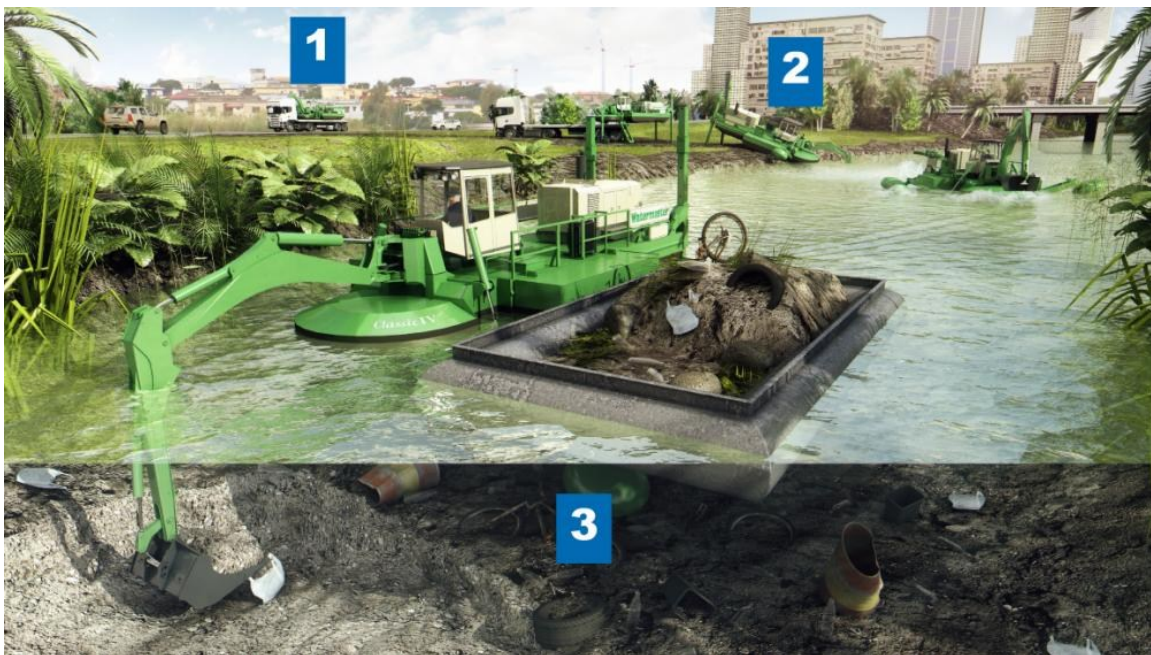
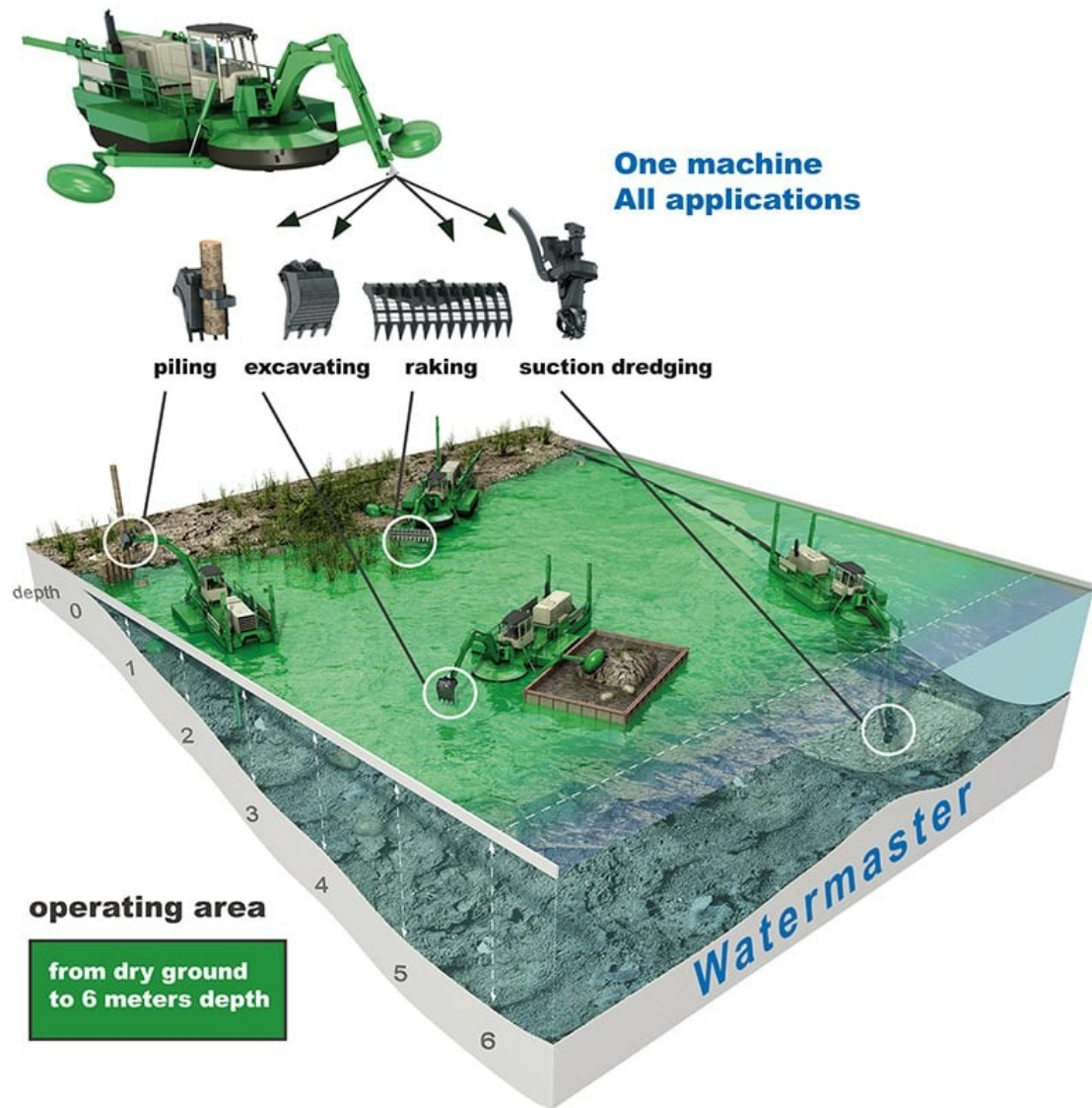


Рисунок 2.4 – Процедура підготовки до експлуатації комплексу



Рисунок 2.5 – Розчищення русел малих річок

Разом з інтегрованою операційною системою Watermaster (IWOS) він забезпечує на 50% - 100% більш ефективного використання часу відкачування пульпи в порівнянні з традиційним обладнанням насос дозволяє працювати на дуже малій глибині або навіть на суші. Він включає в себе дві ріжучі головки для різних типів ґрунтів та інтегровану систему ріжучих ножів для рослинності. Максимальна відстань для перекачування пульпи складає 1,5 км. Watermaster є повноцінною амфібією, також при роботі з ріжучим землесосом. Watermaster Classic може рухатися і працювати в екстремальних умовах.

Завдяки цьому Watermaster ідеально підходить для запобігання повеней та ліквідації шкоди, викликаного повенями. Цей багатофункціональний земснаряд може працювати там, де не може працювати жодна інша машина.

- запобігання повеней;
- очищення міських каналів;
- видалення рослинності і сміття;
- видалення забруднених відкладень

Екскаторні роботи. Стійка самостійна фіксація за допомогою чотирьох стабілізаторів. Найбільш ефективно екскаваторні роботи проводяться на глибині 0-5 метрів Кілька доступних робочих пристосувань: 600-літровий ківш із зубами, 1000-літровий ківш без зубів, ківш-грейфер.

Підтримка стану ставків легко проводиться за рахунок використання можливостей Watermaster виробляти днопоглиблювальні роботи, а також здатності земснаряда Watermaster до самостійного переміщення. Граблі Watermaster-це інструмент шириною 2,75 метра для прибирання сміття і рослинності-як плаваючою, так і вкоріненою.

Watermaster також може витягувати цінні матеріали з дренажних ставків (рис. 2.6).



Рисунок 2.6 – Застосування комплексу Watermaster дренажному ставку

Watermaster легко транспортувати до місця роботи на трейлері, а звідти земснаряд легко заходить у водойму самостійно. У воді Watermaster переміщається за допомогою власної рухової установки, також він може переміститися в інший ставок, використовуючи свій екскаваторний механізм і стабілізатори. Він може перекачувати пульпу в іншу водойму на відстані до 1,5 км. За допомогою екскаваторного механізму він може виконувати будівельні роботи і ремонтувати берега водойм.

Ще однією суттєвою перевагою даного комплексу є затність легкого транспортування на стандартній вантажній дорожній автоплатформі (рис. 2.7).



Рисунок 2.7 – Транспортування комплексу Watermaster

Таким чином, запропонований багатофункціональний комплекс Watermaster є найбільш доцільним для проведення гідромеханізованих робіт, а саме при розчищенні ставків та озер. Мобільність та автономність робить даний комплекс оптимальним коли необхідно розчистити низку відокремлених ставків.

2.4 Організація заходів щодо поліпшення якості ставків через санітарне прибирання водоростей

В результаті літературного огляду проведеного в теоретичному розділі визначено, що евтрофікації сприяють декілька видів водоростей, а саме ряска, водяна мука та азолла.

Ряска: ці невеликі плаваючі бур'яни нагадують крихітні трилисники, з двома чи трьома окремими листками, що плавають на поверхні, а тонкі вуси коріння дрейфують під поверхнею. Найпоширенішими сортами є ряска мала (*lemna valdiviana*) ряска звичайна (*lemna minor*) та гігантська ряска (*spridela polyrhiza*).

Водяна мука: (*wolffia columbiana*) Найменша квітуча рослина, відома людині, Водна каша виглядає і відчуває себе піщинками. Водяна каша може накопичуватися до товщини одного дюйма або більше на поверхні озера або ставка.

Азолла: (*azolla caroliniana*) Невеликий плавучий папороть, він, як правило, росте протягом року в південних штатах і призводить до того, що поверхня зараженого озера або ставку має тьмяно-іржавий колір.

Ряска та водяна каша мають яскраво-зелений колір і при повному вирощуванні можуть утворювати килимоподібні групи. Звичайна ряска має від 1 до 3 листків довжиною від 1/16 до 1/8 дюймів. Гігантська ряска має від 1 до 4 листя довжиною від 1/16 до 1/4 дюйма. З кожного "листа" може рости від 1 до 6 коренів.

Ряска та водяна каша зазвичай не ростуть у річках, якщо не зменшується потік води. Як правило, швидкість розмноження ряски та водяної каші вражає, враховуючи правильне навантаження поживних речовин у воді. Він може зайняти 1 акр всього за 45 днів, якщо його не стримати.

Для знищення рослинності на водоймах найчастіше використовують механічний і біологічний методи.

Виділяють декілька способів боротьби із заростанням водойм:

- хімічний;
- біологічний;
- механічний.

Хімічний спосіб полягає у застосуванні для знищення рослинності гербіцидів. Недоліком даного способу є те, що хімічні речовини, які використовуються з даною метою, в тій або іншій мірі мають вплив на тваринний світ ставків, тому в ставовому рибництві цей спосіб не знайшов широкого поширення.

Найпростішим та відносно дешевим хімічним методом в боротьбі з водною рослинністю є застосування нафтових препаратів з групи ароматичних вуглеводнів таких як дизельне пальне або керосин. Їх використовують для знищення зануреної у воду широколистої рослинності та злакових. Нормою внесення на 1 га є 400–500 л пального або керосину, 30–40 кг атразину або симазину.

Дія нафтових препаратів посилюється від додавання до них інших гербіцидів (наприклад бутилового ефіру 2,4–Д) та емульгаторів.

Непогані результати в боротьбі із заростанням водних об'єктів дає метод використання біопрепаратів. Основний принцип роботи даного методу – руйнування надлишкової органіки у водоймі.

Біопрепарати містять від 6 до 12 видів природних аеробних та факультативних мезофільних мікроорганізмів, для яких основним джерелом енергії є органічні речовини та поживні елементи азоту, фосфору та донних відкладень водойми. Використання біопрепаратів ефективно для закритих та слабкопроточних водойм – ставів, озер та водосховищ. При використанні біопрепаратів необхідно точно дотримуватися інтервалів обробки водойми. У випадку скорочення або збільшення доз біопрепарату може виникнути кисневе голодування риби.

Оброблення водойм біопрепаратами рекомендується починати в квітні-травні, після прогріву води до + 100С, але приступати до обробки водойми

можливо і літом. В цьому випадку мікроорганізми препарату будуть очищувати водойму до становлення льоду, перезимують та поновлять активність наступною весною. Повне очищення водойми при використанні біопрепаратів настає протягом 1–1,5 місяців після початку обробки.

Біопрепарати нешкідливі для людини, тварин, риб, рослинності, зоопланктону та навколишнього середовища. Препарати, які використовують в рибоводних господарствах не токсичні, належать до 5 класу небезпеки та не є забруднювачами води.

Біологічний спосіб вважається найбільш прогресивним методом боротьби із заростанням ставів. Суть даного способу полягає у вирощуванні ставах рослиноїдних риб або використання полікультури культивованих видів риб та рослиноїдних, в раціон яких входить рослинність.

Найбільшого поширення біологічний спосіб отримав в південних районах України, що пояснюється специфічними особливостями вирощування рослиноїдних риб. Непогані результати має досвід спільного вирощування риби, качок та гусей. Крім того, гуси очищують від рослинності схили гребель. В спеціалізованих господарствах для цього використовують нутрій. Утримання 20 голів на 1 га дозволяє зберігати у належному стані водойму при заростанні до 60%.

На сучасному етапі найбільш широкого застосування отримав механічний спосіб боротьби з вищою водною рослинністю. Суть механічного способу полягає у видаленні зі ставів рослинності шляхом викошування, витоптування або випалювання.

Для викошування зайвої рослинності по воді та благоустрою водних об'єктів застосовуються спеціальні пристосування – очеретокосарки, які паралельно використовуються також для видалення викошеної рослинності зі ставу. При цьому ріжучий апарат відключається і служить загібаючим пристроєм. Інколи ріжучий апарат замінюють дерев'яними брусами, що обладнані спеціальними пристосуваннями – «пальцями», діаметром 30 мм і завдовжки до 40 см з кроком 500 мм, які також використовуються для

видалення зі ставів залишків викошеної водної рослинності.

Викошена рослинність видаляється також за допомогою човнів, обладнаних граблями. Дерев'яні граблі навішують на човни спереду і за їх допомогою транспортують скошену рослинність до берега. Для більшої ефективності загібання слід проводити двома човнами. На берег рослинність витягують за допомогою тросів, мотузок, вручну або за допомогою лебідок та тракторів. Скошена рослинність може знаходитися в ставку не більше трьох днів, оскільки тривале її знаходження у воді призводить до загнивання стебел, що в свою чергу викликає погіршення якості водного середовища.

На невеликих ставках найпростішим способом боротьби з рослинністю є ручне викошування за допомогою ручних кіс. Косіння рослинності необхідно виконувати при можливості до цвітіння найглибше під водою кількоразово за сезон для повного її знищення.

Існує ціла низка конструкцій класичних та модифікованих очеретокосарок, які використовуються для боротьби із заростанням водойм в господарствах ставового типу.

Для видалення прибережної рослинності досить часто використовують спеціально призначені для цього мініатюрні коси для водоростей, що виготовляються у вигляді насадок на рукоятки спеціальних спортивних підсак (рис. 1.2.4.8).

Такі пристосування виготовляються у вигляді трикутників, стріл або конструкцій у вигляді англійської букви «Y», які закидаються у водойму, протягуються по дну та витягують зрізану рослинність на берег. Варто зауважити, що такими пристосуваннями в більшості випадків користуються риболови-аматори для очищення прибережної частини ставку у місці лову риби.

Серед сучасних технічних засобів для боротьби із заростанням водойм можна назвати очеретокосарку Dorocutter(Англія) (рис. 2.8).



Риснок 2.8 – Очеретокосарка Dorocutter

Вона має навісне обладнання для викошування рослинності на водоймах різного типу, оснащена спеціальними ножами з шириною захоплення (прокошу) 2, 3, 4, та 5 м.

Виробнича потужність такої очетокосарки складає 0,9 га/год при швидкості викошування 7 км/год, максимальна глибина викошування очерету до 1,4 м, ширина коси 2 м.

В залежності від глибини прокошу, ширини захоплення, конструкції ріжучих апаратів і пристосування для видалення скошеної рослинності розрізняють різні моделі даної очетокосарки: Dorocutter 3090, Dorocutter 3091, Dorocutter ESM 1700, Dorocutter ESM 2100, Dorocutter ESM 2200.

2.5 Використання донних аераторів для для насиченням води киснем

Недостатня кількість розчиненого кисню у воді ставків призводить до виникнення явищ задухи та «цвітіння» води. Тому для створення сприятливого кисневого режиму для росту та розвитку риби та інших гідробіонтівпроводять цілеспрямоване постачання даного елемента – заходи з аерації або оксигенація води.

Біологічні способи аерації основані на регулюванні фотосинтезу водяних рослин, в основному фітопланктону шляхом своєчасного внесення у стави мінеральних добрив. Суть даного способу полягає у тому, що в процесі

фотосинтезу з вуглекислого газу і води утворюється органічні речовин і виділяється кисень, що аерує воду.

Біологічна аерація зумовлена розвитком первинних продуцентів, перш за все фітопланктону. У ставках і водоймах із сильним розвитком водоростей найбільша концентрація розчиненого в воді кисню і найменша – вуглекислоти (діоксиду вуглецю) спостерігається в день.

Такі типи аераторів можна встановлювати на різній глибині – від 2,5 до 14 м. Стиснене повітря за допомогою компресора подається на дно водойми, після чого через розпилювач виходить у товщу води і перемішуючись з водою, піднімається вгору, витрачаючи при цьому мінімальну кількість енергії. Розпилювач або мембрана розбиває потік повітря на дрібні бульбашки, які піднімають до поверхні воду з низьким вмістом кисню, що забезпечує додаткове збагачення води за рахунок її контакту з атмосферою. Даний ефект називається «подвійною аерацією» (рис. 2.9).

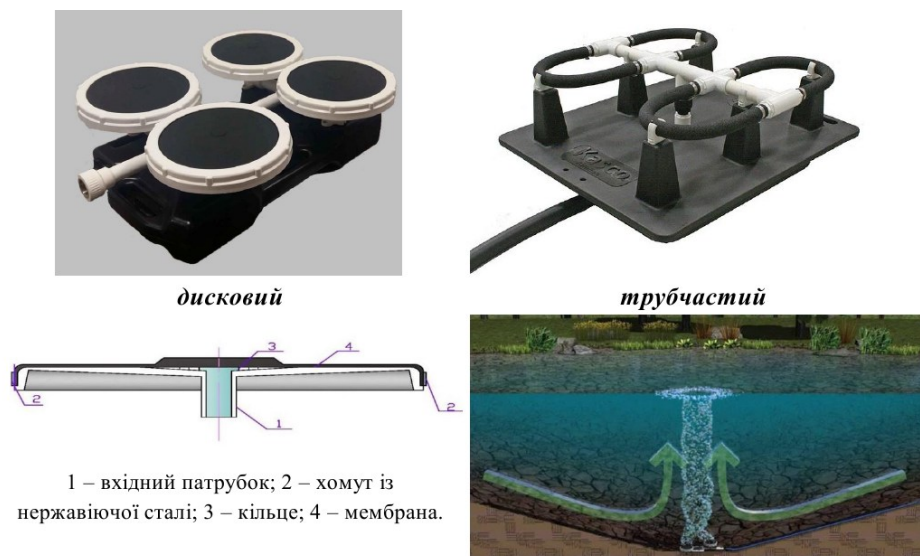


Рисунок 2.9– донні аератори для насичення води киснем

Дискові аератори являють собою пластиковий каркас у формі диску з перфорованою мембраною. В нижній частині аератора розміщений патрубок для подачі повітря, який використовується для фіксації аератора на підвідному трубопроводі. Мембрана, через яку протискується повітря, фіксується за допомогою хомута з нержавіючої сталі. Додатково аератор оснащують

кільцем протитиску. Вибір того чи іншого аератора для водойми – це задача, яка не має точного та конкретного вирішення, оскільки потреба у кисні змінюється протягом усього року і залежить від багатьох факторів, кожен з яких важко врахувати. До них відноситься споживання кисню водою, ґрунтом та придонним шаром мулу, кількість риби, що вирощується у водоймі, потужність обраного аератора тощо.

Найпростіший (але і приблизний) розрахунок заснований на такому показнику, як біохімічне споживання кисню – БСК₅, який визначається при гідрохімічних дослідженнях та широко застосовується при оцінці якості води. Суть цього показника полягає у визначенні кількості кисню, що споживається одним літром води протягом 5 діб при стандартних умовах досліджень. Наприклад, БСК₅ = 10 мгО₂/л означає, що за 5 діб один літр води споживатиме 5 мг кисню, а один м³ води – 5 г кисню. Таким чином, якщо провести елементарний розрахунок для водойми, площею 1 га (10000м²) та середньою глибиною 2 м отримаємо 833 гО₂/год (20000 м³ Ч 5 г/м³ = 100000 г; 100000 г / 5 діб = 20000 г; 20000 г / 24 год = 833 г/год). Отримана під час розрахунків цифра приблизно відповідає кількості кисню, який розчиняє у воді один аератор.

Окрім споживання кисню водою, цей хімічний елемент використовується ще й ґрунтами та придонним шаром води. Якщо шар мулових відкладів у водоймі значний, то в придонних шарах води та у ґрунтах споживання кисню може бути вищим, ніж у самій воді. Тому рекомендовано проводити очищення водойм від мулових відкладів або ж вводити поправку на споживання кисню ґрунтами наступним чином. Якщо мулові відклади незначні, а водойма нова – збільшити потреби у кисні на 10%. Якщо мулові відклади значні, а водойма експлуатується більше 3–5 років – на 30%. Для більш «старіших» водойм з великою кількістю донних відкладів поправка повинна становити 30–60%. Якщо у водоймі відмічаються ознаки замулювання або ж значне «цвітіння» води, визначену на основі БСК₅ норму необхідно збільшити у 2–3 рази.

ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі було вирішено актуальну задачу з оцінки ступеня евтрофікації ставків та малих озер за допомогою методів дистанційного зондування та запропоновано інженерно-технічні заходи щодо покращення якості води.

На основі результатів роботи зроблені наступні висновки:

На території Дніпропетровської області знаходяться понад 3 тис. озер та ставків, які призначені для зрошення, водопостачання, риборозведення, відпочинку. Проте більшість ставків знаходяться поза межами населених пунктів і не зазнають антропогенного, стан ставків в більшості своїй є незадовільним.

Евтрофікація свідчить про порушення екологічної рівноваги і згодом призводить до деградації водних екосистем. До найбільш уразливих відносяться водойми з уповільненим водообміном – тобто ставки та водосховища потрапляють у зону ризику. За умов відсутності впливу промисловості на якість води у ставках, визначено що деякий вплив на розвиток «цвітіння» має також поширення вищої водної рослинності.

Визначено, що розбалансована евтрофікація в ставках та озерах із застійною водою може призводити до вибухового розвитку одноклітинних водоростей «цвітіння води», дефіциту кисню та, як наслідок, загибелі вищої рослинності, риб та інших тварин. Такі наслідки призводять до порушується природна здатність водойм до самоочищення, саморегуляції, формування біотичних зв'язків, параметрів якості води, погіршується стан їх екосистем.

Значення індексу трофічного стану можна визначати за фізичними, гідрохімічними і біологічними показниками. Моніторинг продуктивності біомаси ставків та озер доцільно проводити за допомогою використання технологій дистанційного зондування, а саме використання радіометричних індексів, розрахованих за допомогою багатоспектральних знімків від оптичних супутників Landsat-8 та Sentinel-2.

В роботі представлено приклад оцінки динаміки евтрофікації ставків на

основі вегетаційного та водного індексів (*NDVI* та *NDWI2*). Запропонований підхід дозволяє оперативно оцінювати динаміку стану води та визначати ділянки із найвищим ступенем евтрофікації.

Для очищення ставків та ставків замулення рекомендовано технічні заходи та устаткування, на основі гідромеханізованого способу, а саме земснаряду-амфібією Watermaster. Цей комплекс завдяки своєму універсальному набору швидко замінних робочих пристосувань, може виконувати всі роботи на мілководді від сухого ґрунту до глибини шести метрів.

Для створення сприятливого кисневого режиму для росту та розвитку риби та інших гідробіонтів проводять цілеспрямоване постачання даного елемента – заходи з аерації або окислення води. В роботі запропоновано підвищувати рівень кисню евтрофікованих ставків та озер за допомогою донних аераторів.

Комбінація наведених підходів сприятиме зниженню ступеню евтрофікації ставків що є необхідним для рівноваги місцевих екосистем та благоустрою прилеглих територій.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Евтрофікація [Електронний ресурс]
<https://uk.wikipedia.org/wiki/Евтрофікація>
2. Raike A., O.P. Pietilainen, S. Rekolainen, P. Kauppila, H. Pitkanen, J. Niemi, A. Raateland, J. Vuorenmaa. 2003. Trends of phosphorus, nitrogen, and chlorophyll a concentrations in Finnish rivers and lakes in 1975-2000. *The Science of the Total Environment* 310:47-59.
3. Martin, A.; G.D. Cooke (1994). "Health risks in eutrophic water supplies". *Lake Line* 14: 24-26.
4. Sharpley A.N., T.C. Daniel, J.T. Sims, and D.H. Pote. 1996. Determining environmentally sound soil phosphorus levels. *Journal of Soil and Water Conservation* 51:160-166.
5. Басейнове управління [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Режим доступу: <https://buvrtyasa.gov.ua/newsite/?p=12720>
6. Природа. Екологія. Енциклопедія. – Х.: Фоліо. – 2008. – С. 96-100.
7. Авраменко Н.І., ЕВТРОФІКАЦІЙНІ ПРОЦЕСИ РІЧКИ ВОРСКЛА // № 4 2010 ВІСНИК Полтавської державної аграрної академії С. 179 -181
8. Абросимов А. В. Возможности практического использования данных ДЗЗ из космоса для мониторинга водных объектов / Абросимов А. В., Дворкин Б. А. // *Геометика*. – 2009. – № 4. – С. 54–63.
9. ПРОСТОРОВО-ЧАСОВІ ТЕНДЕНЦІЇ ЗМІНИ ТРОФІЧНОГО СТАНУ ВОДОСХОВИЩ РІЧКИ ДНІПРО Пічура В. І., докторант, к.с.-г.н., доцент кафедри екології та сталого розвитку (Херсонський державний аграрний університет)
10. Екологічні проблеми київських водойм і прилеглих територій / О. В. Романенко, О. М. Арсан, Л. С. Кіпніс, Ю. М. Ситник. — К.: Наукова думка, 2015. — 192 с
11. Шевчук С. А. Використання даних супутника Landsat 8 для визначення мікрокліматичних особливостей Києва / С. А. Шевчук, В. І.

Вишневецький [Електронний ресурс] // Український журнал дистанційного зондування Землі. — 2016. — № 10. — С. 10–16. — Режим доступу до журналу: <http://www.ujrs.org.ua>

12. Шевчук С. А. Визначення екологічного стану водосховищ за допомогою методів дистанційного моніторингу / С. А. Шевчук, І. А. Шевченко // Меліорація і водне господарство. — 2012. — Вип. 100. Том 2. — С. 42–52.

13. Шумаков Ф.Т. Разработка методов космического мониторинга трофического состояния водоемов /Ф. Т. Шумаков // Ученые записки Таврийского национального университета имени В.И. Вернадского. —Серия “География”. — Том. 24 (63). 2011. — № 3. —С. 162–172.

14. S. K. McFEETERS (1996) The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features, *International Journal of Remote Sensing*, 17:7, 1425-1432, DOI: 10.1080/01431169608948714

15. Xu, H. "Modification of Normalised Difference Water Index (NDWI) to Enhance Open Water Features in Remotely Sensed Imagery." *International Journal of Remote Sensing* 27, No. 14 (2006): 3025-3033.

16. J.P. Lacaux, Y.M. Toure, C. Vignolles, J.A. Ndione, M. Lafaye. Classification of ponds from high-spatial resolution remote sensing: Application to Rift Valley Fever epidemics in Senegal, *Remote Sensing of Environment*, Volume 106, Issue 1, 2007, Pages 66-74, ISSN 0034-4257, <https://doi.org/10.1016/j.rse.2006.07.012>.

17. Анпілова Є. С. Інформаційні технології для управління екологічною безпекою поверхневих вод : монографія [Текст] / Є. С. Анпілова. — Київ : Азимут-Україна, 2013. — 104 с.

18. Загородня С. А. Дослідження екологічного стану Кременчуцького водосховища в межах Черкаської області методами ДЗЗ [Текст] / [Загородня С. А., Шевякіна Н. А., Новік М. І., Радчук І. В.]// Ученые записи Таврического национального университета имени В. И. Вернадского. Серия: География. — 2013. — Т. 26, № 1 — С. 84-91.

19. Красовський Г. Я. Космічний моніторинг екологічної безпеки

водних екосистем з застосуванням геоінформаційних технологій [Текст] / Я. Г. Красовський. – Київ : Інтертехнологія, 2008. – 486 с.

20. Стародубцев В. М. Формування дельтових ландшафтів у верхніх водосховищах дніпровського каскаду [Текст] / [В. М. Стародубцев, В. А. Богданець, О. В. Томченко та ін.]. // Наукові доповіді НУБіП. – 2010. – №5. – С. 15-27.

21. Томченко О. В. Аналіз динаміки заростання макрофітами верхів'я Київського водосховища на основі ГІС/ДЗЗ-технологій [Текст] / О. В. Томченко // Ученые записи Таврического национального университета имени В.И.Вернадского. Серия: География. – 2013. – Т26, №1 – С. 156-164.

22. Томченко О. В. Дослідження антропогенних змін екосистем засобами ГІС/ДЗЗ-технологій з використанням системних методів [Текст] / Томченко О. В., Соколовська А. В. // Проблеми безперервної географічної освіти і картографії. Збірник наукових праць. – Харків : ХНУ ім. В.Н. Каразіна. – 2013. – Вип. 17. – С. 57-60.

23. Томченко О. В. Системний підхід при оцінці екологічного стану мілководь Київського водосховища на основі даних ДЗЗ) [Текст] / Томченко О. В. // Вісник астрономічної школи. – 2013 – С. 38-48.

24. Закон України «Про охорону праці»

25. Закон України «Про пожежну безпеку»

26. Правила техніки безпеки в Україні

27. ДСТУ Б А.2.2-7:2010 «Розділ інженерно-технічних заходів цивільного захисту (цивільної оборони)