

**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра загальної та прикладної екології і зоології

**Кваліфікаційна робота
магістра**

на тему НАСЛІДКИ ЗАРЕГУЛЮВАННЯ РУСЛА РІЧКИ ДНІПРО НА
ПРИКЛАДІ КАХОВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА

CONSEQUENCES OF DNIEPER RIVER CHANNEL REGULATION ON THE
EXAMPLE OF KAKHOVKA RESERVOIR

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1012

спеціальності 101 Екологія

освітньо-професійної програми Екологія та охорона навколишнього
середовища

_____ Пирхов Максим Вадимович

Керівник _____ професор кафедри, професор, д.ю.н.Чумаченко І.М.

Рецензент _____ доцент, доцент, к.б.н. Воронова Н.В.

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Біологічний факультет

Кафедра загальної та прикладної екології і зоології

Рівень вищої освіти магістр

Спеціальність 101 Екологія

Освітньо-професійна програма «Екологія та охорона навколишнього середовища»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри загальної та прикладної екології і зоології, д.б.н., професор

_____ О.Ф. Рильський

«31» січня 2023 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Пирхову Максиму Вадимовичу

1. Тема роботи Наслідки зарегулювання русла річки дніпро на прикладі каховського водосховища. Consequences of dnierper river channel regulation on the example of Kakhovka reservoir

керівник роботи Чумаченко І.М. проф. кафедри, д.ю.н., професор,

затверджена наказом ЗНУ від «01» травня 2023 року № 644-с

2. Строк подання студентом роботи листопад 2023 року.

3. Вихідні дані до роботи: польові дослідження.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1) Визначити площу заростання верхів'я Каховського водосховища;

2) Проаналізувати втрату водної поверхні у водосховищі внаслідок підриву дамби Каховської ГЕС;

3) Оцінити якість води Каховського водосховища та порівняти їх із значенням ГДК.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): таблиць 1.1-1.2, 3.1-3.5; рисунків 1.1-1.6, 3.1-3.5.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ім'я, по батькові та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	Притула Н.М., доцент, к.с./Г.н.		

7. Дата видачі завдання _____ 31 січня 2023 року _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1.	Огляд літературних джерел. Написання відповідного розділу роботи.	Травень-Червень 2023 р.	Виконано
2.	Вивчення, засвоєння методик дослідження. Написання відповідного розділу роботи.	Червень-Серпень 2023 р.	Виконано
3.	Засвоєння правил техніки безпеки під час виконання експериментальної частини. Написання відповідного розділу роботи.	Серпень-Вересень 2023 р.	Виконано
4.	Проведення експериментальних досліджень. Оформлення результатів експерименту	Жовтень 2023р.	Виконано
5.	Оформлення кваліфікаційної роботи. Передзахист роботи.	Листопад 2023р.	Виконано
6.	Рецензування кваліфікаційної роботи	Грудень 2023р.	Виконано
7.	Захист кваліфікаційної роботи	Грудень 2023р.	Виконано

Студент _____

М.В. Пирхов

Керівник роботи _____

І.М. Чумаченко

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер

Н.М. Притула

РЕФЕРАТ

В роботі 90 сторінок, 7 таблиць, 11 рисунки, було використано 63 літературних джерел, із них 14 іноземною мовою.

Об'єктом дослідження є Каховське водосховище його створення, етапи розвитку, наслідки створення та вплив на річку, економічне значення. Стан після підриву дамби.

Предметом дослідження є цвітіння води внаслідок зарегулювання річки водосховищами, заростання берега та русла, втрата води внаслідок зменшення якості води та підриву дамби.

Методи досліджень: аналітичний огляд літературних джерел дослідження проблеми зарегулювання річки, методи математичної статистики та програмне забезпечення супутникового спостереження веб-додатку від Esri Landsat Explorer, геопортал Deltares Aqua Monitoring, інтерактивні карти «Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України».

Метою кваліфікаційної роботи є аналіз впливу зарегулювання річки каскадом водосховищ на річку, її мешканців, прилеглі території.

Визначено площу заростання Каховського водосховища, площа втрати водної поверхні, показники якості води. Всі показники визначенні з урахуванням підриву Каховської ГЕС 6 червня 2023 року.

**ВОДОСХОВИЩЕ, ДНІПРОВСЬКИЙ КАСКАД, РЕГУЛЮВАННЯ
РУСЛА РІЧКИ, ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ, ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ,
ПОВЕРХНЕВІ ВОДИ**

ABSTRACT

In the work 90 pages, 7 tables, 11 pictures were used 63 literature sources, including 14 in a foreign language.

The object of the research is reservoirs, their creation, stages of development, consequences of creation and impact on the river, and economic importance.

The subject of the study is water blooms due to the regulation of the river by reservoirs, overgrowth of the bank and channel, and water loss due to a decrease in water quality.

Research methods: analytical review of literature on the problem of river regulation, methods of mathematical statistics and satellite observation software from Esri Landsat Explorer web application, Deltares Aqua Monitoring geoportal, interactive maps «Monitoring and Environmental Assessment of Water Resources of Ukraine».

The purpose of the qualification work is to analyze the impact of regulating the river with a cascade of reservoirs on the river, its inhabitants, and adjacent territories.

The area of overgrowth of the Kakhovka Reservoir, the area of water surface loss, and water quality indicators were determined. All indicators were determined taking into account the explosion of the Kakhovka HPP on June 6, 2023.

RESERVOIR, DNIPRO CASCADE, RIVERBED REGULATION,
ENVIRONMENTAL ISSUES, SOFTWARE, SURFACE WATER

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ.....	7
ВСТУП.....	8
1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	10
1.1 Причини створення водосховищ та етапи створення	13
1.2 Екологічні проблеми зарегулювання річки	22
1.2.1 Проблема заростання води	22
1.2.2 Зміна характеристик абіотичного середовища	28
1.2.3 Гідрохімічний режим	31
1.2.4 Перебудова біоти.....	37
1.2.5 Вплив водосховищ на оточуюче середовище.....	44
1.3 Наслідки підриву дамби Каховської ГЕС	52
1.3.1 Подолання наслідків підриву дамби Каховської ГЕС.....	58
2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	59
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	62
3.1 Характеристика об'єкту досліджень	62
3.2 Методика проведення роботи.....	64
3.3. Результати проведеної роботи	65
3.3.1 Площа заростання верхів'я Каховського водосховища.....	65
3.3.2 Втрата водної поверхні в водосховищі	70
3.3.3 Показники якості води Каховського водосховища	73
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	78
ВИСНОВКИ	81
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ	82
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	84

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

НЕБ – нормативи екологічної безпеки водних об'єктів.

ТЕС – теплова електростанція

РНС – рівень навігаційного спрацювання

РМО – рівень мертвого об'єму

НПР – нормальний підпірний рівень

ФПР – форсований підпірний рівень

АЕС – атомна електростанція

ВКУ – Водний кодекс України

ГДК – гранично допустима концентрація;

ДІВ – джерело іонізуючого випромінювання;

ХСК – хімічне споживання кисню;

НПП – національний природний парк;

ПЗФ – природно-заповідний фонд;

КБО – комплекс біологічного очищення;

ПЗРВ – пункт заховання радіоактивних відходів;

ПСЗ – пункт спостереження;

ГЕС – гідроелектростанція;

НПР – нормальний підпірний рівень;

ГМВ – горизонт меженних вод;

РЛП – регіональний ландшафтний парк;

БСК – біохімічне споживання кисню;

ПАР – поверхнево-активні речовини;

СПАР – синтетичні поверхнево-активні речовини;

ВСТУП

Актуальність теми. В наш час більшість річок або вже мають регульований стік, або частково регульований стік. На р. Парана, яка має значний гідроенергетичний потенціал, збудовано 29 водосховищ і ГЕС. Говорячи простими словами, зарегулювання русла річки каскадом водосховищ це створення штучних водойм з майже «стоячою» водою на річці з стрімким потоком, що не тільки змінює її первинний вигляд, а й впливає на мешканців річки, прибережні території, на рельєф в цілому. Так як води р. Дніпро активно використовуються в господарських цілях (близько 80% ресурсів), забезпечує водою дві третини території України, близько 50 великих міст і промислових центрів, близько 50 зрошувальних систем, якість води в річці є важливим показником для країни в цілому.

Мета дослідження. Метою роботи є аналіз впливу зарегулювання річки каскадом водосховищ на річку, її мешканців, прилеглі території. Зробити висновки наслідків зарегулювання річки та чи є таке використання природного об'єкта доцільним.

Предмет та об'єкт дослідження

Об'єкт дослідження – Каховське водосховище його створення, етапи розвитку, наслідки створення та вплив на річку, економічне значення. Стан після руйнування дамби.

Предметом дослідження – цвітіння води внаслідок зарегулювання річки водосховищами, заростання берега та русла, втрата води внаслідок цвітіння рослин та підриву Каховської ГЕС.

Задачі дослідження

Відповідно до поставленої мети було сформульовано та вирішено ряд задач:

1. Визначити площу заростання верхів'я Каховського водосховища;

2. Проаналізувати втрату водної поверхні у водосховищі внаслідок заростання та підриву дамби Каховської ГЕС;

3. Оцінити якість води Каховського водосховища та порівняти їх із значенням ГДК.

Методи дослідження – аналітичний огляд літературних джерел дослідження проблеми зарегулювання річки, методи математичної статистики та програмне забезпечення супутникового спостереження веб-додатку від Esri Landsat Explorer, геопортал Deltares Aqua Monitoring, інтерактивні карти «Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України», Екологічний паспорт Запорізької області, 2020 р.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в тому, що засоби супутникового спостереження є сучасною розробкою та ще не отримали достатньої уваги, за допомогою цих систем будь-хто має змогу отримати інформацію про стан навколишнього середовища використовуючи тільки персональний комп'ютер з доступом до інтернету, окрім цього має змогу порівнювати інформацію з минулими роками, а також робити прогноз на короткий проміжок часу.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що в результаті проведених аналізів можна спостерігати погіршення якості води в Каховському водосховищі з плином часу, а отже схожа ситуація спостерігається і в інших місцях зарегулювання. Отримані результати внаслідок спостереження за допомогою супутників дають глобальний погляд на проблему та допомагають порівнювати результати з іншими об'єктами та дають змогу розглянути проблему в часі та просторі.

1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

Водний фонд Запорізької області складають ріка Дніпро, розташовані на ній Каховське та Дніпровське водосховища з об'ємами води в них відповідно 18,2 і 3,3 км³, 3 середніх, 62 малих річок (довжиною більше 10 км), на яких створено 28 водосховищ та 1205 ставків. Загальна довжина річок складає 2 877,6 км, у т.ч. в межах області 2 648,7 км, із них середніх річок 459 км, малих 2 189,7 км, крім того нараховується 3 151,5 км притоків та яруг [2].

На півдні Запорізька область омивається водами Азовського моря, берегова лінія якого у межах області складає більше ніж 300 км. На території Запорізької області розташовані 4 лимани: Білозерський, Утлюкський, Тубальський та Молочний, загальна площа водного дзеркала яких становить 655,5 км².

Середній багаторічний об'єм поверхневого стоку р. Дніпро, що транзитом проходить по території області, складає 53,0 км²³/рік, а в межах області у середньому формується 0,367 км³/рік поверхневих вод. Станом на 01.01.2021 експлуатаційні запаси підземних вод по 14 розвіданих родовищах складають 110,7 млн.м/рік (302,669 тис. м /добу) [2].

Деякі екологічні проблеми Запорізької області:

– забрудненням водних об'єктів скидами забруднюючих речовин із зворотними водами промислових підприємств, підприємств житлово-комунального господарства. Сучасний стан поверхневих водних об'єктів області формується гід антропогенним впливом суб'єктів господарювання. Обсяги скидання забруднених зворотних вод іншими водокористувачами залишаються на попередньому рівні, або мають тенденцію до скорочення не тільки за рахунок впровадження заходів з раціонального використання водних ресурсів, більш ефективного використання водооборотних циклів та підвищення дієвості економічних важелів регулювання водокористування, але і за рахунок зменшення обсягів виробництва. Причиною неякісного очищення стічних вод на

очисних спорудах підприємств житлово-комунального господарства є застарілі технології, фізична і моральна зношеність обладнання і споруд, несвоєчасне проведення поточних і капітальних ремонтів, відсутність коштів для оновлення, реконструкції, розширення та підтримання в належному стані очисних споруд. Проблеми з очисткою стічних вод існують майже у всіх населених пунктах області, окрім міст Запоріжжя, Вільнянськ, Токмак, Гуляйполе смт Новомиколаївка,

– забрудненням підземних водоносних горизонтів. Майже всі підземні водоносні горизонти, що використовуються для централізованого водопостачання, природно захищені, залягають на глибині більше 100 м, тому забруднення з поверхні не зазнали. Виняток складає четвертинний водоносний горизонт, який використовується для питного водопостачання м. Енергодар та прилеглих сіл. Також, потенційними джерелами надходження забруднень до підзем водоносних горизонтів є безгосподарні свердловини, які втратили свого власника при реформуванні агропромислової галузі.

– підтопленням земель та населених пунктів регіону. Не дивлячись на те, що Запорізька область знаходиться в зоні недостатнього зволоження, процеси підтоплення набули широкого розповсюдження і суттєво впливають на екологічний стан території та умови життєдіяльності людей. Підвищення рівня ґрунтових вод на урбанізованих територіях міст та селищ відбувається, головним чином, за рахунок надмірного техногенного навантаження, а природні фактори лише підсилюють цей вплив. Розвитку процесів підтоплення сприяє порушення правил планування та забудови території, що мають забезпечити своєчасний водовідвід, стан водопровідних та каналізаційних мереж. Через замулення, особливо на території населених пунктів, русла малих річок значно знизили свою дренажну спроможність, що також сприяє процесу підтоплення населених пунктів. Викликає також занепокоєння стан гідротехнічних споруд і гребель, водопропускних труб і мостів на автодорогах. В межах Кам'янсько-Дніпровського району Запорізької області існує постійна загроза підтоплення населених пунктів цього району через незадовільну роботу гідротехнічних

споруд, призначених для захисту від підтоплення сільських населених пунктів та сільськогосподарських угідь Кам'янсько-Дніпровського району Запорізької області (Кам'янського Поду). Комплекс захисних споруд Кам'янського Поду захищає від затоплення та підтоплення водами Каховського водосховища територію площею 6,7 тис. га з населенням 33 тис. осіб, які проживають в м. Кам'янка- Дніпровська, с. Велика Знаменка, с. Водяне та інших населених пунктах. Для попередження інтенсивного розвитку процесів підтоплення і навіть можливого затоплення значних територій Кам'янського поду першочерговим є забезпечення надійної роботи наявних споруд інженерного захисту: Кам'янської і Знаменської захисних дамб, протифільтраційних завіс, свердловин вертикального дренажу, Західного і Східного скидних колекторів, перекачуючих насосних станцій, які знаходяться на балансі та обслуговуються Нікопольським управлінням захисних масивів дніпровських водосховищ. 158 У Запорізькому районі частково було підтоплено 2 населених пункти смт Малокатеринівка через виклинування водоносного горизонту на схилах балки, невпорядковане вертикальне планування на площі 5,0 га та с. Балабине (підпір з боку Каховського водосховища) на площі 3,0 га. У Мелітопольському районі було частково підтоплено с. Удачне (2,1 га) через розташування його в балочних зниженнях та відсутність організації поверхневого стоку.

Необхідність зарегулювання річок та створення водосховищ викликана багатьма причинами, одна з яких – велика сезонна та багаторічна нерівномірність стоку рік. За умов такого змінного стоку стає неможливим розвиток водопостачання, гідроенергетики, водного транспорту. Забезпечувати потреби у воді за рахунок незарегульованих поверхневих водотоків та підземних вод стає все важче. Накопичуючи повноводний стік, водосховища постачають воду в міста, забезпечують водою промисловість.

1.1 Причини створення водосховищ та етапи створення

Зарегулювання річок та створення водосховищ впливає на розвиток річкового транспорту. Будівництво гідровузлів дозволяє збільшувати судоходні глибини на найбільш мілководних ділянках річок.

Водосховища також покращують умови розвитку сільського господарства. Збільшення площини зрошувальних земель неможливе без забезпечення їх водними ресурсами, що потребує врегулювання стоку річок. Тоді збільшення площини зрошувальних земель стає можливим за рахунок раціонального використання поверхневого стоку, подачі води на поля в потрібній кількості та у відповідності до оптимальних строків поливу.

Крім цього, без зарегулювання річок неможливо уявити розвиток енергетики, але для використання річкових енергетичних ресурсів потрібно створювати перепади рівнів води, оскільки природніх перепадів дуже мало. Будівництво більшості ГЕС пов'язано зі створенням гідровузлів, що призводить до утворення водосховищ, які теж відіграють важливу роль: за їх відсутності ГЕС виробляли б енергію в залежності від водності річки в той чи інший період, а це призвело б до нерівномірної роботи ГЕС та постійної зміни їх потужності.

Зміна режиму річок також зумовлена й потребами рибного господарства. При збільшенні поверхні водного дзеркала створюються умови для збільшення ресурсів місцевих риб, а їх улови зростають в декілька разів.

Типи водосховищ та їх основні характеристики

Водосховище – штучна водойма (озеро), створена за допомогою греблі з метою регулювання стоку, роботи ГЕС чи з іншої господарської потреби. Всього у світі експлуатують понад 60 тис. водосховищ (з повним об'ємом 6,6 тис. км³, з площею водного дзеркала – понад 400 тис. км²).

За географічним положенням водосховища поділяють на гірські, передгірні, рівнинні і приморські

Їх положення в системі форм рельєфу визначає величину підпору (підняття рівня) води у водосховищі стосовно рівня води в річці

Гірські, передгірні – переважно значна величина підпору (Нурецьке р. Вахш в Середній Азії – 300 м; Терелянське, Карпати – 30 м)..

Рівнинні – підпір до 50 м водосховища комплексного призначення відзначаються великими площами підтоплення і затоплення прилеглих територій (Дністровське, Червонооскольське, Інгулецьке, Ташлицьке, Сімферопольське).

Приморські водосховища будують у приморських гирлах річок, які утворюють лимани чи глибокі затоки. Висота підпору на таких водосховищах здебільшого не перевищує 10 м (Сасик).

Основні морфометричні характеристики водосховищ

Проектом і правилами експлуатації водосховища встановлюються характерні рівні води, що визначають його експлуатаційний режим нормальний підпірний рівень – найвищий підпірний рівень, що може підтримуватись за умов нормальної експлуатації:

- форсований підпірний рівень – рівень найвищих паводків
- рівень мертвого об'єму – мінімальний рівень води, до якого можна спускати водосховище
- рівень навігаційного спрацювання - рівень води на період навігації, протягом якої в межах судноплавних шляхів гарантуються необхідні глибини.

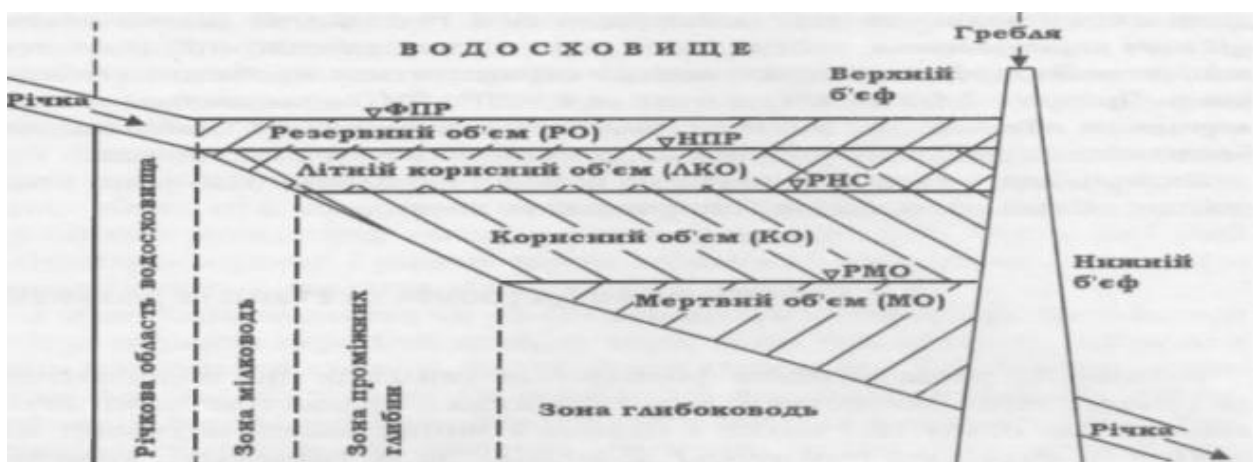


Рисунок 1.1 – Схема утворення водосховищ

Процес підвищення рівня води у водосховищі, коли притік води в його ложе перевищує сумарний скид, випаровування і забір води, називається наповненням водосховища. Період часу, протягом якого відбувається цей процес, називається періодом наповнення водосховища. Для водосховищ України характерне весняне наповнення в період весняної повені. Решту періодів року може бути тільки тимчасове короткочасне наповнення водосховища.

Процес зниження рівня води у водосховищі, коли витрати води перевищують її притік, називається спрацюванням водосховища. Відповідний період часу називається періодом спрацювання водосховища. У літньо-осінній період спрацювання водосховищ незначне, а в зимовий період воно зростає у зв'язку з потребами енергетики, необхідністю змінити об'єм для приймання повені.

Етапи розвитку водосховищ:

1. Стадія первинного наповнення – формується новий водний об'єкт із притаманними йому базисом ерозії, характерними рівнями води і водним режимом;
2. Стадію молодості – активно формуються береги і ложе водойми, її прибережна смуга і водоохоронна зона, водний і береговий рослинний та тваринний світ;
3. Стадія зрілості – бурхливі процеси припиняються, і на зміну їм приходить стабілізація берегів, ложа, водних і наземних екосистем;
4. Стадія старості, на якій переважають процеси заболочування, занесення і замулювання водойм, деградація рослинного і тваринного світу.

Рівняння водного балансу водосховища має таку ж структуру, як і для озера, але в прибутковій частині цього рівняння головна складова - це притік річкових вод (для окремого чи верхнього в каскаді водосховища), а у видатковій частині – стік води.

Опади для більшості великих долинних водосховищ становлять менше 10 % надходження вод

Випаровування з поверхні водосховищ залежить від широти місцевості і глибоководності водойми, складаючи пересічно близько 10 % видаткової частини балансу.

Водосховища відрізняються від озер значно більшим водообміном, що зумовлено їх більшою проточністю.

Гідродинаміка водосховищ об'єднує коливання рівнів води, хвилювання і течії. Коливання рівнів води залежать від зміни кількісних характеристик складових частин водного балансу, у першу чергу від режиму наповнення і спрацювання водосховищ, які супроводжуються відповідно зростанням і зниженням рівня води.

Для водосховищ виділяються так звані фазохарактерні періоди стояння рівнів води: осінньо-зимового передповеневого спрацювання рівнів до відміток РНС, а в роки очікуваної високої повені – до РМО; весняного повеневого наповнення до відміток НПР, а в роки з високою повінню до ФПУ; літньо-осінньої стабілізації рівнів між РНС і НПР, протягом якої відбуваються повільні незначні тимчасові спрацювання рівня (в посушливі періоди) і його підняття (під час дощових паводків). Кінець літньо-осіннього періоду збігається із закінченням навігації, рівень води при цьому знижується з відміток НПР (ФПР) до РНС.

На водосховищах, греблі яких обладнані гідроелектростанціями, спостерігаються значні добові коливання рівнів. Як правило, здійснюється два попуски води протягом доби: вранці і ввечері - у години «пік». Попуски поширюються у вигляді довгих хвиль: «прямих» (направлених за течією річки) - в нижніх б'єфах ГЕС і «зворотних» (направлених проти течії) - у верхніх б'єфах.

Гідробіологія водосховищ

Перший етап становлення гідробіологічного режиму характеризується стрімким розвитком планктонних угруповань. Це викликано надходженням у воду великої кількості біогенних речовин, що вимиваються із затоплених земель і слугують джерелом живлення для бактерій і водоростей, які, у свою чергу, дають їжу зоопланктону. Цвітіння води синьо-зеленими водоростями .

Другий етап характеризується інтенсивним формуванням донних і зменшенням частки планктонних угруповань у біогеоценозному обігу речовини та енергії. На мілководдях дуже активно проходить розвиток вищої водної рослинності, зумовленої швидким освоєнням рослинами затоплених родючих ґрунтів.

На третьому етапі на фоні загального зниження ролі синьо-зелених і деякого підвищення ролі зелених і діатомових водоростей зменшується інтенсивність цвітіння води. Мілководдя продовжують освоюватися вищою рослинністю, у складі якої дедалі більше з'являються види, що вказують на початок процесу заболочування.

Четвертий етап характеризується відносною стабілізацією планктонних і донних угруповань на фоні продовження заболочування мілководь та дестабілізації іхтіофауни.

В Україні водосховище – це штучна водойма місткістю понад 1,0 млн м³, збудована для створення запасу води та регулювання стоку [1]. До 1950 р. загальна площа штучних водойм в Україні не перевищувала 98 тис. га, повний об'єм – 1,4 км³. Причому, це були в основному ставки і малі водосховища [3]. За рахунок цих водойм можна було зарегулювати не більше 3% річного стоку. Протягом 1950-1980-х рр. відбулося інтенсивне збільшення кількості водосховищ.

Донедавна вважалося, що на території країни існує 1160 водосховищ [4]. Але дослідження, виконані в Україні в 2014 р. [2] і в 2020 р. , дозволили оновити цю кількість – 1054 водосховища. Вони мають повний об'єм 55,13 км³ та сумарну площу водного дзеркала 9362 км². В Україні місцевий стік річок становить 50,1 км³/рік, а разом з транзитним стоком з території Росії, Білорусі та Румунії – 170,3 км³/рік [5, 6, 7]. Таким чином, водосховищами зарегульовано 32% загального річного стоку країни. Було виконано класифікацію 1054 водосховищ України за об'ємом води (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Класифікація водосховищ в Україні за об'ємом води

Категорія водосховищ	Об'єм, км ³	Кількість водосховищ, %
Найбільші	> 50	-
Дуже великі	10-50	0,2
Великі	1,0-10	0,5
Середні	0,1-1,0	1,0
Невеликі	0,01-0,1	8,4
Малі	< 0,01	89,9

До «дуже великих» - належать Кременчуцьке та Каховське водосховища (на р. Дніпро); до «великих» – Київське, Канівське, Кам'янське, Дніпровське (на р. Дніпро), Дністровське (на р. Дністер). Тобто, сім «дуже великих» і «великих» водосховищ становлять 0,7%. А інші 1047 водосховищ (99,3%) – це ті, що віднесені до категорій середніх (С), невеликих (Н) і малих (М). Для зручності назвемо цю групу з аббревіатурою СНМ водосховища. Причому, в групі СНМ-водосховищ найбільшою є частка малих водосховищ (89,9%). Якщо розглядати значення повних об'ємів водосховищ, то виявляється, що в шести водосховищах Дніпровського каскаду (43,71 км³) та Дністровському водосховищі (3,0 км³) знаходиться 85% об'єму води всіх водосховищ країни. На СНМ-водосховища припадає лише 15% (8,42 км³).

Класифікація водосховищ за об'ємом є найбільш узагальнюючою. Існує низка й інших класифікацій, які враховують походження водосховищ, їхні гідротехнічні, географічні, гідрологічні, гідрохімічні та гідробіологічні особливості, характер використання. Так, за генезисом в Україні виділяють: річкові (русліві і долинні) водосховища, до яких відноситься 90,8% водосховищ країни; наливні (водойми-охолоджувачі деяких ТЕС, Чорнобильської АЕС, закритої у 2000 р., вісім водосховищ на трасі Північно-Кримського каналу); озера, водосховища (вісім Придунайських озер). За особливостями рельєфу річкової долини розрізняють рівнинні (98% водосховищ України) та гірські і передгірні (переважно невеликі за об'ємом водосховища Карпатського регіону).

За характером використання виділяють водосховища комплексного призначення (Дніпровський каскад та Дністровське водосховище) та спеціалізовані (переважна більшість СНМ-водосховищ).

Дніпровський каскад водосховищ. Дніпро є четвертою за довжиною річкою Європи, Рис. 1.2 Картосхема Дніпровського каскаду водосховищ бере початок в Росії, протікає територією Білорусі та України і впадає в Чорне море (довжина – 2201 км, площа водозбору – 504300 км², об'єм водного стоку – 53,5 км³ на рік). Найдовша протяжність Дніпра є в Україні (981 км), де і збудовано каскад із шести водосховищ, розташованих у трьох природних зонах: мішаних лісів, лісостепу і степу. Створення Дніпровського каскаду (від Києва до Нової Каховки) тривало протягом 1930-1970-х рр. (рис. 1.1). Сумарний об'єм водосховищ на річці Дніпро становить 43,71 км³ (79% від об'єму водосховищ країни), площа водного дзеркала - 6888 км² (табл. 1.2). Найбільшим за об'ємом з них є Каховське водосховище (18,18 км³), До 2014 р. можливості його використання були обмежені необхідністю підтримання високих рівнів у вегетаційний період для подачі води у Північно-Кримський канал. Найменші – Кам'янське (2,46 км³) та Канівське (2,50 км³) (рис. 1.2). Основним регулятором стоку в каскаді виступає Кременчуцьке водосховище, яке здійснює сезонне і річне регулювання стоку (див. рис. 1.2).



Рисунок 1.2 – Картосхема Дніпровського каскаду водосховищ

Таблиця 1.2 – Характеристика Дніпровського каскаду водосховищ

Характеристика	Водосховище					
	Київське	Канівське	Кременчуцьке	Кам'янське	Дніпровське	Каховське
Рік заповнення	1966	1976	1961	1964	1932	1956
Площа водозбору Дніпра в створі ГЕС, тис. км ²	239	336	383	424	463	482
Середній об'єм стоку в створі ГЕС, км ³	33,1	43,9	47,8	52,0	52,2	52,2
Повний об'єм водосховища, км ³	3,73	2,50	13,52	2,46	3,32	18,18
Робочий об'єм регулювання, км ³	1,17	0,30	8,97	0,53	0,85	6,78
Площа водного дзеркала, км ²	922	582	2252	567	410	2155
Середня глибина, м	4,0	3,9	6,0	4,3	8,0	8,4
Площа мілководь, %	34	26	18	32	39	5
Тип регулювання стоку	сезонне	добове	річне	тижневе, добове	тижневе, добове	річне

Водосховища використовуються для потреб гідроенергетики, водопостачання, зрошення, рибного господарства, водного транспорту, рекреації, захисту від повеней.

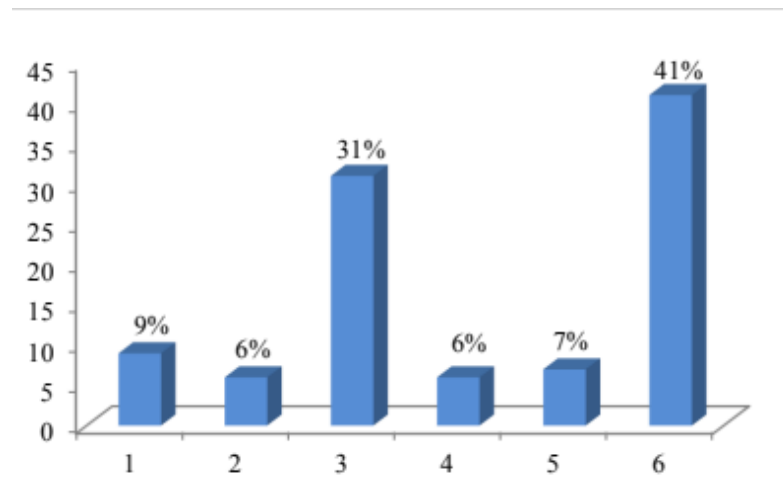


Рисунок 1.3 – Частка повного об’єму окремих водосховищ від загального об’єму води в Дніпровському каскаді, % (водосховища: 1 – Київське; 2 – Канівське; 3 – Кременчуцьке; 4 – Кам’янське; 5 – Дніпровське; 6 – Каховське)

Водосховища Дніпровського каскаду мають порівняно невеликі глибини і значні площі мілководь. Внаслідок уповільненого водообміну відбувається поступове замулення дніпровських водосховищ, заростання їх акваторії вищою водною рослинністю, масовий розвиток ціанобактерій. Мінералізація води протягом року змінюється від 120 мг/дм³ до 460 мг/дм³. Дослідження гідрологічного, гідрохімічного і гідробіологічного режимів показали важливу роль внутрішніх водойменних процесів для існування цих водосховищ [16,18]. Дослідження впливу притоків на якість води показали, що у водосховища можуть надходити нітрати і пестициди з сільськогосподарських угідь [19]. І ще дуже важливий факт – в 1986 р. після аварії на Чорнобильській АЕС у водосховища Дніпровського каскаду потрапила певна частина радіоактивних речовин.

1.2 Екологічні проблеми зарегулювання річки

На початку 2000-х років у вчених-екологів сформувалися два погляди на проблему водосховищ Дніпровського каскаду. Одні вчені дотримуються думки про необхідність спуску водосховищ і повернення долини Дніпра до стану наближеного до природного. Так, А.Г. Шапар та ін. вважають, що збитків від сьогоденного стану р. Дніпро з каскадом водосховищ у 10 разів більше, ніж доходів [15]. Інша частина дослідників, зокрема В.Д. Романенко, наголошує на тому, що дніпровські водосховища допомагають вирішувати проблему регулювання стоку та водопостачання, що нові озерно-річкові екосистеми в процесі свого розвитку вже стабілізувалися [20]. Тому треба ставити питання не про спуск водосховищ, а про створення більш дієвого законодавства з раціонального використання та екологічного оздоровлення дніпровських водосховищ. Дійсно, водосховища пом'якшують ситуацію з водокористуванням в епоху можливого водного дефіциту.

1.2.1 Проблема заростання води

Деяке зменшення об'єму водосховищ супроводжується значно більш інтенсивним процесом їх заростання. У цьому разі окремо може бути згадано повітряно-водну і водну рослинність. Типові представники першої: очерет звичайний, рогози широколистий і вузьколистий. Найбільш поширеними представниками водної рослинності з плаваючим листям є водяний горіх, глечики жовті, латаття біле, ряска. Із водних занурених рослин домінують кілька видів рдесника та кушир занурений. Значне поширення вищої водної рослинності у дніпровських водосховищах насамперед зумовлено істотним поліпшенням умов для її життєдіяльності, а саме зменшенням швидкості течії та

аккумуляцією твердих решток як мінерального, так й органічного походження. Особливої уваги з-поміж названих рослин потребує водяний горіх (*Trapa natans*). Інша його поширена назва – чилім. Важливою особливістю цієї рослини є дуже довге стебло, яке дає змогу цьому виду рости на глибинах до 2,0–2,3 м. З групи прикріплених рослин, що мають плаваюче на поверхні листя, ця рослина в Україні є найглибоководнішою. Отже, заростання глибоких ділянок починається саме з водяного горіху.

Найбільше поширення цей вид набув у Київському водосховищі – особливо у зоні його виклинювання. Нині ним вкрито приблизно 40 км², або 5 % площі [12]. Фактично це втрачена для рибного господарства акваторія, адже у теплий період року зарості водяного горіху являють собою суцільний килим. Дещо меншою є площа під водяним горіхом у Канівському та у нижче розташованих водосховищах. З настанням холодів листя і стебла цієї рослини відмирають.

Хоча водяний горіх аж ніяк не належить до рідкісних чи зникаючих видів рослин, його з незрозумілих причин занесено до Червоної книги України. Фактично цей вид потрапив під захист держави, хоча їй шкодить. На думку автора, настав час, коли цей вид потрібно вилучити з Червоної книги.

Проблема якості і «цвітіння» води. Актуальність зазначеної проблеми полягає насамперед у тому, що дніпровська вода широко використовується для господарсько-питних потреб. Зокрема, ця вода забирається для таких міст, як Київ, Черкаси, Кременчук, Дніпро, Запоріжжя та ін. Крім того, дніпровська вода каналами і водоводами надходить у Кривий Ріг, Кропивницький, Миколаїв і навіть Харків.

Попри те, що за наявними даними Держводагентства України скиди стічних вод і забруднюючих речовин останнім часом зменшилися, якість води у Дніпрі залишається проблемною. Це пояснюється кількома чинниками. Першим можна вважати недостовірність статистичних даних. Важливим чинником проблемної якості води є вже згадана невелика водність Дніпра в останні роки. Ще один чинник, який впливає на якість води, це накопичення відходів: як в

організованих, так і неорганізованих звалищах. Як наслідок, якість води в Дніпрі в останні три десятиліття перебуває практично на однаковому рівні без помітних змін у бік поліпшення чи погіршення. За деякими показниками якість стає кращою, за іншими – гіршою [11].

Може здатися, що збільшення скидів стічних вод униз за течією Дніпра має спричинювати відповідне погіршення якості води. За деякими показниками це й спостерігається. Водночас велику роль у питанні якості води відіграють процеси в самих водосховищах, зокрема накопичення хімічних речовин у донних відкладах та живих організмах, насамперед у вищих водних рослинах і водоростях. Це, зокрема, стосується неорганічних сполук азоту. Фактично у кожному розташованому нижче водосховищі концентрації менші, ніж у розташованому вище. Водночас протилежними є зміни концентрації фосфатів [11] (Рис. 1.6).

До важливих показників якості води належить також концентрація розчиненого кисню, яка часто виявляється на рівні гранично допустимих значень. Особливо це характерно для другої половини зими і початку березня, коли водосховища вкриті кригою. Інший період з низькими концентраціями відповідає найспекотнішій частині літа. Оскільки останні роки виявилися теплішими за норму (в окремі місяці на 3–4 °C), це призвело до істотного зниження концентрацій розчиненого кисню та багатьох інших негативних явищ.

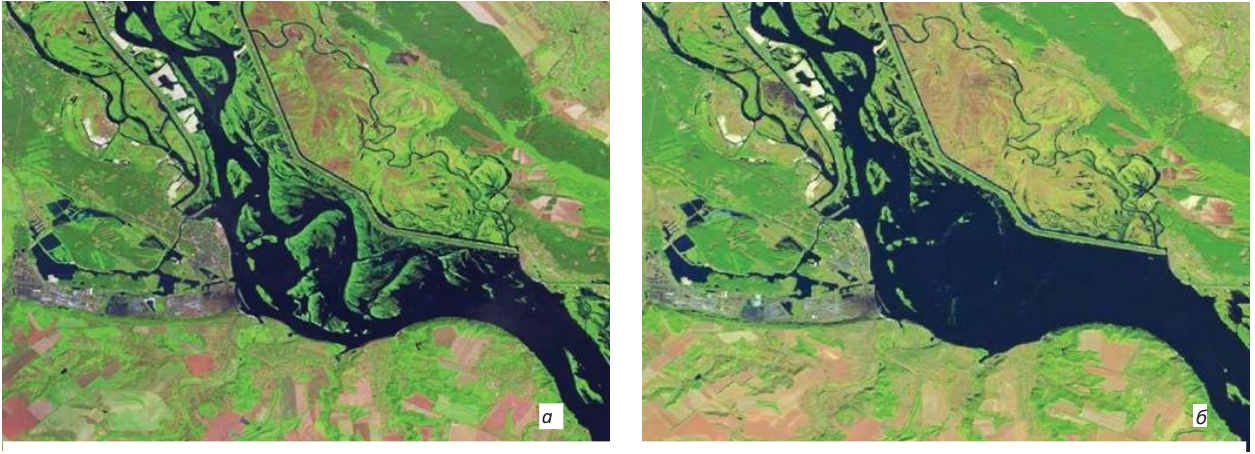
Окрім високої температури повітря (і відповідно води), на концентрацію кисню в останні роки негативно вплинула невелика водність Дніпра. Про це свідчить наявність оберненої залежності між середньорічними значеннями витрат води і відповідними даними щодо концентрації кисню [11].

Додам, що гідрохімічні показники, що визначаються на мережі моніторингу (насправді є навіть кілька мереж, підпорядкованих кільком відомствам), не охоплюють усього поняття якості води. Періодично і, зокрема в 2018 р., на дніпровських водосховищах і притоках Дніпра траплялися замори риби. Саме тому останнім часом зміст моніторингу істотно розширено гідробіологічною складовою.

У цьому разі окремо має бути сказано про «цвітіння» води, яке посилюється в останні роки. Численні дослідження [12,13], присвячені цьому явищу, свідчать про те, що воно залежить від якісних характеристик води, а також гідрометеорологічних умов. У першому разі значний вплив мають концентрації сполук азоту і фосфору, в іншому – витрати і температура води. Крім того, на «цвітіння» води впливають гумусові речовини, наявність яких позначається на її кольоровості. Останнє зокрема, характерно для Прип'яті, яка виносить їх великий обсяг у Київське водосховище.

Вивченню «цвітіння» води у дніпровських водосховищах допомагають дані супутників Aqua і Terra [16]. Хоча роздільна здатність зображень порівняно невисока, важливою їх перевагою є значна повторюваність. За цими даними можна стверджувати, що найбільше «цвітіння» води спостерігається в серпні. В останні роки це явище простежується й у вересні – принаймні в першу половину цього місяця. Цьому сприяла вища за звичайну температура повітря і води (Рис. 1.4).

Як видно на Рис. 1.4, найбільше «цвітіння» характерне для Кременчуцького і Кам'янського водосховищ. Судячи з усього, розвитку водоростей тут сприяють гідрометеорологічні умови, а також оптимальне співвідношення концентрацій сполук азоту і фосфору. З шести водосховищ каскаду найменше «цвіте» Київське. На поширення водоростей помітно впливає й вітер. Зокрема переважання влітку північно-східного вітру над Кременчуцьким і Кам'янським водосховищами зумовлює те, що найбільше «цвітіння» спостерігається біля правого, південно-західного берега. У Київському водосховищі найбільшим є розвиток водоростей в його південній частині [13].



а

б

Рисунок 1.4 – Цвітіння води у дніпровських водосховищах: а – 2017 рік, б – 2018 рік

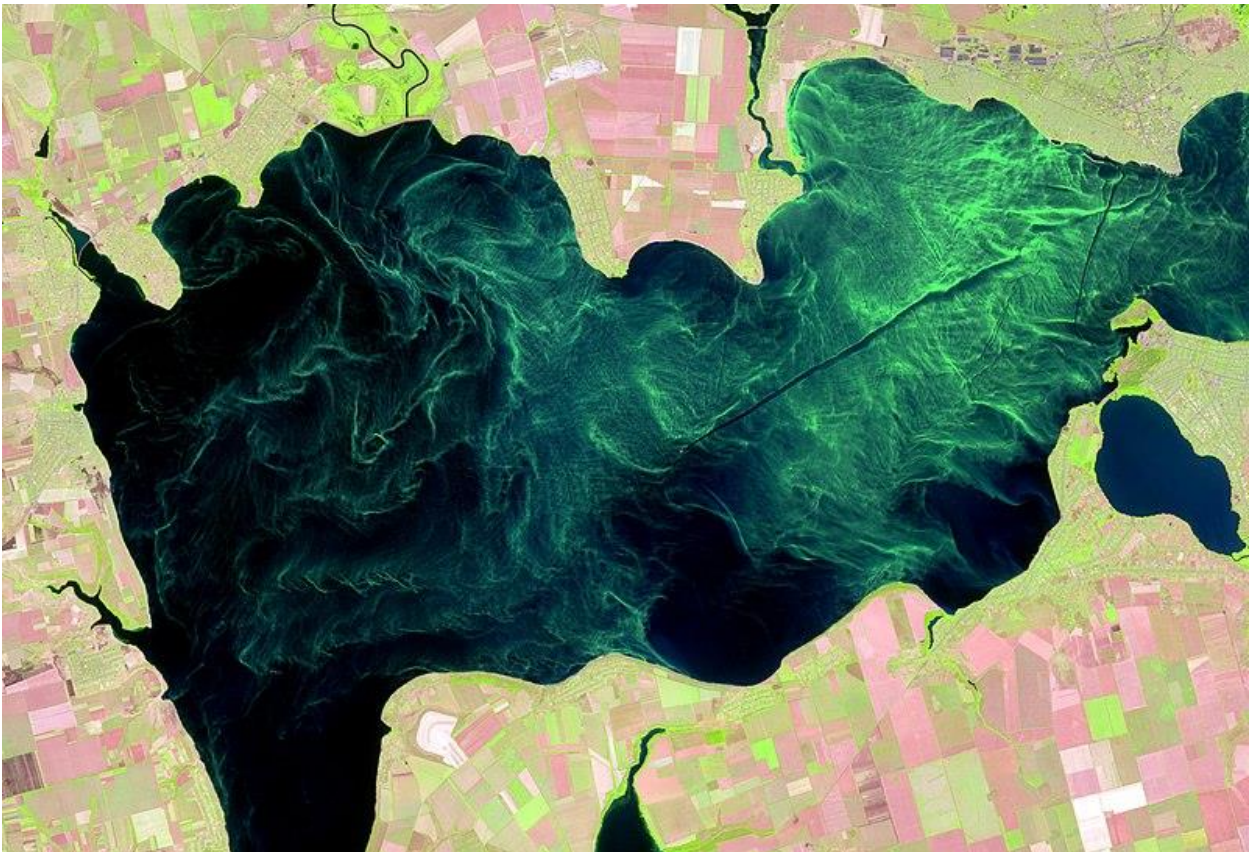


Рисунок 1.5 – Цвітіння Каховського водосховища 2016 рік

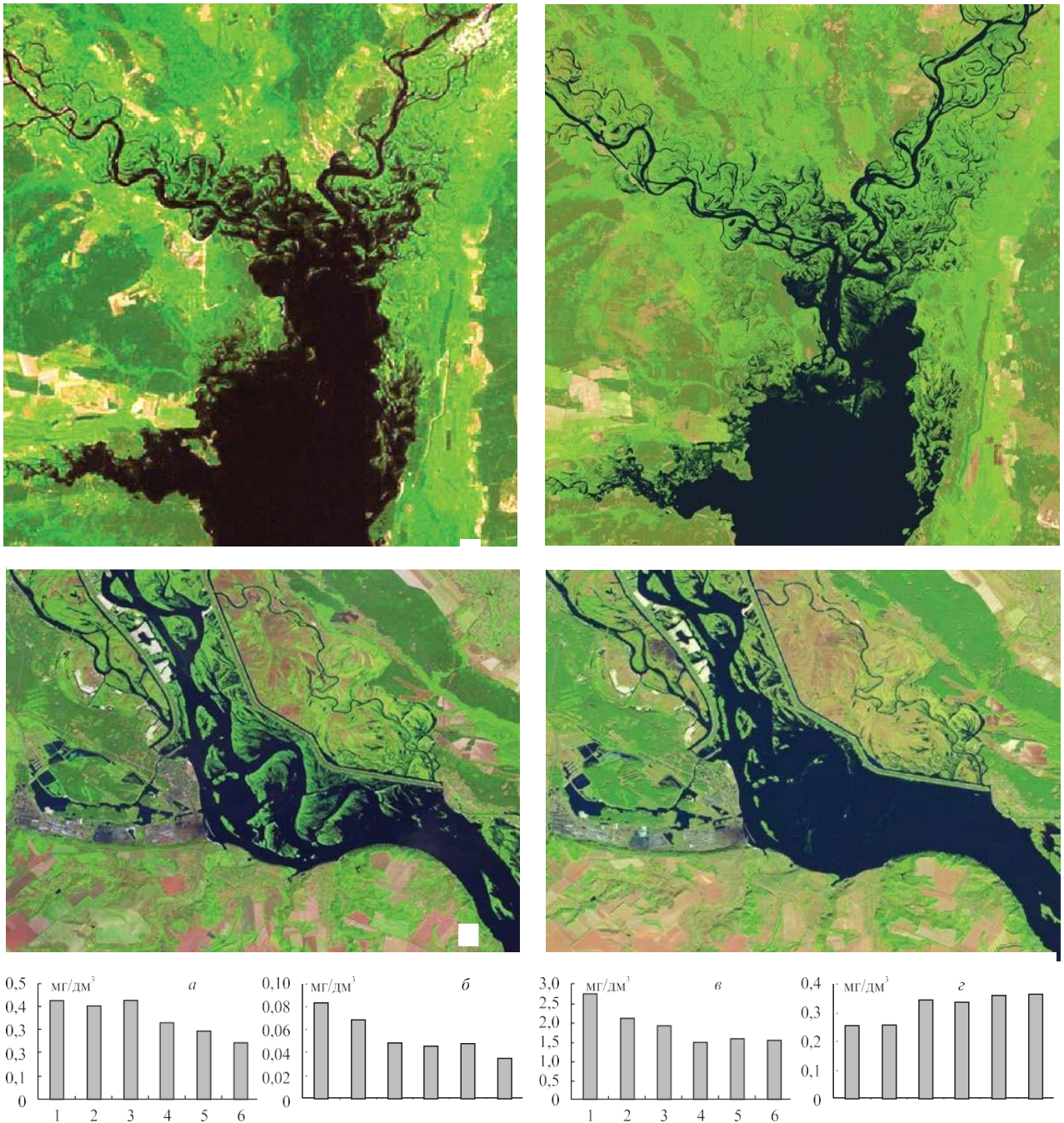


Рисунок 1.6 – Зміни концентрації іона амонію (а), нітритів (б), нітратів (в) і фосфатів (г) за довжиною Дніпра протягом 2012–2017 рр.: у Київському (1), Канівському (2), Кременчуцькому (3), Кам'янському (4), Дніпровському (5) і Каховському (6) водосховищах

1.2.2 Зміна характеристик абіотичного середовища

Гідрологічний режим

Основний компонент внутриводоймищної динаміки – переніс водних мас – формує такі важливі процеси, як водообмін між окремими ділянками чи зонами водоймища, розведення стічних вод, заїлення чаши водосховища, переформування берегів, перерозподіл тепла, розчинених та взвішених речовин, живих організмів.

У русі вод водосховищ поєднуються елементи річкового (стокові течії) та озерного (згони й нагони, хвилі) режиму. Режим течій та хвиль ускладнюється будовою котловин (пересічний рельєф дна, різні зміни глибин, великі мілководдя), значними коливаннями рівнів води, попусками води крізь плотини.

Всі водосховища мають стокові течії, але не такі швидкі, як річки. Швидкість стокових течій за водністю року становить в середньому 1,5–7,0 см/с; у багатоводному році вона досягає 2,7–11,7 см/с, а у маловодному році 1,0–4,7 см/с. Режим роботи ГЕС майже повністю визначає інтенсивність, а іноді й напрямок стокових течій. Це часто призводить до дуже нерівномірного режиму течій у верхніх і особливо нижніх б'єфах плотин. Швидкість течії в нижніх б'єфах може коливатися від нуля до 1,5–2,5 м/с. У верхніх б'єфах зміни швидкості за день можуть досягати 1,0 м/с. На верхніх (річкових) ділянках водосховищ стокові течії переважають. На великих озероподібних ділянках водосховищ найпоширенішим видом течій є вітровий (дрейфовий).

Генеруємі дією вітру на водну поверхню, ці течії захоплюють не лише поверхневі, а й більш глибокі шари водоймищ. При постійній дії вітру на водну поверхню в дрейфовій течії беруть участь верхні шари глибиною до 1/3 водосховища. Нижні (2/3) займає зворотня течія. Іноді зворотні течії локалізуються в певних місцях, тоді вони можуть захоплювати всю водну товщу (т. з. компенсаційні течії). Швидкість вітрових течій у поверхневих шарах складає приблизно 0,4–0,7% швидкості вітру над поверхнею води. В чистому

вигляді вітрові течії спостерігаються досить рідко, бо на них накладаються стокові та інші види течій.

Особливою складністю будови течії характеризуються прибережні ділянки водосховища. Тут, крім уже згаданих, утворюються специфічні берегові вітри, берегові хвилі та розривні течії. Важливу роль у формуванні багатьох показників гідрохімічного та гідробіологічного режиму водойми відіграє береговий стік. Завдяки їм основний водообмін (до 93%) відбувається між водами водойми та його мілководдям, забезпечуючи надходження мікроелементів, біологічних та інших речовин до рослин масиву і таким чином сприяючи реалізації можливостей очищення останнього.

Термінальне перемішування також є важливим. Таким чином, температурне поле врівноважується, розчинені та зважені речовини розбавляються, забруднювачі розкладаються за допомогою окислювально-відновних реакцій, поживні речовини надаються живим організмам і відходи видаляються. На поверхні води вітер спочатку створює капілярні хвилі, які з часом перетворюються на вітрові хвилі, які інвертують і руйнують піки хвиль, створюючи інвазивні вихори, які проникають глибше в воду. Вихрові течії також утворюються між дрейфуючим рухом і нерухомими водними масами (або протитечіями). Дно водного потоку може бути місцем їх утворення.

Щодо вітрових хвиль на водосховищах, то вони являють собою складний процес, який визначається великим числом факторів. Розміри хвиль та інші параметри хвилювання залежать від швидкості та тривалості дії вітру, довжини розгону хвилі, глибини водосховища. Відносно невеликі розміри акваторії й об'ємів сприяють активній реакції хвильового режиму на вітрові умови: хвилювання швидко виникає, розвивається й так само швидко затухає.

Рівневий режим. Регулювання стоку в корені змінює режим рівня води. Якщо за природніх умов на річці відмічався яскраво виражений весняний підйом, то після створення водосховищ на більшості ділянок річки він понизився і елементи рівневого режиму водосховищ - річний хід та амплітуда коливання - тепер практично можуть регулюватися.

За характером і амплітудою коливань відміток водної поверхні кожне водосховище можна поділити на дві зони: верхню - перемінного підпору та нижню - малих уклонів.

Рівневий режим у верхніх зонах є дуже нестабільним, оскільки зумовлюється режимом роботи ГЕС. Зміна навантаження носить скачкоподібний характер, і це зумовлює дуже різкі коливання рівня води у верхніх б'єфах. Ці коливання поширюються по водосховищу у вигляді довгих хвиль. Хвилі попуску в нижній б'єф називаються прямими хвилями, а коливальні рухи водної маси водосховища, що поширюються вгору від плотин, зворотніми хвилями.

Прямі хвилі поширюються із досить великою швидкістю (6-10м/с); амплітуда виникаючих при цьому коливань рівня залежить від наповнення водосховища та величини витрат води крізь споруди ГЕС. У верхній ділянці водосховища вона може сягати 1,5-2 м, а на іншій акваторії вона зазвичай не перевищує 15-25 см.

Створюючи підвищений фон швидкості течії у певні проміжки часу, попуски забезпечують підсилення самоочисних потоків, промивання зон, де за умов стабільного стоку можливе формування застійних явищ.

Згінно-нагінні та сейшеві денівеляції рівня забезпечують динамізм рівневого режиму нижніх ділянок водосховищ. Перші можуть сягати відчутних величин: піднімати й опускати рівень води на 40-45 см й таким чином розширювати амплітуду коливань майже на метр. Сейшеві коливання рівня виникають при різких змінах метеорологічних умов в районі водосховища: при проходженні фронтів або шквалів.

Слід зазначити, що у багатьох випадках, коли мілководдя захищені від динамічного впливу течії та хвиль, зміна рівня води є єдиним фактором, що зумовлює надходження води в ці зони та відхід її назад у водосховище.

Прозорість води. Зменшення швидкості течії та інтенсифікація процесів седиментації сприяють значному збільшенню прозорості води, що в свою чергу збільшує глибини проникання променистої енергії сонця. Прозорість води у водосховищах в середньому збільшується у два рази порівняно із річкою, а

глибина проникання сонячної енергії збільшується з 1-1,5 м (у річці) до 2,5-6,0 м (у водосховищі). Це спричиняє істотне збільшення потужності шару утворення первинної біологічної продукції (фотичного шару) в середньому у 2,2 рази. В результаті зростає біологічно продуктивність, що в свою чергу призводить до інтенсифікації процесів деструкції та накопичення ілів органічного походження.

1.2.3 Гідрохімічний режим

Мінералізація. Створення водосховищ веде до перерозподілу водного стоку річки за сезонами року і, як наслідок, до змін у динаміці мінералізації та концентрації головних іонів.

В результаті акумуляції у водосховищах паводкових вод та змішування їх з більш мінералізованою водою, що потрапляє сюди у наступні сезони, відбувається зменшення (особливо у приплотинних ділянках водосховища) річної амплітуди коливань мінералізації та концентрації головних іонів. Якщо до зарегулювання стоку мінералізація вод протягом року могла змінюватись майже в 4 рази, то після зарегулювання вона змінюється лише в 1,4-1,5 разів.

Водність року впливає на величину мінералізації та вміст основних іонів. Він нижчий у маловодних роках, ніж у середньоводних. Внаслідок накопичення водних мас у колекторі мінералізація змінюється вздовж його поздовжньої осі, але мінералізація та концентрація основних іонів на глибині майже не змінюються. У літній період карбонатний баланс змінюється в бік утворення вуглекислого газу, що призводить до загального зниження мінералізації поверхневих шарів води порівняно з нижніми, що раніше не спостерігалось в річках. Можливо і зворотне: якщо поблизу дамби підтримується змішування високомінералізованої води з верхньої течії зі слабомінералізованою водою, мінералізація поверхневих шарів вища, ніж нижніх. маленька водойма. Невелике розшарування може відбуватися і ранньою весною на ділянках біля дамб

водосховищ, коли з верхів'їв надходить менше мінеральних вод, які внаслідок слабого перемішування стікають у поверхневих шарах. На піку повені перемішування посилюється і стратифікація зникає.

Річки, що впадають у водосховища, та утворені ними затоки відрізняються за величиною мінералізації від водосховищ, але істотного впливу на останні не справляють, якщо мають невеликий річний стік.

Розчинені гази. Формування газового режиму водосховищ відбувається під впливом багатьох факторів, основними з яких є періодична дія вітрового перемішування і циркуляції водних мас, фізико-хімічні і біологічні процеси, що відбуваються у водосховищах, взаємодія води із затопленими ґрунтами, життєдіяльність водних організмів.

Найбільш важливими є розчинений кисень та двооксид вуглецю. Кисень потрапляє у води з атмосфери та при продукуванні його фітопланктонними організмами та вищою водною рослинністю. O_2 витрачається на процеси дихання, окислення органічної речовини при розкладі організмів, а також шляхом евазії назад у атмосферу.

В теплий період (особливо у першій половині літа) основним фактором є фотосинтетична діяльність рослинних організмів. У другій половині літа починають переважати окисно-відновні процеси, які зменшують вміст кисню у воді. Розчинений O_2 може витрачатись і на окислення амонійного азоту до NO_2 та NO_3 , солей закислого заліза, процеси окислення метану та сірководню (за участю відповідних бактерій).

Взимку основну роль відіграє температурний режим та наявність ледоставу.

Поверхневий шар води постійно збагачується киснем, а у придонних шарах спостерігається його дефіцит за рахунок постійних витрат його на окисні процеси, й у донних шарах приплотинних ділянок вміст O_2 падає до 30-40, а іноді й до 1-3%.

У місцях великого скупчення фітопланктону (утворення на поверхні води блакитної плівки) максимальна концентрація кисню зсунута на глибину 1-3 метри зі зменшенням до придонного шару.

У перші роки існування водосховища спостерігається значна вертикальна стратифікація вмісту O_2 та CO_2 . По-перше, затоплення призводить до бурхливих процесів розкладу рослинного та ґрунтового покриву, що призводить до значних витрат кисню в придонних шарах і, як наслідок, до зменшення його вмісту. По-друге, значна кількість органічної речовини потрапляє у воду, що призводить до швидкого розвитку фітопланктону та посилення процесів фотосинтезу на поверхневих шарах води. Фітопланктон осідає на дно і розкладається, коли вимирає. Отже, у поверхневих шарах концентрація розчиненого кисню може сягати приблизно 25 мг/л (290% насичення), але у придонних шарах вона майже до нуля, що призводить до замороження всього придонного шару.

З віком водосховищ стратифікація теж стає помітною, оскільки з'являється фактор поглинання кисню донними ілами, об'єми яких із року в рік збільшуються й які потребують все більше й більше кисню на хімічне й біохімічне окиснення утворених відновлених продуктів розкладу.

У верхніх ділянках водосховищ, що знаходяться в зоні змінного підпору, гідрологічний режим найбільш подібний до річкового і швидкість течії не падає нижче 0,2-0,1 м/с. Тому тут у літній період спостерігається найбільш сприятливий кисневий режим. Стратифікація тут не відмічається, дефіциту кисню немає, оскільки фітопланктон розвивається слабо й середня його біомаса приблизно 0,05-15 г/м куб.

В середніх та приплотинних ділянках водосховища швидкості течії незначні (0,01-0,1 м/с) або ж течії відсутні зовсім. Тому біомаса фітопланктону в періоди інтенсивного зацвітання сягає тут 40-60 г/м куб. та вище, між тим як при кількості біомаси більше ніж 15 г/м куб. вже виникає загроза біологічного забруднення і появи токсикантів. Внаслідок такого скупчення водоростей тут спостерігається особливо яскраво виражена киснева стратифікація.

Ранньою весною і восени через вітрове перемішування та невелику роль процесів фотосинтезу стратифікація O_2 та CO_2 спостерігається рідко, а пізно восени вона відсутня повністю, і перед зимою усі шари приблизно однаково насичені киснем, кількість якого в цей час може сягати 9-12,5 мг/л.

Джерелом CO_2 у водосховищах є процеси окислення органічних речовин, різні види розкладу та дихання. Зменшення двоокису вуглецю відбувається при фотосинтезі та виділенні CO_2 в атмосферу.

Концентрація двоокису вуглецю залежить від сезону, біологічних та біохімічних процесів. Максимальна концентрація спостерігається у період зими (50-70 мг/л). Влітку у придонних шарах води за рахунок процесів розкладу відбувається накопичення CO_2 до 5-10, а іноді й до 20-45 мг/л.

Органічні речовини. До органічних речовин, що найчастіше зустрічаються у водосховищах, належать органічний вуглець, органічні азот та фосфор, білки, пептиди та амінокислоти.

Вміст органічного вуглецю (через те, що у водосховищі одночасно йдуть два протилежно направлені процеси – синтез органічних речовин та їх деструкція) на різних ділянках помітно відрізняється. Підвищена концентрація органічного вуглецю може бути пов'язана як із надходженням гуміфіційованих вод з річок, що впадають у водосховище, так і з великою біопродуктивністю.

Максимум вмісту органічного вуглецю спостерігається у весняно-літній період, при максимальній фотосинтетичній активності фітопланктону. Коли ж процеси деструкції починають переважати над процесами фотосинтезу, кількість органічного вуглецю зменшується.

У каскаді в нижніх водосховищах може спостерігатися аномальна динаміка концентрації вуглецю: максимум його вмісту припадає на зимовий період із подальшим зменшенням з весни до осені. Це пояснюється, вочевидь, накопиченням протягом вегетаційного періоду органічних речовин та їх надходженням із водосховищ, розташованих вище по каскаду.

Вертикальна стратифікація вмісту органічного вуглецю спостерігається зазвичай у глибоководних та застійних зонах. У весняно-літній період

збільшується відносна концентрація летких органічних сполук, що пов'язано із фотосинтетичними та деструктивними процесами. В період масового розвитку фітопланктону частка летких органічних сполук може сягати 50% і більше загального вмісту органічних речовин.

Загальний та неорганічний азот є основним джерелом біогенного азоту у водних екосистемах. Це – амонійний азот та інші відновлені мінеральні його форми, органічні азотовмісні сполуки різних класів. Більшість органічних азотовмісних сполук легко піддаються деструкції та мінералізації, утворюючи основний фонд азоту, який витрачається під час фотосинтезу.

Існує певна закономірність у сезонній динаміці вмісту азоту: влітку його концентрація зростає, восени зменшується. Високі концентрації органічного азоту спостерігаються у багатоводні роки, коли затоплення частини берегової зони водосховищ супроводжується надходженням у них великої кількості біоелементів.

Різниця між вмістом мінеральних та органічних форм азоту досягає свого максимуму взимку, коли більша частина утворених азотовмісних речовин вже мінералізувалася.

Щодо органічного фосфору, то його концентрація найменша взимку, весною збільшується й до літа знову падає. Для співвідношення між мінеральними та органічними формами фосфору не відмічається такої закономірності, як для азотовмісних сполук, оскільки концентрація мінерального та органічного фосфору у воді залежить не лише від продукційно-деструкційних процесів, а й від фізико-хімічних умов на межі донні відклади-вода, які визначають напрямок та інтенсивність сорбційно-десорбційних процесів.

Мінімальний вміст розчинних білків спостерігається навесні, максимальний — у осінньо-зимовий період. Сезонна динаміка визначається протіканням двох протилежно направлених процесів: надходження білків при лізисі клітин гідробіонтів, кількість яких пропорційна біопродуктивності водосховища, та деструкції білків, яка відбувається завдяки мікроорганізмам. І

той і інший процес залежить від гідрохімічного режиму, пори року, тропності водоймища.

При масовому «цвітінні» водоростей та їх відмиранні концентрація білків може підвищуватись до 2 мг/л і вище; рано навесні, коли фотосинтез ще не дуже інтенсивний, концентрація не перевищує 0,2-0,1 мг/л. Максимальна концентрація амінокислот спостерігається у вегетаційний період.

Сумарний вміст білків, амінокислот пептидів у донних відкладах зазвичай у два рази перевищує їх вміст у воді.

Ще однією органічною компонентною у водосховищах є феноли, основним природним джерелом яких є продукти розкладу фітопланктону, вищої водної та наземної рослинності. Особливо велика кількість фенолів утворюється при біохімічному розкладі лігнінів, які входять до складу вищих водних та наземних рослин. Максимальний вміст фенолів спостерігається у місцях скупчення водоростей в період їх вегетації, особливо у плямах «цвітіння». Влітку порівняно з весною вміст фенолів у воді може збільшуватись у 8,5 рази.

Вплив затоплених ґрунтів

Створення водосховища та регулювання стоку затоплюють частину берега, що змінює гідрохімічний режим водосховища. У перші два-три роки після регулювання стоку за рахунок контакту з ґрунтом і розкладу затопленої рослинності у воді накопичуються органічні речовини з високим вмістом амінокислот, вуглеводнів і амінокислот. Розвиток біопроесів у затоплених ґрунтах при обмеженому доступі кисню призводить до утворення різко відновлювальних умов, які сприяють переходу значної кількості марганцю, азоту, заліза та фосфору в розчинний стан. Вимивання біологічно стійких гумусових речовин з ґрунту також призводить до погіршення якості води.

1.2.4 Перебудова біоти

Фітопланктон. Зарегулювання стоку, створення водосховищ та їх каскадів призводить до суттєвих змін біології річки й змінює якісний склад фітопланктону. У першу чергу це проявляється у істотному збільшенні кількості зелених та синьо-зелених водоростей.

Формування якісного складу фітопланктону відбувається в декілька етапів. У початковий період заповнення водосховища відбувається збільшення загальної кількості видів та внутрішньовидових таксонів водоростей по відношенню до незарегульованої ділянки річки. Найбільше видове розмаїття фітопланктону спостерігається у верхній та середній частинах новоствореного водосховища, де умови найбільш наближені до річкових.

Якщо водосховище входить до каскаду, то на формування видового складу фітопланктону впливає положення водосховища у каскаді. У середніх та нижніх водосховищах каскаду видовий склад істотно бідніє, і, навіть якщо водообмін значний, виникає «цвітіння» води.

Видовий склад водоростей суттєво відрізняється й по ділянкам водосховищ. Найбагатшим на види є фітопланктон верхніх і річкових плесів, у нижній та середній частинах зазвичай видів менше (хоча біомаси більше).

Сезонний розвиток фітопланктону має два максимуми - весняний та літній, з яких останній є значно більшим.

Створення водосховищ, використання їх водних та біологічних ресурсів зумовлюють інтенсифікацію «цвітіння» води. Найбільш поширеним і відомим є «цвітіння» синьо-зелених водоростей (хоча, звісно, «цвітуть» і діатомові й зелені).

Завдяки наявності газових вакуолей при штильовій погоді синьо-зелені водорості випливають на поверхню води, утворюючи плями «цвітіння» специфічного синювато-зеленого забарвлення. В затоках та у навітрених берегів

концентрація водоростей у плямах «цвітіння» досягає десятків кг на 1м куб. у розрахунку на сестон.

В плямах «цвітіння» розвиваються явища біологічного забруднення і самозабруднення. У цьому випадку виділяються продукти розпаду водоростей – аміак, феноли, ціаніди; вміст розчинених органічних речовин перевищує норму за вуглецем у 20-40 разів, за азотом – у 30-150, за фосфором – у 20-25 разів. Загальна кількість бактерій збільшується у 25-100 разів, а гетеротрофних - до 400 разів.

Домінуванню синьо-зелених водоростей в альгоценозах водосховищ та інтенсифікації їх розмноження сприяють багато факторів. Важливу роль відіграє зменшення протоковості й водообміну, уповільнення швидкості течії (синьо-зелені – стагнофіли), збільшення прозорості води при відстоюванні, що покращує світловий режим водної товщі, прогрівання водо на застійних мілководних ділянках.

Хімічними факторами є: накопичення біогенних елементів та органічних сполук при створенні водосховища та подальшому природньому та антропогенному його евтрофуванні; пониження рівня кисневого насичення води та зростання відновленості середовища у придонних шарах через заїлення.

До біологічних факторів належать: високий коефіцієнт розмноження водоростей (потомство однієї клітини за вегетаційний період складає 10 особин); стійкість їх до відсутності світла, коливань температури; висока ріст інгібуюча активність метаболітів синьо-зелених водоростей по відношенню до інших представників альгофлори; токсичність й низький коефіцієнт використання їх у харчових ланцюгах; відсутність серед гідробіонтів водосховищ активних споживачів цього виду, що регулювали б його чисельність.

Зоопланктон. Зоопланктон – це сукупність мікроскопічних тварин, споживачів бактерій і фітопланктону, що служать основним кормом для мальків усіх риб та дорослих особин планктоноїдних. Завдяки фільтраційному способу харчування більшості представників зоопланктону відбувається самоочищення водосховищ.

Зоопланктон континентальних водойм представлений трьома основними групами: коловертками, ветвистоусами та веслоногими ракоподібними.

Після зарегулювання стоку, коли швидкість течії зменшується, умови для існування планктонних ракоподібних у корені покращуються, й у перші 2-3 роки існування водосховища відмічається велика кількість видів зоопланктону за рахунок присутності форм із різних затоплених водойм суші: стариць, поймених озер, боліт.

Кількість видів у трьох основних групах пов'язана із проточністю водосховища. В річкових верхів'ях водосховищ фауна безхребетних після зарегулювання стоку змінюється мало: тут превалюють коловертки; видове різноманіття циклопів вище ніж у ветвистоусих. На приплотинних ділянках кількість видів коловерток скорочується, а ракоподібних, особливо ветвистоусих, зростає.

Перший максимум у сезонному розвитку зоопланктону припадає на весну. З весни до літа кількість організмів трохи зменшується, в той час як біомаса продовжує наростати, з'являються великі ракоподібні (наприклад, *Daphnia*).

В середині літа, в період максимального прогрівання води, спостерігається деяке зменшення кількості зоопланктону: в цей час зникають весняні коловертки. Починають домінувати крупні хижі планктонні рачки.

З посиленням осіннього вітрового перемішування, відмиранням синьо-зелених водоростей, збільшенням кількості бактерій та детриту у воді спостерігається другий період розмноження коловерток і босмін, хоча й не такий активний, як навесні.

Горизонтальний розподіл зоопланктону по поверхні водосховища залежить від прогрівання води: навесні зоопланктону більше на мілководді, яке швидше прогрівається; але воно також і швидше охолоджується, тому восени основна маса зоопланктону скупчується на глибоководних ділянках.

У верхів'ях водосховищ більше дрібної фракції - коловерток, молодих циклопів. Вниз за течією коловерток стає менше, зростає чисельність і

різноманіття ветвистовусих. У приплотинних ділянках зростає частка великих ракоподібних.

У нижніх б'єфах гідровузлів внаслідок проточності, турбулентності, великих коливань рівня води, проходження її крізь турбіни планктон значною мірою переробляється і мігруючі у верхніх б'єфах великі ракоподібні майже повністю гинуть, тому зоопланктон нижнього б'єфу представлений головним чином панцирними коловертками й дрібними веслоногими.

Негативно впливає на зоопланктон і «цвітіння» води, коли основна маса фітопланктону представлена великими, негідними для безпосереднього поїдання зоопланктоном клітинами й колоніями. Це призводить до змін у трофічній системі, й утилізація первинної продукції починає відбуватися за рахунок детритного харчового ланцюга - підвищується кількість рачка, що живиться детритом фітогенного походження (наприклад, *Chydorus sphaericus*).

Зообентос. Основним фактором, що впливає на формування бентосу в річці, є течія. Донне населення починає формуватись лише після того, як швидкість течії біля дна зменшується до 0,4-0,2 м/с. За такого зменшення дно річки складається з ґрунтів різного складу: чисті перемиті піски основного русла, заілені в різному ступені піски та просто ілі прибережжя, затонів основного русла та рукавів річки. На цих біотопах складаються умови для існування багатой та різноманітної фауни бентосу. Найбільша кількість видів спостерігається в основному руслі, менша - у рукавах і старицях.

Джерелами формування донної фауни у водосховищах є: річка, на якій споруджується дамба; водойми зони затоплення; біостік річок, що впадають у водосховище; літаючі комахи (в основному личинки хірономід) та покоючися стадії безхребетних, що розносяться вітром, течією чи водоплаваючими птахами. В умовах каскадності бентос «верхніх» водосховищ поповнює фауну розташованих нижче за течією.

Усього у водосховищах знайдено приблизно 600 видів донних безхребетних, але основу фауни все ж складають три групи: малоцетинкові черви (олігохети), молюски та представники ряду двокрилих комах – личинки

хірономід. Найбільшим числом видів представлені хірономіди (від 40 до 240), потім молюски (до 75) та олігохети (до 70 видів).

Найбільше різноманіття спостерігається у прибрежній частині, у зоні заростей. По продольній вісі чітких закономірностей видового різноманіття не спостерігається, але у верхніх ділянках, у зоні виклинювання підпору, де зберігаються стокові течії й умови існування фауни більш динамічні, воно зазвичай вище ніж у приплотинних ділянках.

Псамофільний біоценоз – біоценоз чистих пісків, що займав у річці приблизно 80% площі дна, у водосховищі швидко руйнується через різке зменшення швидкості течії та заїлення дна. Цей біоценоз зберігається лише у річкових ділянках і то із збідненням видового складу через втрату багатьох реофільних ракоподібних.

Літофільні - біоценози, що приурочені до оголень кам'янистого ґрунту в річках, склалися з багатого комплексу реофільних видів. Сюди входили молюски родів *Viviparus* та *Dreissena*, ручейники, пиявки, ракоподібні. У водосховищах ці біоценози локалізуються лише на включеннях субстратів.

Пелофільні біоценози поділяються на пелореофільні - біоценози заїлених ділянок русел річок та власне пелофільні, що формуються на староріччях, затоках, поймених водоймах. Після зарегулювання стоку пелореофільні скорочуються за площею і розвиваються в основному власне пелофільні біоценози.

В процесі формування зообентосу можна виділити кілька стадій:

1) руйнування річкових ценозів й змішування фауни, що існувала у затоплених водоймах (1-2 роки, в залежності від періоду наповнення водосховища);

2) формування тимчасового «мотилевого» ценозу;

3) відмирання тимчасових форм і формування донних угруповань у відповідності до нових умов існування.

В умовах ілонакопичення різко падає чисельність реофілів, особливо у приплотинній частині, де відбувається інтенсивна седиментація взвісей.

Загальною закономірністю у процесі формування зообентосу є різке зростання його продуктивності на другій стадії розвитку і зменшення протягом кількох років в період третьої стадії.

В цілому для більшості водосховищ характерна тенденція поступового зростання біомаси бентосу в міру старіння водоймища.

На кількість та видовий склад зообентосу впливає також якість затоплених ґрунтів: наприклад, на затоплених торф'яних болотах зообентос довгий час взагалі відсутній, а потім біомаса його мінімальна, видовий склад бідний.

В умовах послаблення такого фактору, як рівневий режим, сукцесійні зміни відбуваються швидше, що зумовлює формування низькопродуктивних зрілих ценозів. Навпаки, в умовах постійної дії рівневого режиму, що «омоложує» екосистему, постійно відкидаючи її на більш ранні етапи становлення, формуються високопродуктивні угруповання гетеротопних комах.

Істотно впливає на формування зообентосу щільність вищих водних рослин. Зі збільшенням проективного покриття макрофітів з 5-10 до 30-50% чисельність бентичних тварин зростає, а при подальшому збільшенні проективного покриття – зменшується, причому відмічається збільшення питомої частки безхребетних фітофільних угруповання.

Впливає на рівень розвитку зообентосу та його видовий склад і фактор сезонності, що спричиняє зміни в складі зообентосу фітофільної фауни за рахунок сезонної міграції та періодичного вильоту з води імаго комах.

Наприклад, вид моллюска *Viviparus viviparus* рано навесні живе у бентосі, поступово мігруючи із глибоководних ділянок на мілководдя, що добре прогрівається. У травні-червні спостерігається масове переміщення *Viviparus viviparus* на поверхню макрофітів – як відмираючих, так і починаючих вегетувати. Протягом літа живородка розмножується, але молоді моллюски у бентосі зустрічаються рідко, розташовуючись на поверхні вищих водних рослин – рогоза, манника і т. д. У серпні-вересні вони мігрують на дно і їх жовтнева кількість може переважати весняну за рахунок молоді.

Іхтіофауна. Після зарегулювання стоку у видовому та кількісному складі іхтіофауни відбуваються помітні зміни. У зв'язку із різким зменшенням водообміну та швидкостей течії, збільшенням глибини та ширини акваторій кількість реофільних видів риб скорочується, в той час як кількість лімнофільних видів, навпаки, зростає.

Дамби водосховищ створюють перешкоду для прохідних риб; окрім цього ті риби, що проникають крізь рибопропускні споруди, зазвичай не знаходять у водосховщах сприятливих умов для розмноження через слабку проточність та заїлення нерестовищ. Тому, якщо деякі види прохідних риб і продовжуються існувати, їх чисельність швидко зменшується, і вони концентруються в основному у верхів'ях, де зустрічаються піщано-галечні ґрунти й спостерігається підвищена проточність.

Процес формування іхтіофауни у водосховищах супроводжується випадінням окремих її видів і значною внутрішньопопуляційною диференціацією. Після створення водосховищ, особливо у перші роки їх існування, видовий склад фауни збіднюється. З віком водосховища кількість видів риб у них може збільшуватись як за рахунок спрямованого так і стихійного вселення.

Популяції риб у водосховищах формуються в основному за рахунок розмноження місцевих видів, що жили у річці або розташованих поблизу водоймах та водотоках.

Найбільше чисельність спостерігається у поколінь риб, що народились у перші роки заповнення водосховища, коли створюються найбільш сприятливі умови для їх нересту, розвитку, виживання ікри та молоді. Це – поступове підвищення рівня води, затоплення великих ділянок пойми, вкритих луговою рослинністю, що є найкращим субстратом для відкладання та розвитку ікри. На залитих ділянках зберігається проточність і розвивається зоопланктон і зообентос, що також сприяє розвитку риб, а у водосховищі ще небагато поїдаючих ікру і молодь хижаків.

В подальшому умови розмноження риб, особливо фітофільних видів, погіршуються через скорочення нерестової площі та місць нагула для молоді. На нерестовищах зникає лугова рослинність, і на захищених починають надмірно розвиватись повітряно-водні рослини.

Як правило, кількість молоді риб у багатоводні та середні за водністю роки вища, ніж у маловодні, а от темпи росту й плодючість – вищі у маловодні.

У перші роки формування іхтіофауни водосховищ у популяціях переважає кількість молодих особин, але згодом співвідношення вікових груп вирівнюється.

З віком водосховищ спостерігається тенденція до збільшення чисельності невеликої групи видів при сталому видовому складі. Особливо інтенсивно розмножується окунь, оскільки умови для нього досить сприятливі. Однак збільшення чисельності окуня призводить до скорочення чисельності цінних промислових риб, оскільки окунь виїдає їх ікру, а природній регулятор чисельності цього виду – щука – у водосховищі не має нормальних умов для існування.

1.2.5 Вплив водосховищ на оточуюче середовище

Виникнення мілководдя. Із побудуванням водосховищ значно збільшується зона мілководдя, що може займати від 5 до 39% площі водосховищ. Від 5 до 32% мілководдя займають зарості вищої водної і наземної рослинності. Ці зони характеризуються уповільненими течіями, зниженням турбулентного перемішування, більшим прогріванням. Все це інтенсифікує гідробіологічні процеси, й біологічна продуктивність на мілководді значно вища, ніж у пелагіалі, і це спричиняє інтенсивне відкладення на дні органічної маси відмерлих рослин, заїлення, зменшення глибини й перехід цих ділянок у болото; а розклад органічних речовин призводить до «заморності» цих ділянок.

Руйнування берегів. Береги водосховища починають формуватися з моменту його заповнення під безпосередньою, переважно гідродинамічною, дією водоймища та трансформованих геоморфологічних процесів.

Берегами водосховищ стають поверхні або уступи поймених чи надпоймених терас, кореневі схили долин.

При створенні водосховищ порушується динамічна рівновага й починається переформування берегів - розмив, оповзання або акумуляція відкладів.

Вітряні хвилювання є основним фактором гідродинаміки. Два фактори впливають на інтенсивність переформування берегів: випуклі схили розмиваються швидше, а швидкість розмиву збільшується зі збільшенням крутизни. Зазвичай пологі береги з уклоном не більше 2-4 градусів не розмиваються. Через швидке утворення мілин швидкість розмиву також зменшується з висотою берега.

Важливий фактор – переміщення наносів вздовж берега. Швидкість і розміри переробки берегів різко зростають на тих ділянках, де продукти розмиву уносяться вздовжбереговою течією. Хвилювання й течії при поступовому зниженні рівня води, почергово розмивають низькі ділянки берега, які за умов більш високого рівня були береговими мілин; через це формування мілин затримується. Таким чином, чим більша амплітуда коливань рівня в період інтенсивної хвильової діяльності, тим сильніше йде розмив берегів.

Масштаби й інтенсивність формування берегів визначаються також характером утворюючих їх порід. Водосховища, що розташовані в районах поширення лісових порід, відрізняються найбільшою інтенсивністю абразії берегів.

На процеси переформування берегів впливає також ступінь їх заростання (деревами, чагарниками, травою), агресивність води (її хімічний склад, температура) по відношенню до розчинних порід, наявність зволжених ґрунтовими водами площин скользіння ґрунтів, що сприяють утворенню оповзнів.

В цілому в міру збільшення віку водосховищ переформування берегів зменшується, утворюється стійкий профіль берега. Однак зміна водогосподарських функцій і режиму водосховища може знову викликати переформування берегів.

Підтоплення земель. При створенні водосховищ змінюється режим, а іноді й загальний напрямок руху підземних вод, виникають нові водоносні горизонти, які до підпору були сухими.

Річка до створення водосховища являє собою своєрідний водоприймач ґрунтових потоків. Із заповненням водосховища ґрунтові, тріщинно-карстові, тріщинно-ґрунтові води підпираються, їх рівень піднімається до таких відміток, за яких вони знов стікають у водосховище. До цього моменту вони безперервно накопичуються й поповнюються за рахунок фільтрації із водосховища. При цьому уклон потоку ґрунтових вод та швидкість їх руху, як правило, зменшуються, що також сприяє підвищенню їх рівня.

При наповненні водосховища вода просочується в ґрунт берега й ложа, якщо цьому не заважає характер підстилаючих порід. Виникаючі втрати води можуть бути тимчасовими (до повного насичення порід) або ж постійними.

Процес фільтрації йде найбільш інтенсивно у перші роки після заповнення водосховищ. Величина підпору рівня підземних вод і розвиток підпору визначаються рівневим режимом, характером заповнення штучного водоймища та геологічними й гідрологічними умовами берегової зони.

У перші роки після заповнення водосховища вода може постійно фільтруватися протягом досить тривалого періоду часу. Це призводить до значного підйому рівнів у прилягаючих водоносних пластах і зводження раніше сухих пухких відкладів. У міру підвищення рівнів водоносних горизонтів фільтрація зменшується і стає сезонною. Після того, як рівень підземних вод з'являється, швидкість руху води зменшується внаслідок зменшення уклонів, що призводить до того, що фільтрація може зовсім припинитися або проявлятися досить обмежено. Таким чином, значення водотоку в цілому зменшується. Іноді

грунтовий потік рухається в бік іншого водотоку з рівнем води нижче, ніж у водосховищі.

Найбільший розвиток підпору виникає у водоносних горизонтах, що поширюються від водосховища на великі відстані. Якщо водоносний горизонт обмежується водоупором, то подошва є границею поширення підпору, й у цьому випадку величина підпору може сягати того ж значення, що й поблизу урезу води водосховища.

Щодо різних ділянок водосховища, то у приплотинних спостерігається найбільша величина підпору підземних вод. До верхів'я підйом рівня зменшується, відповідно звужується зона поширення підпору.

Підйом ґрунтових вод до поверхні землі викликає підтоплення ґрунтів, а при виході на поверхню їх заболочування, а іноді й засолення.

Підтоплення починається із моменту заповнення водосховища при підйомі ґрунтових вод до 1-1,5 м й вище від поверхні. Коли ґрунтові води досягають шару, в якому знаходяться корені рослин, у ньому створюється додаткове зволоження, що погіршує аерацію. В результаті часто територія заболочується.

Підтопленню піддаються низькі й пологі схили надпоймених терас, пойми й пласкі побережжя з середньою висотою менше 1,0 м, притерасні пониження.

Можна виділити декілька зон впливу водосховища: зона постійного, періодичного (тимчасового) й епізодичного затоплення; зона заболочування; сильного, помірного й слабого підтоплення. Розміри окремих зон впливу коливаються від кількох метрів до декількох кілометрів.

У зоні періодичного затоплення формуються болотні й торф'яно-глеєві ґрунти із високим ступенем заторфованості й великим вмістом закисних форм заліза.

У зоні підтоплення ґрунтові води підходять близько до поверхні, тут ступінь зволоження ґрунтів визначається не лише глибиною залягання ґрунтових вод, але й величиною їх капілярного підйому, яка в залежності від механічного складу ґрунтів може коливатись від 0,5-1,0 до 6,0 м.

У зоні помірного підтоплення (рівень ґрунтових вод на глибині від 1 до 2 м) домінує процес т. з. олуговіння підзолистих ґрунтів, коли у них підвищується вміст гумусу, азоту, кальцію та сполук заліза, у верхньому горизонті ґрунтів появляються охристі плями й прожилки, і під дією ґрунтових вод, які мають нейтральну реакцію, зменшується кислотність у нижньому шарі.

В зоні слабого підтоплення (рівень ґрунтових вод на глибині 2-4 м) збільшується рухливість гумусових речовин, відбувається оглеювання ґрунту (утворюються фосфати закисного заліза), на її поверхні з'являються плями й прошарки зеленуватого кольору.

Постійне затоплення призводить до повної загибелі існуючої раніше наземної рослинності, за винятком окремих видів у зонах мілководного затоплення.

В зоні мілководного постійного затоплення й на частині території зони тимчасового затоплення формується полоса гідрофільних та гігрофільних асоціацій.

В зонах підтоплення дерево-чагарникова рослинність й трав'яниста порізногому реагують на зміну зволоженості. Древа й чагарники, як правило, більш чутливі до підйому ґрунтових вод й при сильному підтопленні у більшості гинуть. З травостою випадають певні види, й починають домінувати гігрофіти.

Зарегулювання річкового стоку та створення водосховищ призводить до ряду змін не лише в екосистемі самої річки, а й в екосистемах прилеглих територій. На жаль, не всі ці зміни є позитивними.

В посушливих та сухих регіонах водосховища створюють позитивний екологічний вплив на оточуюче середовище, оскільки поява прісних водойм робить придатними для опанування рослинністю й тваринами досить великі прилеглі території.

Однак у самих водосховищах лише у перші роки спостерігаються сприятливі умови. Зменшення течії, збільшення прозорості, вмісту органічних речовин – все це створює умови для розвитку планктону, бентосу іхтіофауни. За

рахунок посилення седиментації, відстою, деструкції збільшуються самоочисні властивості водосховищ, покращується якість води.

Але з іншого боку уповільнення водообміну, інтенсивний розвиток органічного життя призводять до зацвітання води, її евтрофування, заїлення дна водосховищ. Це в свою чергу спричиняє збільшення вмісту органічних речовин у водах, розклад яких веде до кисневого дефіциту, агресивності середовища, виділення у воду метану та інших токсикантів.

Мілководні зони, де існують умови для розвитку вищої водної та наземної рослинності, заростають й перетворюються на болота.

Береги колишніх річок руйнуються внаслідок вітро-хвильової абразії, затоплюються, підтоплюються й заболочуються. Все це призводить до руйнування існуючих тут раніше біоценозів, до заміни їх ценозами боліт. Древа й чагарники в зонах затоплення й підтоплення майже зникають, починають домінувати гігрофільні трав'янисті рослини.

Таким чином, створення водосховищ спричиняє рід сукцесійних змін, більшість яких є негативними. Тому доцільними є заходи щодо їх мінімізації. Сюди належать кам'яні відсипки, обвалування берегів для захисту їх від абразії; створення дренажних систем для зменшення підтоплення земель; очистка дна водосховищ та їх додаткова аерація.

Вплив зрошення та осушення на природні екосистеми та водні ресурси.

Зрошення – найбільш радикальний і ефективний шлях зміни екологічних умов існування природних екосистем і створення штучних високопродуктивних агробіоценозів.

Сучасні зрошувальні системи складаються з багатьох споруд, включаючи греблі, водозабір, систему зрошення та дренажу, дороги та лісосмуги. Для їх створення планується територія, а під час експлуатації використовуються більші кількості мінеральних добрив. Таким чином, не тільки додаються нові компоненти до природних екосистем, але й відбувається їх часткове, а іноді й повне руйнування. Це проявляється в змінах едафічних умов, зокрема в змінах солового режиму; зміни фізичних, фізико-хімічних, біологічних і інших

властивостей ґрунту; зміни рівня і мінералізації ґрунтових вод; зміни температури, води та поживності ґрунту; і клімату приземного шару повітря. Аборигенні види флори та фауни або адаптуються до нових штучно створених середовищ, або вибирають нові (цілинні чи богарні) території для проживання, або зовсім зникають.

Разом з тим, на зрошуваних землях з'являється мезофільна (вологолюбива) рослинність і різко збільшується кількість бур'янів. На зрошуваних землях підвищується рівень ґрунтових вод (іноді зі швидкістю 3...4 м/рік), що викликає заболочення і вторинне засолення.

Порушення рівноваги в системі «ґрунт-вода-солі» призводить до перерозподілу водорозчинних солей, змін мінералізації та хімічного складу порових розчинів і ґрунтових вод через процеси дифузії, розчинення та іонообмінної сорбції. Крім того, розорювання цілинних земель призводить до значного розкладання органічної речовини та змін видового складу рослин і біологічної активності ґрунту. Зрошувальні системи також впливають на екосистеми навколо них. При скиді дренажних вод із зрошувальних територій в річку екологічні умови змінюються, зокрема мінералізація води.

Вплив осушення на водний режим і стік річок.

Осушення боліт і інших перезволожених земель істотно змінює природні умови не тільки осушеного масиву, але і прилеглих територій. Проте в літературі дані про це часто суперечливі. Це зв'язано, в першу чергу, з великою різноманітністю екологічних умов осушених масивів і часто – з недостатнім рядом спостережень.

Загальні тенденції змін природних екологічних умов після проведення осушувальних меліорацій проявляються:

- в підвищенні ступеня дренажу водозбірного басейну;
- в збільшенні швидкості стоку снігових і дощових вод до річки, що сприяє збільшенню витрат води в річці;
- в зниженні рівня ґрунтових вод в межах осушувального масиву, а також на прилеглих територіях;

- в зміні умов випаровування;
- в зміні величини стоку, особливо якщо осушена територія займає значну частину водозбору. Стік основних річок України після осушення практично не змінився. Якщо і спостерігається незначна зміна річного стоку, то в напрямку збільшення приблизно на 1 ... 2%, іноді на 3%, що лежить в межах допустимої помилки ($\pm 15\%$);
- в деякому перерозподілі річкового стоку протягом року. Так, тривалість повені зменшується, а стік літньої межени збільшується в 1,3 – 1,8 рази;
- в швидкому спрацюванні торфу і виносі мінеральних і органічних речовин дренажним стоком в води водоприймача; при цьому погіршується його гідрохімічний і гідробіологічний режими;
- в зміні екологічних умов існування природних біогеоценозів, що веде до зникання існуючої раніше флори і фауни і появі нових рослинно-тваринних угруповань, зокрема бур'янів і гризунів, які наносять відчутну шкоду сільськогосподарським культурам.

Негативні сторони будівництва гідровузлів проявляються в наступному:

- різко змінюється природний гідрологічний режим водотоків;
- на прилеглих територіях спостерігається підвищення рівня ґрунтових вод, що приводить до заболочення прилеглих територій;
- зарегулювання греблями шляхів нерестових міграцій, руйнування нерестилищ у верхньому б'єфі;
- скорочення об'єму повеневих попусків для затоплення на період нересту і викльову личинок, що веде до зниження продуктивності рибного господарства;
- скорочення тривалості паводкового затоплення заплав може привести до осуходолування заплавних земель у нижньому б'єфі і зниження продуктивності лугів і пасовищ;
- при роботі ГЕС у піковому режимі, в зимовий період, вода, що пропускається через турбіни, може затоплювати у нижньому б'єфі луки чи інші

угіддя, що призводитиме до їх вимороження.

1.3 Наслідки підриву дамби Каховської ГЕС

Вже більше року тривають бойові дії в Україні, які завдають непоправної шкоди навколишньому середовищу. Навколишнє середовище зазнало величезної шкоди; це включає порушення ланцюгів живлення, процеси міграції та шкоду, завдану ракетним чи артилерійським ударам. Ситуація на півдні України, у Причорноморському регіоні, була іншою. Враховуючи, що ця місцевість була окупована з перших днів війни, її антропогенне навантаження збільшилося через постійні бойові зіткнення. Вже очевидно, наскільки занедбаною є екосистема, яка там існувала протягом багатьох століть. Враховуючи, що окупація регіону завдала збитків, повний аналіз екологічної ситуації можливий лише після його звільнення.

Наразі найбільшою екологічною катастрофою є руйнування дамби Каховської гідроелектростанції, що призвело до руйнування Каховського водосховища та затоплення міст і селищ, розташованих поруч. Це лихо для навколишнього середовища має значний вплив як на природне середовище, так і на здоров'я людей. Загибель тварин і рослин після затоплення є найбільшою проблемою. Повне руйнування прилеглих екосистем є найбільшою проблемою. Зокрема, місця міграції тварин були знищені, а острови Дніпровського лиману затоплені, що зруйнувало місця гніздування птахів. У результаті одночасного скиду великої кількості води стався великий мор риби. Це погіршив стан водного середовища в цій місцевості [42].

Загибель дорослих і молодих риб вже фіксується, і через закінчення нерестового періоду змілілі місця можуть призвести до втрати майбутніх мальків. Осушення чаші водосховища також оголить мулисте дно водойми, яке вітром руйнується. У зв'язку з тим, що радіоактивні опади від чорнобильської

аварії переносяться та відкладаються у водосховищах Дніпра, цей факт потребує особливої уваги. Зміниться гідрологічний режим прибережної зони, і рідкісні види флори зникнуть. Усі живі організми, що мешкають під товстим шаром мулу, загинуть. Після спуску води чаша водосховища заросте рудеральною рослинністю, переважно бур'янами, такими як золотушник канадський, амброзія та інші агресивні види.

Зміна клімату в регіоні є ще однією значною проблемою. Згідно з моделлю наслідків, після спаду води на деяких ділянках буде відкрито піщане дно, що призведе до підвищення температури, зменшення опадів і навіть пилових бурь. Це призведе до тривалого опустелювання регіону та посухи в сусідніх районах. Крім того, припиниться процес меліорації, оскільки раніше багато сільськогосподарських угідь у Дніпропетровській, Запорізькій та Херсонській областях живилися каналами Каховського водосховища. Якщо можна перенаправити деякі з них на живлення від інших водних об'єктів, більша частина полів залишиться без стабільної зрошувальної системи, і багато орних земель стануть непридатними [43]. Це негативно вплине на агропромисловий потенціал України.

Наслідки війни для довкілля :

- зруйнована техніка перетворилась на 703 453 тонни відходів та призвела до 70 243 тонн викидів в атмосферу;
- маса забруднюючих речовин, які потрапили у водні об'єкти понад 1 600 000 тонн;
- 587 691 квадратних метрів забруднено ґрунтів.

Наслідки підриву Каховської ГЕС:

- 146,4 млрд грн орієнтовна сума збитків завданих довкіллю;
- 80 населених пунктів постраждали внаслідок повені;
- 5 затоплених населених пунктів;
- 63 447 га затоплено лісів та частково знищено.

Внаслідок підриву ГЕС насамперед було знищено молодь риби. Загалом постраждали популяції понад 70 видів риби, серед яких 18 є червонокнижними,

зокрема осетрові риби, що здійснювали нерестову міграцію та сконцентрувалися біля греблі. Суттєво підірвано популяцію морського судака-буговця (*Sander marinus*).

Розрахункова загальна іхтіомаса водосховища становила 12 тис. тонн товарної риби. Біомаса донних безхребетних на різних глибинах та типах донних ґрунтів Каховського водосховища варіювала й місцями сягала десятків кілограмів на квадратний метр дна – це так звані поля дрейсени, які розташовувались переважно на глибинах від 2 до 6 м, а після спустошення водосховища опинились на поверхні.

Загальні запаси фітомаси вищих водних рослин у Каховському водосховищі, які внаслідок його осушення та фрагментації можуть спричинити вторинне забруднення води Дніпра та водоносних горизонтів, становлять 30-50 тис. тонн, а загальна маса безхребетних тварин близько – 200-500 тис. тонн.

За даними супутникових знімків відбулася фрагментація Каховського водосховища на 5-8 великих водойм, об'єднаних течією старого русла Дніпра, 15-20 середніх та великих водойм, що втратили прямий зв'язок із Дніпром, й декілька сотень середніх і малих відокремлених водойм. У більшості малих водойм, імовірно, сталася загибель основних складових гідробіоценозу. У водоймах, які мають прямий зв'язок з основним руслом Дніпра, масової задухи гідробіонтів поки що немає. Подальша доля середніх та великих водойм вирішуватиметься взимку після настання льодоставу.

Такий екологічний тероризм несе довготривалі наслідки й для населення. Наприклад, однією із поставлених проблем буде вирішення якості питної води. Якщо водозабір великих агломерацій Причорноморського регіону був саме із даного водосховища, то через його руйнування, а також затоплення великої площі прилеглих міст та селищ, водне середовище починає забруднюватися біогенними елементами, паливно-мастильними матеріалами, важкими металами тощо. Наприклад, від руйнування греблі, у воду потрапило близько 450 т машинного масла та існує загроза викиду ще близько 600 т [44]. Також, існує загроза забруднення водного середовища від затоплених вигрібних ям, кладовищ

та сміттєзвалищ. Не слід забувати й про відходи від ведення бойових дій. Так, вже зараз на берег виносить багато протитанкових мін, оскільки було затоплено берегові мінні поля, деякі міни під тиском води навіть вибухають, та забруднюють водне середовище своїми вибуховими залишками. Внаслідок цього у поверхневій воді можуть потрапити сполуки, які мають токсичну дію для біологічних організмів: нітроцеллюлоза, нітрогліцерин, нітрогуанідин, дібутилфталат, динітротолуол, каніфоль, етилацетат, стронцій азотнокислий, порошок магнієвий, порошок алюмінієво-магнієвий, магній вуглекислий, полівінілхлорид, стронцій вуглекислий, смола, свинцевий сурик, феросиліцій, залізо, бор технічний, графіт, гримуча ртуть $Hg(ONC)_2$, антимоній Sb_2S_3 (сурма трьохсірчаниста), бертолетова сіль $KClO_3$ (калій хлорат) [42].

Окрім екологічної складової, буде значно знижений й економічний потенціал регіону. Вже зараз відбувається відселення прилеглих до катастрофи міст, багато людей виїдуть самі. Критичним буде показник трудової міграції. Херсонська область традиційно мала велику частку економіки в галузі вирощування сільськогосподарської, плодовоовочевої та баштанних культур. Завдяки втраті водного ресурсу та затоплення площі орних земель та появи заболочених місцевостей, майбутні врожаї будуть значно менші [43].

Наслідки осушення дна Каховського водосховища та витоку води з нього

а) Вплив на рибну фауну. На момент теракту лише в Каховському водосховищі налічувалося не менше 43 видів риби, з яких 20 видів мають промислове значення (річні улови становили до 2,6 тис. т). На відновлення таких запасів знадобиться мінімум 7–10 років. Усі місця нересту й основний обсяг води, що є середовищем існування риби, знищено. Нерест більшості видів припадає на кінець весни – початок літа, саме в цей час діє нерестова заборона – особливий режим «тиші» на водних об'єктах, коли не проводять промисел, коли передбачено обмеження руху моторних суден тощо. Унаслідок швидкого випорожнення водосховища на осушених ділянках мілководь опиниться майже вся рибна молодь, яка приречена на загибель, що підірве результати нересту в

довгостроковому періоді. Переважна більшість усіх риб, що населяли водосховище, буде віднесена в море і загине в солоній воді.

b) Вплив на птахів. Через майже повне зникнення Каховського водосховища на цій території зникне низка видів птахів, які гніздяться в цих місцях (зокрема, мартини, крячки тощо). Оцінити вплив осушення водосховища на популяцію до кінця наразі неможливо. Наприклад, важливим є гніздування птахів на так званих кучугурах у центрі водосховища, які до цього часу були на ізольованих островах, та тепер можуть отримати прямий сухопутний доступ хижаків і людей.

c) Вплив на придонну фауну (бентос). Велика кількість живих організмів, що населяють водойми, живуть у придонному мулі в прибережній зоні – ріпалі – частині річища, де наявна рослинність і сонячне світло. У лічені години саме ця зона оголилась, і це неминуче означає загибель більшості всіх придонних організмів колишнього водосховища. Разом з інформацією про загибель рибного населення, можна стверджувати, що переважна більшість усіх живих організмів, що населяли Каховське водосховище, вже загинула або загине у найближчі дні.

d) Вплив на рослинний світ. Унаслідок різкого зниження рівня води у водосховищі зникнуть водні та прибережно-водні рослини Каховського водосховища. Натомість їхнє місце займуть інвазійні чужорідні рослини – злинка канадська (*Erigeron canadensis*), амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia*), золотарник пізній (*Solidago gigantea*) тощо. Загалом, зона оголення дна водосховища стане найбільшим у регіоні осередком розмноження небезпечних інвазійних видів.

e) Вплив на рідкісні типи біотопів. Усі живі організми співіснують у природі і формують біотопи (природні оселища), своєрідні «різновиди природи», що також бувають рідкісними й охороняються на загальноєвропейському рівні, адже вони важливі для природного очищення і балансу води в екосистемі. Загалом на території, що потрапила під вплив екологічної катастрофи, таких рідкісних типів оселищ, які охороняються Бернською конвенцією, виявлено 38.

Саме для їхньої охорони в Україні були створені території Смарагдової мережі. Найбільше від осушення постраждають водні біотопи та біотопи, характерні для перезволожених територій.

Наслідки для Чорного моря:

а) Опріснення моря. Вихід такої великої кількості річкової води тимчасово може опріснити окремі ділянки Чорного моря. Утім, зважаючи, що йдеться про акваторію Дніпро-Бузького лиману, що протягом тисячоліть наповнювалась водами Дніпра і Південного Бугу, цей вплив навряд буде мати катастрофічні наслідки.

б) Забруднення моря. Руйнування греблі Каховської ГЕС призвело до потрапляння у воду великої кількості паливно-мастильних матеріалів, які є токсичними для гідробіонтів і можуть утворювати плівку на поверхні води. Крім того, затоплення населених пунктів, включно з розміщеними в них вигрібними ямами, сільськогосподарськими землями, автозаправками та іншими джерелами забруднень, означає потрапляння в море нетипово великого обсягу забрудників, що може вплинути на різні групи живих організмів – від планктону до китоподібних. Слід згадати і про наявність у придонних відкладах водосховища важких металів та інших забрудників, що накопичувались десятиліттями з викидів промислових підприємств міст Запоріжжя, Дніпро, Кам'янське тощо.

Екологічний тероризм становить значну загрозу для нашого населення. На прикладі руйнування Каховської ГЕС вже зараз можна підрахувати, що збитки як економічні, так і екологічні катастрофічно великі. За підрахунками будівництво нової греблі буде коштувати приблизно 5 млрд доларів та триватиме 5-10 років. Шкода здоров'я населенню можна підрахувати лише приблизно. Тому, наразі необхідно комплексно підходити до даної проблеми,

1.3.1 Подолання наслідків підриву дамби Каховської ГЕС

Фахівці Інституту гідробіології НАН України запропонували ряд можливих заходів зі зменшення негативних явищ від підриву греблі Каховської ГЕС. Це, зокрема, запровадження попусків води з верхніх водосховищ каскаду в «пульсовому режимі»; за можливості максимальне наповнення Дніпровського водосховища та пуск води через водозливи задля аерації водних мас; заходи з об'єднання найбільших фрагментованих водойм із руслом Дніпра; підняття рівня води в руслі й виходу її на заплаву за рахунок часткового або повного перегородження русла у вузьких місцях шляхом гідронамиву або відсипання ґрунту чи каміння тощо; кардинальним рішенням є якнайшвидше спорудження перемички в районі зруйнованої греблі Каховської ГЕС та підняття рівня води, що дасть змогу відновити зв'язок відокремлених фрагментів з руслом Дніпра й врятувати гідрофауну, яка приречена на загибель у замкнених водоймах. Розуміючи безумовну необхідність відновлення водосховища як джерела води для різних галузей промисловості, енергетики, сільського господарства, водозабезпечення населення і забезпечення сталого екологічного стоку, науковці Інституту гідробіології НАН України під час вирішення питання щодо подальшої долі Каховського гідровузла пропонують:

- обрахувати та розглянути можливі варіанти з одамбуванням північно-східної мілководної частини Каховського водосховища (територія Великого Лугу) й створення там квазіприродних лучних екосистем;
- розрахувати оптимальний об'єм водосховища та розглянути можливість створення ефективного рибоходу для осетрових та інших прохідних видів риби (інститут має досвід розроблення технічних умов для проектування рибопропускних споруд, що реалізовано в Європі, так і в країнах Азії);
- під час заповнення ложа водосховища передбачити створення штучних нерестовищ для осетрових, а також інших видів риби, влаштування біопозитивних споруд.

2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) – це метод одержання інформації про різні об’єкти і динамічні процеси та явища на поверхні Землі, в її надрах та атмосфері за допомогою реєстрації відбитого чи власного електромагнітного випромінювання на відстані, без безпосереднього контакту. Реєстрацію здійснюють за допомогою технічних засобів, установлених на повітряних або космічних носіях. Методи ДЗЗ із космосу характеризуються високою оглядовістю, регулярністю знімань досліджуваних об’єктів, можливістю одночасно отримувати інформацію про великі території; переходити від дискретного набору значень певних показників в окремих пунктах до безперервної картини просторового розподілу цих показників на всій території; одержувати оперативну й об’єктивну інформацію про важкодоступні райони.

Бувають такі методи дистанційного знімання:

Фотознімання – фотографування поверхні у всьому видимому діапазоні спектра чи у певній його частині, а також в інфрачервоному діапазоні. Його широко застосовуються у повітряному та космічному зніманні з метою одержання даних для створення й оновлення карт.

Сканерне знімання – знімання поверхні за допомогою оптичних або багатоспектральних пристроїв – сканерів. Відмінність таких пристроїв від звичайних фотокамер полягає в тому, що сканер рухаючись уздовж чи вздовж і впоперек маршруту знімання поступово фіксує відбиття проміння від поверхні й спрямовує його в об’єктив. При зніманні поверхні за допомогою сканера формується зображення з окремих елементів (пікселів), кожному з яких відповідає яскравість, випромінювання ділянки поверхні.

Радарне знімання – активний метод знімання, що ґрунтується на випромінюванні у напрямку знятої поверхні сигналу та прийманні його відбиття. Як правило, радарне знімання здійснюється в радіодіапазоні за допомогою локаторів бокового огляду (ЛБО). Перевагою цього методу є можливість

виконання знімачь у темний час доби та незначний вплив погодних умов туману, хмарності. Радарне знімання використовують для визначення форми поверхні (рельєфу) і вивчення її геологічної структури.

Теплове знімання – знімання в інфрачервоному діапазоні, яке базується на фіксації теплового випромінювання поверхні та об'єктів, зумовленого сонячним випромінюванням або ендегенними процесами, та виявленні аномалій. Воно дає змогу виявляти елементи гідрографії, вивчати геологічну структуру поверхні, льодовий стан, вулканічну діяльність, температурну неоднорідність водного середовища, досліджувати рельєф дна.

Спектрометричне знімання – вимірювання відбивної здатності поверхні чи шарів речовини. Його проводять у мікрохвильовому, інфрачервоному, а також у видимому та ближньому інфрачервоному діапазонах. Застосовують для вивчення гірських порід.

Лідарне знімання – активне знімання поверхні шляхом неперервної фіксації відбиття від поверхні, яка опромінюється монохроматичним лазерним випромінюванням із фіксованою довжиною хвилі. Переважно лідарне знімання ведеться із носіїв з не дуже великою висотою польоту. Частота випромінювання налаштовується на резонансні частоти поглинання елемента, що сканується і, таким чином, у разі наявності значних концентрацій цього компонента відбиття значно збільшується. Використовують при вивченні нижніх шарів атмосфери, виявленні концентрації певних елементів та сполук.

У даній роботі були використанні такі сервіси ДЗЗ:

– <https://www.esri.com/en-us/arcgis/products/unlock-earths-secrets> ESRI (англ. Environmental Systems Research Institute) – американська транснаціональна компанія, що спеціалізується на геоінформаційних системах. Найбільш відома завдяки виробництву програмного забезпечення для геоінформаційних систем ArcGIS. Є світовим лідером у галузі постачання програмного забезпечення для ГІС, а також мережевих ГІС та спеціальних додатків для управління просторовими базами даних.

– <https://aqua-monitor.appspot.com> Deltares Aqua Monitor – це перший

інструмент глобального масштабу, який показує з роздільною здатністю 30 метрів, де вода перетворюється на землю і навпаки. Aqua Monitor використовує вільнодоступні супутникові дані та Google Earth Engine – платформу для наукового аналізу наборів геопросторових даних планетарного масштабу. І тепер він відкритий для широкої публіки. Інструмент показує, що в усьому світі між 1985 і 2015 роками територія площею близько 173 000 км², розміром приблизно зі штат Вашингтон, була перетворена на сушу, а територія площею 115 000 км² була перетворена на воду. Зараз виявлено як задокументовані, так і незадокументовані зміни внаслідок техногенного втручання, природної мінливості та зміни клімату.

– <http://monitoring.davr.gov.ua/EcoWaterMon/GDKMap/Index> Усі бажаючі можуть отримати інформацію про екологічний стан річок України за допомогою інтерактивної карти «Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України», яка розміщена на офіційному сайті Держводслужби України. Інтерактивна карта відображає результати моніторингу якості поверхневих вод, що дає можливість оцінити стан водойм і порівнюється з встановленими стандартами.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Характеристика об'єкту досліджень

Колись Каховське водосховище було одним із шести великих водосховищ Дніпровського каскаду в Запорізькій, Дніпропетровській та Херсонській областях. Засипаний у 1955–1958 роках, знищений під час загальної навали російських окупантів. У ніч на 6 червня 2023 року російські окупанти підірвали Каховську ГЕС. Через неконтрольовані витoki води були підтоплені населені пункти в нижній течії Дніпра. При підйомі рівня води водосховище припиняє своє існування .

Створена дамбою Каховської ГЕС (дамба – Нова Каховка). Завершено з 1955 по 1958 рік.

Довжина водойми 230 кілометрів, середня ширина 9,4 кілометри (максимальна ширина 24 кілометри). Площа 2155 квадратних кілометрів, об'єм води 18,2 квадратних кілометрів. Довжина берегової лінії становить 896 кілометрів. Сезонне регулювання стоку мінімальне. Рівень води коливається до 3,3 м, вода змінюється 2-3 рази на рік. Висота мертвої зони 12,7 м2. Береги переважно круті, розділені глибокими балками, лише на окремих ділянках пологі (див. Каменські стручки), піщані. Є багато островів (наприклад, заказники птахів «Великі та Малі Кучугури»). Влітку температура води досягає +24°C. Замерзає з кінця листопада до початку грудня і відтає з середини лютого до початку березня. Товщина шару льоду становить 17-37 сантиметрів, а «цвітіння води» відбувається в липні-серпні, охоплюючи 80-95% акваторії.

Використовується для судноплавства, зрошення, водопостачання, рибальства та відпочинку.

Від водосховища починаються Каховський канал, Північно-Кримський канал і канал Дніпро-Кривий Ріг. На Каховському водосховищі розташовані річкові порти Нікополь, Енергодар і Кам'янець-Дніпровська. По лівому березі

водосховища проходить залізнична колія Запоріжжя – Сімферополь, Херсон і Кривбас – Запоріжжя – Донбас.

Є місцем відпочинку, а також місцем аматорського та спортивного рибальства.

Каховське водосховище займає велику територію найродючіших земель, включаючи заплаву Дніпра. Заплавні луки, озера, ліси зайняті екосистемами, важливими для багатьох видів рослин і тварин. Мережа каналів охоплювала величезну територію, що робило її придатною для сільського господарства.

На дні водосховища розташована історична місцевість – Великий Луг, а також місто Замик, столиця Хана Мамає (недалеко від колишнього злиття річок Кінського та Дніпра).

Після заповнення водосховища підтопило близько 90 сіл. Щорічно у водойму заходить берегова лінія на 1-3 метри.

У зв'язку зі зміною клімату та господарською діяльністю людини кількість води, що випускається з дамби Каховської ГЕС, продовжує зменшуватися: у 1971 р. об'єм попуску води становив 80 квадратних кілометрів, у 1981 році – 60 квадратних кілометрів, у 1991 р. , об'єм попуску склав 42 квадратних кілометри, а в 2001 році – 42 квадратних кілометри, обсяг води перевищує 39 квадратних кілометрів, 39,4 квадратних кілометрів у 2018 році. У 2010-х роках рівень води водосховища залишався в межах 15,5-16 м3 .

Взимку рівень води може опускатися до 14,5 м3. Затоплені села: Правобережжя – Анастасіївка, Гаврилівка (відселені), Грушівка, Іванівка, Кам'янка, Копсурівка, Крамарева, Комарівка, Леонтіївка, Ново-Павлівка, Оленіївка, Нечаївка, Софіївка, Малі Гірла, Великі Гірла, Золота Балка (частково відселені). Лівий берег: Володимирівка, Катеринівка.

3.2 Методика проведення роботи

Сентініел-2 (англ. Sentinel-2) – космічна місія дистанційного зондування Землі, запущена Європейським космічним агентством (ESA) у рамках програми «Коперник» для здійснення дистанційного спостереження і підтримки таких сервісів, як моніторинг лісів, фіксування змін покриву Землі, відстеженням наслідків стихійних лих. Ця місія складається із двох однакових супутників – Sentinel-2A і Sentinel-2B.

Місія Sentinel-2 має наступні можливості:

- мультиспектральні дані в 13 діапазонах: видимому, близькому інфрачервоному, і інфрачервоному короткохвильовому спектра;
- систематичне покриття поверхні Землі від 56° S до 84° N, прибережних вод, і всього Середземного моря;
- проходить ті самі зони кожні 5 днів під однаковими кутами зору. Над високими широтами, проходи Sentinel-2 перекриваються, а деякі регіони будуть спостерігатися двічі або більше разів кожні 5 днів, але під різними кутами огляду.
- роздільна здатність в 10 м, 20 м і 60 м 290 км поле зору;
- безкоштовне та відкрите поширення даних.

Для забезпечення частоті відвідуваності і високої доступності місії, в місії заплановано два ідентичні супутники Sentinel-2 (Sentinel-2A і Sentinel-2B), що працюють одночасно. Орбіта є сонячно-синхронною на висоті 786 км, 14.3 обертань на день, із низхідним вузлом орбіти 10:30 ранку. Цей місцевий час було обрано як компроміс мінімізуючи покриття хмарами і забезпечуючи достатнє освітлення Сонцем. Цей час близький до місцевого часу, використаним в Landsat і відповідає супутникам SPOT, що дозволяє поєднувати дані Sentinel-2 із історичними знімками аби будувати довготривалі часові послідовності.

3.3. Результати проведеної роботи

3.3.1 Площа заростання верхів'я Каховського водосховища

Переглядувати та фіксувати події вище за течією водосховищ Дніпровського водоспаду (Каховського водосховища) за останні 40 років на просторових зображеннях за допомогою додатку Landsat Explorer- веб-додатку Esri Landsat Explorer, створеному для візуалізації нашої планети із супутникових зображень і розуміння як змінилася Земля за останні сорок років.

Для аналізу використовується NDVI та NDMI показники.

NDVI або Нормалізований Диференційний Вегетаційний Індекс вимірює щільність зеленої маси рослинності, зафіксованої на супутниковому знімку. Здорова рослинність має дуже характерну криву спектрального відбиття, яку ми можемо використовувати для обчислення різниці між двома діапазонами – видимим червоним та ближнім інфрачервоним. NDVI відображає цю різницю у вигляді числа від -1 до 1.

Розрахунок NDVI формула має наступний вигляд:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1.1)$$

де: NIR – відбиття у ближньому інфрачервоному діапазоні спектра;

RED – відбиття у червоному діапазоні спектра

Відповідно до цієї формули, щільність рослинності (NDVI) у певній точці знімка дорівнює різниці інтенсивностей відбитого світла в червоному та інфрачервоному діапазонах, поділеної на суму цих інтенсивностей.

Шкала NDVI Значення NDVI варіюються від -1.0 до 1.0, де негативні значення найчастіше вказують на наявність хмар, водної поверхні чи снігу, а значення, близькі до нуля – на скелі чи оголений ґрунт.

Дуже низькі значення NDVI (0.1 і менше) можуть бути пов'язані з наявністю порожніх скелястих ділянок, піску або снігу.

Середні значення (від 0.2 до 0.3) говорять про виявлення чагарників і луків, а високі значення (від 0.6 до 0.8) – лісів помірнього та тропічного пояса.

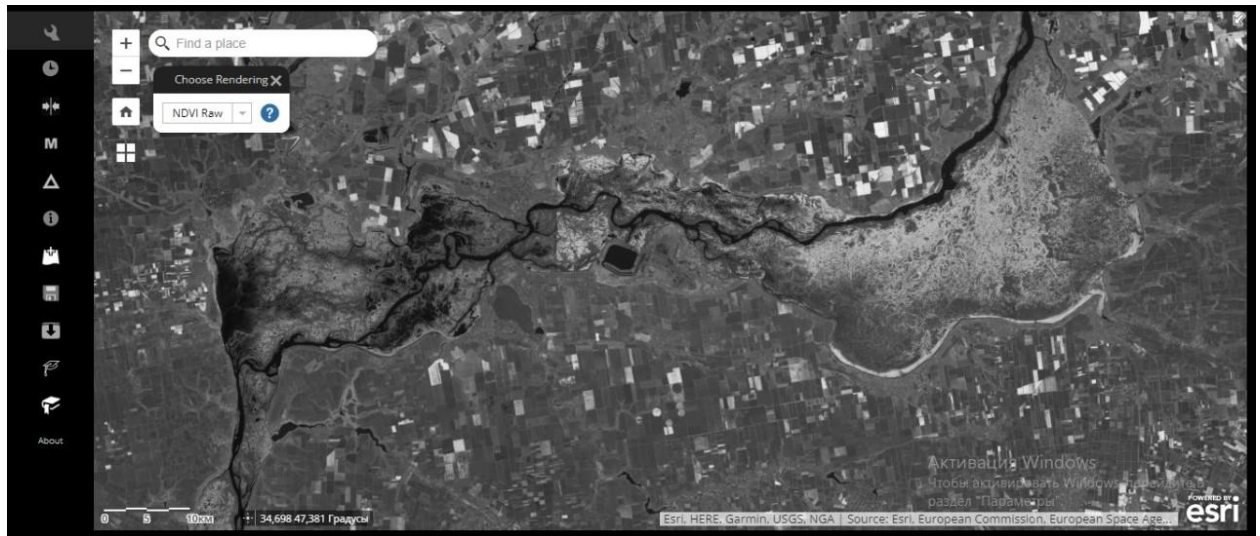


Рисунок 3.1 – значення NDVI Каховського водосховища станом на листопад 2023 рік

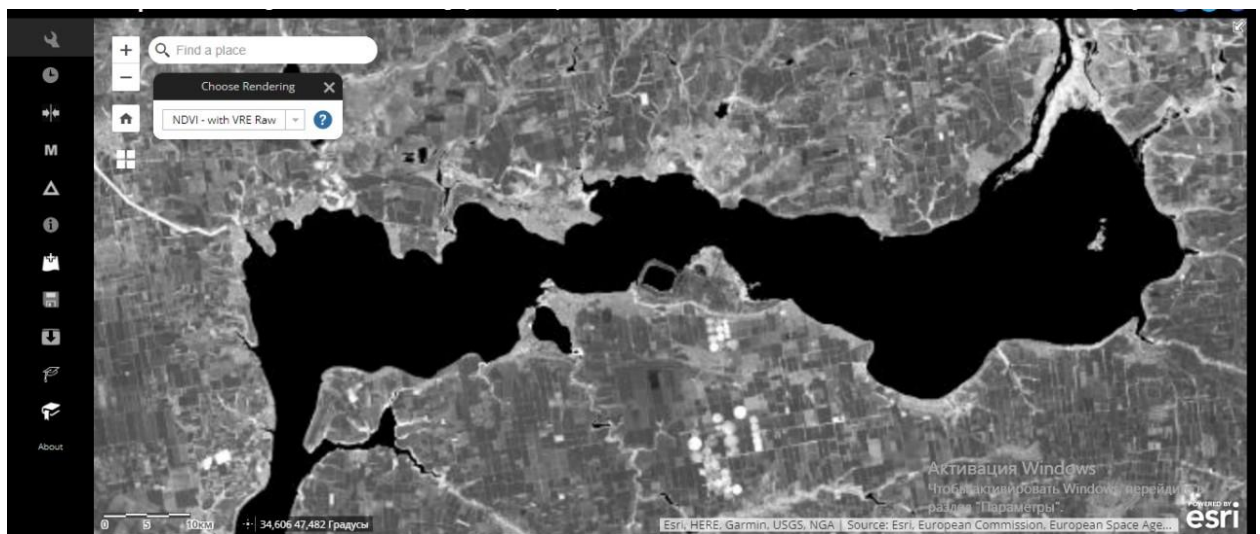


Рисунок 3.2 – знімок Каховського водосховища без рослин з низьким рівнем хлорофілу (без відбивання червоного спектру) станом на листопад 2023 рік

Як можна спостерігати русло річки має велику кількість рослинності з низьким рівнем хлорофілу, що свідчить про розвиток синьо-зелених водоростей.

Діапазон значень індексу варіює від невеликих від'ємних чисел до максимуму –одиниці. Ці значення відповідають ступеню озеленення території. Якщо значення нуль чи близьке до нього – на території рослинність відсутня. Значення 0,74 відповідає дуже щільній зеленій рослинності – наприклад тропічному лісу.

За короткий час від моменту підриву ГЕС повністю голий ландшафт зазеленів, і тепер значення вегетаційного індексу в середньому становить 0,18. Це значення, яке відповідає трав'янистій рослинності. Можливо, вона не надто густа, але вона вже є.

Спалахи розвитку синьо-зелених водоростей перший раз стали помітною проблемою для Дніпра ще у середині минулого сторіччя внаслідок наповнення водосховищ і затоплення земель разом з рештками рослинності. У середині 1980-х років, після завершення формування каскаду водосховищ, цвітіння води поступово зменшилось.

В сучасний період бурхливе цвітіння води спровоковане іншим джерелом живлення водоростей – масове використання фосфатовмісних мийних засобів та мінеральних добрив на розораних землях, які потім стікають в річки.

В свою чергу NDMI: Нормалізований Різницевий Індекс Вологості визначає рівень вмісту вологи в рослинах, використовуючи комбінацію спектральних діапазонів у ближньому інфрачервоному (NIR) та короткохвильовому інфрачервоному (SWIR) діапазонах.

Формула Розрахунку NDMI При обчисленні нормалізованого різницевого індексу вологості використовується коефіцієнт відображення в ближньому інфрачервоному (NIR) і короткохвильовому (SWIR) діапазонах:

$$NDMI = \frac{(NIR - SWIR)}{(NIR + SWIR)} \quad (1.2)$$

Як і більшість індексів, NDMI має значення від -1 до +1, що спрощує інтерпретацію. Про водний стрес можуть свідчити негативні значення, що наближаються до -1, тоді як +1 може вказувати на заболочування.

Інтерпретація показників NDMI :

- a) -1 – -0.8 Рослинний покрив відсутній,
- b) -0.8 – -0.6 Рослинний покрив майже відсутній,
- c) -0.6 – -0.4 Дуже низька щільність рослинного покриву,
- d) -0.4 – -0.2 Незначний рослинний покрив, волога відсутня або дуже низька густина рослинного покриву, спостерігається вологість,
- e) -0.2 – 0 густина рослинного покриву нижче середнього, високий рівень водного стресу або незначний рослинний покрив, низький рівень водного стресу,
- f) 0 – 0.2 Середня густина рослинного покриву, високий рівень водного стресу або густина рослинного покриву нижче середнього, низький рівень водного стресу,
- g) 0.2 – 0.4 Густина рослинного покриву вище середнього, високий рівень водного стресу або середня густина рослинного покриву, низький рівень водного стресу,
- h) 0.4 – 0.6 Висока густина рослинного покриву, водний стрес не спостерігається,
- i) 0.6 – 0.8 Дуже висока густина рослинного покриву, водний стрес відсутній,
- j) 0.8 – 1 Територія повністю вкрита густим рослинним покривом, водний стрес відсутній.

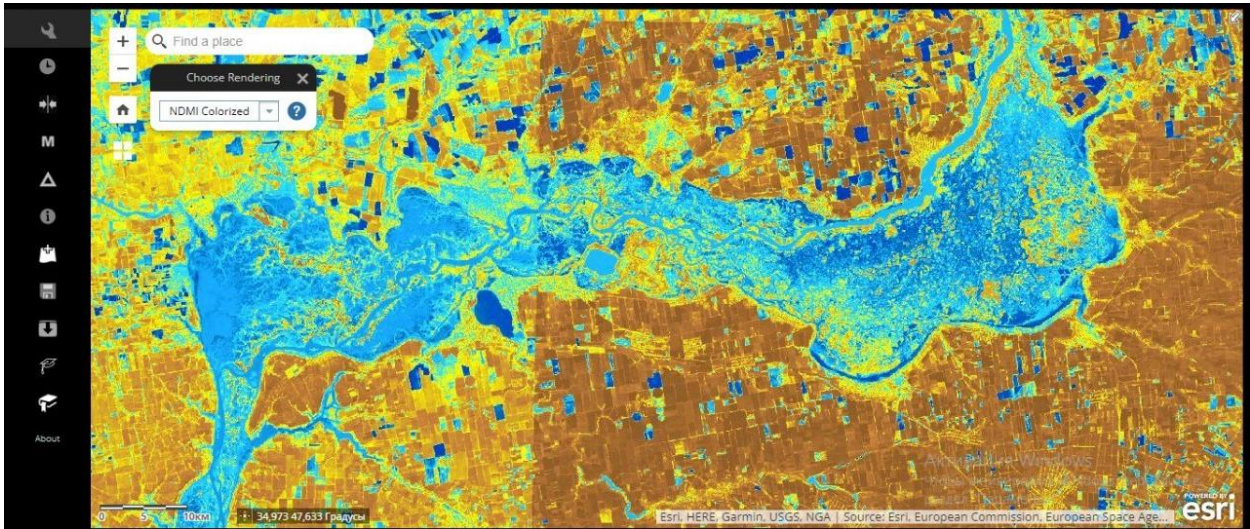


Рисунок 3.3 – значення NDMI Каховського водосховища станом на листопад 2023 рік.

Водно-болотні та вологі території мають блакитний відтінок, а сухі – темно-жовтий і коричневий.

Як видно зі знімку присутні ділянки з густою рослинністю в самій водоймі, можна сказати, що річка більш схожа на заболочену місцевість ніж на найбільшу ріку країни.

Таке заростання водойми призведе до загибелі гідробіонтів та насичення води отруйними речовинами, а з урахуванням обміління на місці водосховища в майбутньому може утворитися заболочена місцевість з степними рослинами та деревами.

Водорості та ціанобактерії, які інтенсивно розмножуються у верхньому шарі водойми, мають загальну площу поверхні тіла та біомасу значно більші за звичайний рослинний комплекс за постійного рівня евтрофікації водойми. При цьому вночі фотосинтез у рослин не відбувається, а дихання продовжує потребувати споживання кисню. В результаті перед світанком, особливо в жарку погоду, кисень у верхніх шарах води практично вичерпується, і від його нестачі спостерігається загибель організмів, що живуть у воді біля поверхні.

Велика кількість мертвих організмів із верхніх шарів резервуара опускається на дно, де вони розкладаються та споживають кисень, що залишився

у воді. Все це призводить до загибелі донних організмів, навіть тих, які не мають відношення до рослинності морського дна.

Крім того, в безкисневих ґрунтах порушуються окислювально-відновні процеси, виникає гіпоксія, відбувається анаеробне розкладання мертвих організмів з утворенням токсинів для життя, таких як аміак, метан, фенол, сірководень тощо, викликають подальшу біотоксичність у всіх ланках водойми, ще більша смертність і як наслідок подальше збільшення використання кисню під час процесу розкладання. руйнують органічну речовину.

Заростання водойм є наслідком масового розростання водної рослинності. Інтенсивне освоєння водойм часто закінчується їх затопленням.

Активну роль у водоймі відіграють невеликі зарості водної рослинності, які є місцем розмноження водолюбних риб. Якщо водні рослини займатимуть більше 25% площі поверхні водойми, то вони негативно впливатимуть на фауну іхтіофауни.

При цьому знижується рибопродуктивність водойми та порушується гідрохімічний режим озера. У темряві рослини можуть викликати гіпоксію у воді та спричинити загибель риби в водоймі.

3.3.2 Втрата водної поверхні в водосховищі

Масштаби втрати водної поверхні можна оцінити за допомогою геопорталу Deltares Aqua який дозволяє порівняти кількість втраченої водної поверхні за певні роки .

На геотехнічній карті яскраво-зеленим кольором зображено ділянку, де поверхневі води перетворилися на сушу чи інший тип ґрунтового покриву. А збільшена площа водної поверхні буде відбиватися синім світлом.

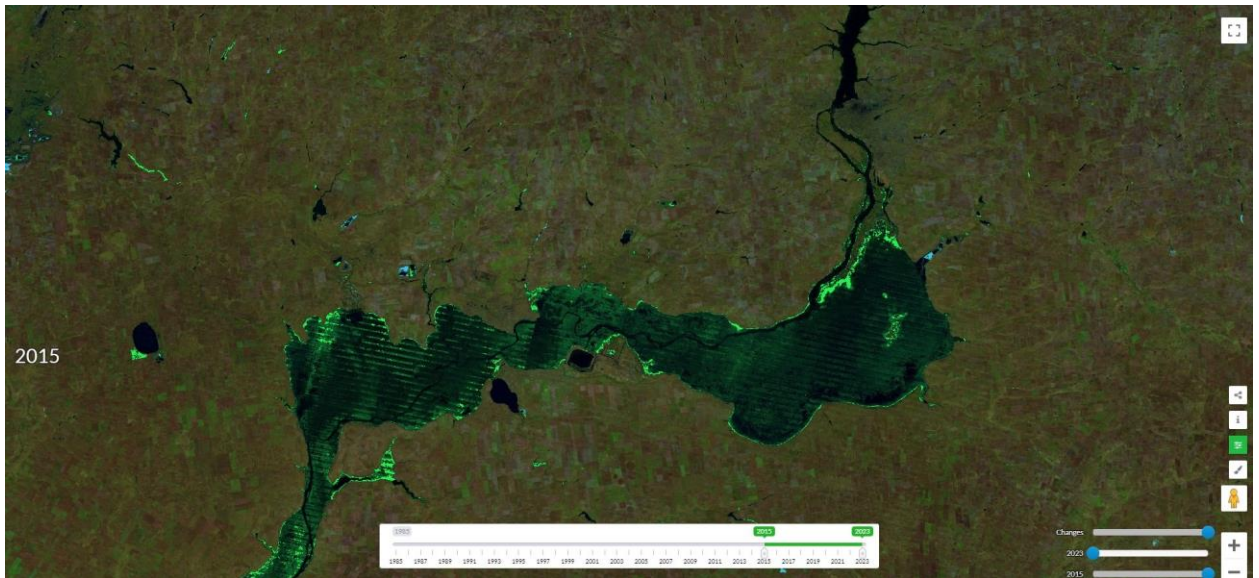


Рисунок 3.4 – Зміна водної поверхні за період з 2015 по 2023 рік.

З знімку видно, що Каховське водосховище втратило значну кількість водної поверхні. Така катастрофа утворилася в результаті підриву Каховської ГЕС 6 червня 2023 року. Із водосховища вже втрачено понад 72% або 14,395 куб. км води. Станом на вечір 11 червня рівень води у водосховищі у районі Нікополя становив майже 9,04 м [48].

Наслідками обміління Каховського водосховища є:

- знищення та значне порушення екосистем Каховського водосховища та водних об'єктів які в нього впадають й де відбувався підпір води, пониззя Дніпра, Дніпровського лиману і порушення екосистем пригирлової ділянки Чорного моря;
- можлива масова загибель водних організмів (риби, молюсків, ракоподібних, мікроорганізмів, водної рослинності) у Каховському водосховищі з подальшим погіршенням якості вод внаслідок розкладення загиблих організмів;
- порушення середовища існування та можлива загибель тварин, які населяють сухопутні ділянки які будуть затоплені. Значні ризики для популяцій гризунів, зокрема ендемічних видів та занесених до Червоної книги України;
- порушення середовищ існування рослинних комплексів: прибережна водна рослинність вище за течією від дамби Каховської ГЕС через

осушення загине, території, розташовані нижче зазнають затоплення, зокрема степові та лісові комплекси, які не пристосовані до перебування під водою, що спричинить їх вимокання та загибель. В пониззі Дніпра зростають ендемічні види, занесені до Світового червоного списку й які більше ніде в світі не зустрічаються;

- непрогнозоване відкладання річкових наносів та змитих матеріалів з поверхні суходолу;

- негативний вплив на акваторії, прибережні території та сухопутну частину трьох українських національних природних парків – «Нижньодніпровський», «Кам'янська Січ», «Білобережжя Святослава», Чорноморського біосферного заповідника (ця територія також має статус біосферного резервату ЮНЕСКО), Регіонального ландшафтного парку «Кінбурнська Коса» та численних об'єктів природно-заповідного фонду з меншими площами, вплив на проєктовані природоохоронні території. Ці території також мають статус Водно-болотних угідь міжнародного значення що охороняються відповідно до Рамсарської конвенції, а також є територіями Смарагдової мережі, що охороняються відповідно до Бернської конвенції;

- забруднення вод Дніпра і Чорного моря – первинне забруднення внаслідок потрапляння до вод паливно-мастильних матеріалів, змиву сміття, агрохімікатів, інших небезпечних матеріалів, затоплення і виведення з ладу систем очистки стічних вод, каналізації, і так зване «вторинне забруднення», що виникає внаслідок порушення шарів намулу, в яких десятиліттями відбувалось накопичення забруднюючих речовин;

- затоплення будинків, споруд, підприємств, втрати майна, руйнування;

- знищення свійських тварин, худоби, домашніх тварин, тварин у зоопарках, трупи яких в спекотну погоду будуть отруювати воду, ґрунти, забруднювати повітря та становити небезпеку поширення інфекційних захворювань;

- вимивання, перенесення мін та інших вибуховонебезпечних

речовин, збільшення мінної небезпеки;

– зміна мезоклімату території через зміну площі поверхні водного дзеркала, зміну водного балансу території та збільшення відкритих ділянок суші.

3.3.3 Показники якості води Каховського водосховища

Аналіз проводиться за допомогою інтерактивної карти «Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України».

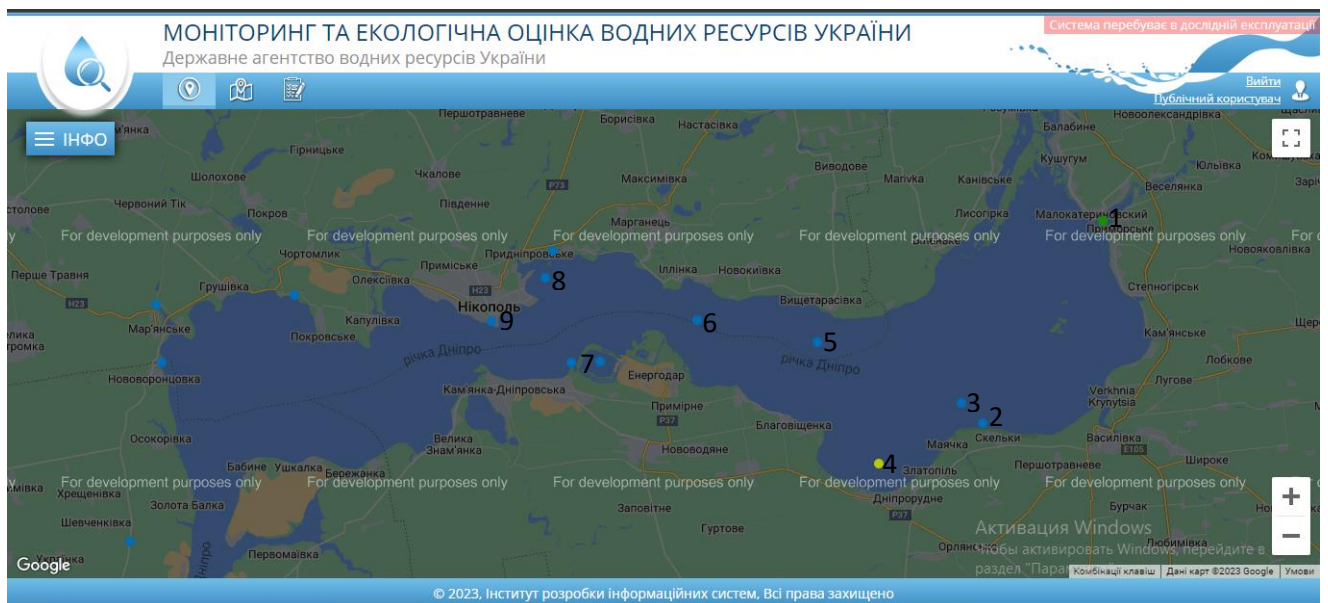


Рисунок 3.5 – Пости спостереження розміщені на Каховському водосховищі

Таблиця 3.1 – Показники якості води на посту №1

Показник	Фактичне значення	ГДК (ОБУВ)	Перевищення нормативу, раз
Азот загальний, мг/дм ³			
Біохімічне споживання кисню за 5 діб, мгО/дм ³	4,7	3	1,57
Завислі (суспендовані) речовини, мг/дм ³	5,9	15	Немає
Кисень розчинений, мгО ₂ /дм ³	6,7	4	Немає
Сульфат-іони, мг/дм ³	66,7	100	Немає
Хлорид-іони, мг/дм ³	47	300	Немає
Амоній-іони, мг/дм ³	1,19	0,5	2,38
Нітрат-іони, мг/дм ³	0,523	40	Немає
Нітрит-іони, мг/дм ³	0,03	0,08	Немає
Фосфат-іони (поліфосфати), мг/дм ³	0,325		

Таблиця 3.2 – Показники якості води на посту №2

Показник	Фактичне значення	ГДК (ОБУВ)	Перевищення нормативу, раз
Азот загальний, мг/дм ³			
Біохімічне споживання кисню за 5 діб, мгО/дм ³	4,5	3	1,5
Завислі (суспендовані) речовини, мг/дм ³	5	15	Немає
Кисень розчинений, мгО ₂ /дм ³	7,3	4	Немає
Сульфат-іони, мг/дм ³	44,1	100	Немає
Хлорид-іони, мг/дм ³	26,5	300	Немає
Амоній-іони, мг/дм ³	0,646	0,5	1,29
Нітрат-іони, мг/дм ³	1,9	40	Немає
Нітрит-іони, мг/дм ³	0,03	0,08	Немає
Фосфат-іони (поліфосфати), мг/дм ³	0,756		

Таблиця 3.3 – Показники якості води на посту №3

Показник	Фактичне значення	ГДК (ОБУВ)	Перевищення нормативу, раз
Азот загальний, мг/дм ³			
Біохімічне споживання кисню за 5 діб, мгО/дм ³	3,8	3	1,27
Завислі (суспендовані) речовини, мг/дм ³	5	15	Немає
Кисень розчинений, мгО ₂ /дм ³	7,9	4	Немає
Сульфат-іони, мг/дм ³	43,4	100	Немає
Хлорид-іони, мг/дм ³	25,5	300	Немає
Амоній-іони, мг/дм ³	0,735	0,5	1,47
Нітрат-іони, мг/дм ³	2,08	40	Немає
Нітрит-іони, мг/дм ³	0,03	0,08	Немає
Фосфат-іони (поліфосфати), мг/дм ³	0,816		

Таблиця 3.4 – Показники якості води на посту №4

Показник	Фактичне значення	ГДК (ОБУВ)	Перевищення нормативу, раз
Азот загальний, мг/дм ³			
Біохімічне споживання кисню за 5 діб, мгО/дм ³	4,4	3	1,47
Завислі (суспендовані) речовини, мг/дм ³	7,4	15	Немає
Кисень розчинений, мгО ₂ /дм ³	6,3	4	Немає
Сульфат-іони, мг/дм ³	58,1	100	Немає
Хлорид-іони, мг/дм ³	34,3	300	Немає
Амоній-іони, мг/дм ³	1,64	0,5	3,28
Нітрат-іони, мг/дм ³	0,779	40	Немає
Нітрит-іони, мг/дм ³	0,03	0,08	Немає
Фосфат-іони (поліфосфати), мг/дм ³	0,607		

Таблиця 3.5 – Показники якості води на посту №5

Показник	Фактичне значення	ГДК (ОБУВ)	Перевищення нормативу, раз
Азот загальний, мг/дм ³			
Біохімічне споживання кисню за 5 діб, мґО/дм ³	4,3	3	1,43
Завислі (суспендовані) речовини, мґ/дм ³	5,6	15	Немає
Кисень розчинений, мґО ₂ /дм ³	6,6	4	Немає
Сульфат-іони, мґ/дм ³	62,3	100	Немає
Хлорид-іони, мґ/дм ³	32,3	300	Немає
Амоній-іони, мґ/дм ³	0,755	0,5	1,51
Нітрат-іони, мґ/дм ³	0,95	40	Немає
Нітрит-іони, мґ/дм ³	0,03	0,08	Немає
Фосфат-іони (поліфосфати), мґ/дм ³	0,554		

Інші пости спостереження не мають перевищень.

Чим більше в воді органічних речовин, тим більше необхідно кисню для їхнього окислення. Високі показники ХСК свідчать про високий рівень забруднення води.

Розмноження синє-зелені водорості призводить до збільшення органічного забруднення води, а отже і потреби в кисні в водоймі зростають.

Підвищений вміст іонів амонію у природних водах свідчить про забруднення води органічними речовинами і добривами. Це може привести до зменшення розчинного кисню у воді та створенню гіпоксичних умов для риби.

Особлива небезпека забруднення вод добривами і пестицидами полягає в тому, що стоки з полів неможливо пропустити через очисні споруди. Крім того, великі площі сільськогосподарських угідь є основними річковими водозборами, з яких вода поступає у водні об'єкти.

Джерела забруднення води органічними речовинами можна умовно розділити на дві групи: джерела природного походження джерела, пов'язані з господарською діяльністю людини

До перших відносяться органічні сполуки, що входять до складу ґрунту, а також утворюються при розкладанні рослинних і тваринних залишків і т.п.

А ось наявність у питній воді синтетичних органічних речовин – прямий результат людської діяльності.

Основні забруднювачі такі:

– викиди підприємств (Особливу небезпеку становлять нафтопереробні заводи, фабрики по виробництву виробів з хутра та шкіри, де використовують дубильні речовини);

– залишки добрив;

– відходи тваринницьких господарств;

– миючі засоби;

– побутові стоки.

В результаті людської діяльності в річку потрапляє велика кількість органічних речовин, що стимулює розвиток синьо-зелених водоростей, а з урахуванням майже стоячої води це призводить до погіршення якості води. В результаті починається процес цвітіння води або евтрофікації, який повільно знищує водойму та її мешканців. Таку воду вже не можна використовувати для пиття та в господарських цілях.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

При виконанні роботи з характеристики впливу зарегулювання русла річки каскадом водосховищ методами дистанційного зондування керувався Правилами охорони праці при експлуатації електронно–обчислювальних машин, що забезпечують мінімізацію основних ризиків.

Ці ризики включають:

- підвищення температури окремих компонентів персонального комп'ютера; монотонність трудового процесу ;
- високий рівень навантаження зображення;
- можливість пошкодження через статичну електрику, що створюється пристроєм;
- недостатнє освітлення робочої зони біля комп'ютера;
- висока інтенсивність електричних і магнітних полів у зоні комп'ютерної установки .

Дотримання наступних правил зменшить вплив факторів ризику та дасть можливість відновити нормальне здоров'я та працездатність не вдаючись до додаткових заходів, таких як розтирання, масаж чи медикаментозне лікування.

Відповідно до чинних гігієнічних норм і правил для персональних комп'ютерів застосовуються умови відповідності наступних параметрів чинним нормам: звуковий тиск ; створений комп'ютером тимчасовий індикатор електромагнітного поля; візуальні параметри пристроїв відображення інформації; концентрація 39 шкідливих речовин, що виділяються обладнанням, у повітрі об'єкта; потужність дози опромінення м'якого рентгенівського випромінювання; Коефіцієнт відбиття; Яскравість і контрастність; інші параметри.

Відповідно до загальних вимог до організації та обладнання робочого місця виділяють основні нормативи, необхідні для роботи за комп'ютером у стаціонарному режимі: робоче місце має бути ізольоване повітрообміном;

Конструкція стільця повинна бути скоригована таким чином, щоб його положення відповідало фізичним параметрам кожної людини. Його поверхня повинна бути неслизькою і забезпечувати легке очищення; Конструкція столу повинна забезпечувати розумне та зручне розташування наявного обладнання та мати коефіцієнт відбиття не більше 0,7.

При роботі з комп'ютером шкідливими і небезпечними чинниками є:

- електростатичні поля;
- електромагнітне випромінювання;
- наявність потужних іонізуючих випромінювання;
- локальне стомлення, загальна втома;
- стомлюваність очей;
- небезпека ураження електричним струмом;
- пожежонебезпека.

Під час роботи за комп'ютером я керувався такими правилами безпеки:

- не вмикав комп'ютер при нестабільній подачі електроенергії;
- під час вимкнення світла виймав всі електроприлади з мережі;
- тримав відстань 50–60 см. від монітору;
- робив перериви кожні 30 хвилин;

Під час повітряної тривоги:

- закривав всі вікна, вимикав світло;
- дотримувався правила «двох стін»;
- перекривав кран газу;
- в темний час доби зберігав світломаскування;
- не чіпав сторонні речі на вулиці;
- в разі небезпеки йшов в укриття.

Правила поведінки в укриттях:

1. Забороняється приносити в укриття легкозаймисті або сильно пахнучі речовини, громіздкі речі
2. Обов'язково треба виконувати усі вимоги, правила поведінки і встановлений порядок в укритті

3. Забороняється ходити без потреби, палити, шуміти, запалювати свічки і інші світильники з відкритим полум'ям.
4. Не допускати паніки у разі пошкодження споруди або виникнення небезпеки зараження
5. Вихід із укриття лише після скасування повітряної тривоги (бажано 3–5 хв після її закінчення)
6. Дотримуватися правил техніки безпеки
7. Надавати першу допомогу всім, хто її потребує
8. Забороняється кидати харчові відходи та сміття у невстановлених для цього місцях.

ВИСНОВКИ

1. Під час виконання роботи опанував методики супутникового спостереження та як вони застосовуються в моніторингу довкілля, знайшов та користувався сервісами ДЗЗ.

2. Значення NDVI для Каховського водосховища після підриву дамби становить 0,18 це значення, яке відповідає трав'янистій рослинності. Тобто в результаті обміління водосховища дно водойми почало активно заростати рослинністю, з плином часу цей показник буде зростати. Вже можна спостерігати наявність степної рослинності на дні водойми та молоді дерева.

3. Втрата водної поверхні в результаті знищення дамби становить 72% або 14,395 куб. км води, в результаті стає неможливім експлуатація Каховської ГЕС та водосховища, це тяжкий удар по економіці області та країни, зменшення загальної поверхневої води, зміна рельєфу та видового складу району, міграція забруднюючих речовин далі по течії до Чорного моря та в підземні води.

4. За результатами моніторингу якості води спостерігається перевищення ГДК на 5 з 9 постів спостереження, за показниками БСК5 та амоній-іони, що свідчить про надходження в водойму надмірної кількості органічних сполук: залишки добрив, відходи тваринницьких господарств, миючі засоби. Надмірна кількість органічних речовин є джерелом живлення для синьо-зелених водоростей та нижчих рослин, що й є причиною цвітіння води в водосховищах.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Для відновлення стану Каховського водосховища для початку потрібно провести процес деокупації території, після чого відновити всі затоплені території та захистити їх від постійного підтоплення. Тільки після виконання перших двох пунктів буде можливість відновити Каховське водосховище до попереднього стану. На думку деяких вчених відновлення дамби не є доцільним з економічної точки зору, на відновлення потрібно не один млрд. гривень, що є величезною сумою для нестабільної економіки країни, а процес відбудови займе 5–10 років.

Ось кілька практичних кроків, які можна вжити для відновлення Каховського водосховища:

Моніторинг та аналіз:

- провести детальний моніторинг якості води, рівня кисню та інших параметрів екосистеми;
- провести екологічний аудит для визначення основних проблем та джерел забруднення.

Регулювання рівня води:

- розробити гнучку стратегію регулювання рівня води, яка враховує потреби прибережних екосистем, а також враховує екологічні вимоги.

Очищення води:

- використовувати сучасні методи очищення води для зменшення концентрації забруднюючих речовин;
- запроваджувати природні методи очищення води, такі як відновлення вологих угідь та рослинні фільтри.

Охорона прибережних зон:

- відновлення та охорона прибережних зон для підтримки природного біорізноманіття та зон для розмноження риби;
- проведення акцій з висаджування місцевих рослин для підтримки

стійкості прибережних екосистем.

Відновлення рибного запасу:

- впровадження програм відновлення рибного запасу, включаючи висадження і розведення місцевих видів риб;
- запровадження заходів для зменшення виловлювання та сприяння відновленню природного балансу.

Співпраця та міжнародна координація:

- встановлення міжнародного співробітництва для спільного управління річковим басейном та відновленням водосховища;
- участь в міжнародних програмах та ініціативах, спрямованих на збереження водних ресурсів.

Важливо враховувати, що процес відновлення екосистеми є довгостроковим та потребує системного підходу з урахуванням різних аспектів регулювання та співпраці з усіма зацікавленими сторонами

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Водний кодекс України. 1995 (зі змінами і доповненнями протягом 2000-2017 рр.). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text> (дата звернення: 08.11.2023)
2. Екологічний паспорт Запорізької області, 2020 р. <https://www.zoda.gov.ua/article/2557/ekologichniy-pasport-zaporizkoji-oblasti-za-2020-rik.html> (дата звернення: 09.11.2023)
3. Хільчевський В. К. Глобальні водні ресурси: виклики ХХІ століття. Київ : вісник Київського національного університету ім. Тараса Шевченка, 2020. Вип. 1/2(76/77). С. 6-16.
4. Хільчевський В. К. Сучасна характеристика поверхневих водних об'єктів України: водотоки та водойми. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. Київ, 2021. №. 1 (59). С. 17–27.
5. Хільчевський В. К., Характеристика водних ресурсів України на основі бази даних глобальної інформаційної системи FAO Aquastat. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. Київ, 2021. №. 1 (59). С. 6-16.
6. Хільчевський В. К., Гребінь В. В. Гідрографічне та водогосподарське районування території України, затверджене у 2016 р. – реалізація положень ВРД ЄС. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. Київ, 2017. Т. 1 (44). С. 8-20
7. Хільчевський В. К., Гребінь В. В. Сучасна гідрографічна характеристика ставків в Україні – регіональні і басейнові аспекти. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. Київ, 2020. № 3(58). С. 20-30
8. Третяк К., Ломпас О., Сідоров І. та ін. Визначення об'ємів замулення Київського водосховища. *Геодезія та геодинаміка*. Львів, 2012. Вип. 1 (23). С. 47-52.
9. Вишневський В. І., Шевчук С. А., Кравцова О. Й. Закономірності змін якості води за течією Дніпра. *Меліорація і водне господарство*. Київ : НААНУ, 2017. Вип. 106. С. 33-42.

10. Вишневецький В. І., Шевчук С. А. Використання даних дистанційного зондування Землі у дослідженнях водних об'єктів України. Київ: Інтерпрес ЛТД, 2018. 116 с.
11. Вишневецький В. І., Шевчук С. А. Використання даних супутників Aqua і Terra у дослідженнях "цвітіння" води дніпровських водосховищ. Праці Центральної геофізичної обсерваторії. Київ : Інтерпрес ЛТД, 2018. Вип. 14 (28). С. 44-49.
12. Вишневецький, В. І. Просторово-часова мінливість «цвітіння» води у дніпровських водосховищах. *Український журнал дистанційного зондування Землі*. Київ, 2019. №20. С. 18-27.
13. Горбачова Л. О. Багаторічні тенденції річного стоку річок України та його кліматичних чинників. *Гідрологія, водні ресурси*. Київ, 2016. Вип. 269. С. 94-106.
14. Шапар А. Г., Скрипник О. О., Чілій Д. В. Можливі технічні рішення для повернення техноекосистеми р. Дніпро до природного стану. *Екологія і природокористування*. Київ, 2013. Вип. 16. С. 83-91.
15. Сайт з даними супутників Aqua і Terra. URL : <https://worldview.earthdata.nasa.gov/> сайт з даними супутників Aqua і Terra (дата звернення: 20.11.2023)
16. Федоненко О. В. Гідроекологічний стан Каховського водосховища. Питання біоіндикації та екології. Запоріжжя : ЗНУ, 2010. Вип. 15, №2. С. 214–222.
17. Домбровський К. О. Гідробіологічні особливості водойм верхів'я Каховського водосховища в умовах антропогенного забруднення. Запоріжжя : Вісн. Запорізьк. нац. ун-ту. 2006. С. 64–70.
18. Обухов Є. В. Оцінка комплексного використання водних ресурсів каховського водосховища за 60 років експлуатації. *Економіка України*. 2017. №1 (662). С. 31–40.

19. Кравчук А. М., Капленко Г. Г., Беліков А. С., Дмитрюк С. П. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях в дипломних роботах студентів: методичні рекомендації. Дніпро, 2015. 17 с.
20. Станкевич, С. А., Пестова І. О. Геоінформаційний сервіс оброблення даних для оцінювання стану рослинності урбанізованих територій. *Вісник геодезії та картографії*, Київ, 2014. №3, С. 23-26.
21. Боголюбов В. М., Клименко М. О. Моніторинг довкілля : підручник / за ред. В.М. Боголюбова, Т.А. Сафранова. Херсон, 2016. 530 с.
22. Зуб Л. М., Томільцева А. І., Томченко О. В. Оцінка стану водоохоронних територій із використанням методів дистанційного зондування Землі (на прикладі Дністровського комплексу ГЕС та ГАЕС). *Гідроенергетика України*. Київ, 2016. № 3–4. С. 51–56.
23. Ісаєнко В. М., Лисиченко Г. В. Моніторинг і методи вимірювання параметрів навколишнього середовища : навчальний посібник. Київ : НАУ-друк, 2016. 312 с.
24. Пічура В. І., Потравка Л. О. Типізація території басейну ріки Дніпро за ступенем агрогенної трансформації ландшафтних територіальних структур. *Наукові горизонти*. Житомир : Поліський національний університет, 2019. № 9 (82). С. 45–56.
25. Пічура В. І. Аналіз захворюваності населення та еколого-демографічні аспекти землекористування на території басейну Дніпра. *Вісник Житомирського національного агроекологічного університету*. 2017. № 2 (61). Т.1. С. 95–104.
26. Романенко В. Д. Дніпровські водосховища, їхнє значення та проблеми. *Гідробіологічний журнал*. 2018. № 54 (1). С. 3–12.
27. Хільчевський В. К., Ромась І. М., Ромась М. І. Гідролого-гідрохімічна характеристика мінімального стоку річок басейну Дніпра. Київ : Ніка-Центр, 2007. 184 с.
28. Водосховища Дніпра. URL: http://uanature.ulcraft.com/reservoir_dnepr (дата звернення: 12.08.23).

29. Вишневецький В. І. Експлуатація Дніпровських водосховищ: проблеми сьогодення. *Регіональні проблеми України: географічний аналіз та пошук шляхів вирішення* : матеріали всеукр. наук.-практ. конф., (23-25 вересня 2009 р.). Херсон : ПП Вишемирський, 2009. С. 77-83.
30. Гребінь В. В., Хільчевський В. К., Сташук В. А., Чунарьов О. В., Ярошевич О. С. Водний фонд України: Штучні водойми – водосховища і ставки: Довідник. Київ : Інтерпрес ЛТД, 2014. 164 с.
31. Яцик А. В., Яцик В. А. Каховське водосховище. Енциклопедія сучасної України. Київ : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2012 URL : <https://esu.com.ua/article-11146> (дата звернення: 01.10.2023)
32. Колісник, А. В., Кузьміна, В. А., Лепіх, Т. Д. Оцінка сучасного екологічного стану Каховського водосховища. *Збалансоване природокористування*, Київ, 2021 №1, С. 92-101.
33. Беленок В. Ю., Деркач Д. І., Руть Н. В. Використання аерокосмічних методів та методів обробки даних дистанційного зондування Землі для екологічного моніторингу Каховського водосховища. *Вісник Астрономічної школи*. 2017. Т.13, № 1. С. 54-63.
34. Кохан С. С., Востоков А. Б. Дистанційне зондування Землі: теоретичні основи. Київ : Вища школа, 2009. 511 с.
35. Корягіна О. С. Визначення приходних складових водного балансу Каховського водосховища. *Український гідрометеорологічний журнал*. Одеса : ОДЕУ, 2015. №16. С. 209-214.
36. Лянзберг О. В. Комплексна екологічна оцінка якості води на прикладі Каховського водосховища. *Чисте місто. Чиста ріка. Чиста планета* : збірка тез та наук. статей за мат. IV між. еколог. фор. Херсон : ХТПП, 2012. С. 153–157.
37. Бреус Д. С. Дослідження екологічного стану акваторії Каховського водосховища. *Водні біоресурси та аквакультура*. Херсон, 2020. № 2. С. 9–19

38. Томільцева А. І., Яцик А. В., Мокін В. Б. та ін. Екологічні основи управління водними ресурсами : навч. посіб. Київ : Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. 200 с.
39. Боярин М. В., Нетробчук І. М. Основи гідроекології: теорія й практика : навч. посіб. Луцьк : Вежа-Друк, 2016. 365 с. URL: <https://evnuir.vnu.edu.ua/bitstream/123456789/11832/1/Hidroekolohiia.pdf>
40. Шевчук С. А., Шевченко І. А. Визначення екологічного стану водосховищ за допомогою методів дистанційного моніторингу. *Меліорація і водне господарство*. Київ : ІВПіМ НААН України, 2013. № 100 (2). С. 42-53
41. Тімченко В. М., Карпова Г. О., Гуляєва О. О., Коржов Є. І., Дубняк С. С., Дараган С. В., Іванова Н. О. Прогноз впливу можливої реконструкції Каховської ГЕС на екосистеми пониззя Дніпра та Каховського водосховища. *Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту. Сер. Біол.* 2015. № 3–4 (64). С. 665-668.
42. Руйнування Каховської ГЕС – техногенна, екологічна та соціальна катастрофа. URL: <https://nubip.edu.ua/node/129255> (дата звернення 09.09.2023).
43. Підрив Каховської ГЕС: наслідки для агросектору та екології Півдня України. URL: <https://latifundist.com/cards/73-pidriv-кахovskoyi-ges-naslidki-dlya-agrosektoru-taekologiyi-pivdnya-ukrayini> (дата звернення 09.09.2023).
44. Проблеми з водозабезпеченням, екологією, інфекції, втрати рідкісних тварин: еколог про наслідки підриву Каховської ГЕС. URL: <https://suspilne.media/498772-problemi-zvodozabezpecennam-ekologieu-infekcii-vtrati-ridkisnih-tvarin-ekolog-pro-naslidki-pidrivukahovskoi-ges/> (дата звернення 09.06.2023).
45. Паламарчук М. М., Закорчевна Н. Б. Водний фонд України: Довідковий посібник. 2-е вид., доп. Київ : Ніка-Центр, 2006. 320 с.
46. Пічура В. І., Шахман І. О., Бистрянцева А. М. Просторово-часова закономірність формування якості води в річці Дніпро. *Біоресурси і природокористування*. Київ, 2018. Т. 10, №1-2. С. 44–57.
47. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України <https://merp.gov.ua/> (дата звернення: 09.10.2023/09.10.2023)

48. Тімченко, В. М., Карпова Г. О., Гуляєва О. О., Коржов Є. І., Дубняк С. С., Дараган С. В., and Іванова Н. О. Прогноз впливу можливої реконструкції Каховської ГЕС на екосистеми пониззя Дніпра та Каховського водосховища // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Сер. Біологія Тернопіль : ТНПУ, 2015, 3/4 (64), С. 665–668
49. А. В. Мартюхін, Н. О. Волошина. Екологічні наслідки руйнування каховського водосховища, протидія терористичним актам у міському середовищі: збірник матеріалів Наукового форуму. Навчально-науковий інститут права та політології УДУ імені Михайла Драгоманова (м. Київ, 21 червня 2023 р.). – Київ : Вид-во УДУ імені Михайла Драгоманова, 2023. С. 271-272
50. Analysis of the effects of the Dniester reservoirs on the state of the Dniester river. Report of the Moldovan-Ukrainian expert group. 2019. Vienna, Geneva, Kyiv, Chisinau. 53 p.
51. Bahroun S., Chaib W. The quality of surface waters of the dam reservoir Mexa, Northeast of Algeria // Journal of Water and Land Development. 2017. No. 34. P.11–19.
52. Dubnyak S., Timchenko V. Ecological role of hydrodynamic processes in the Dnieper reservoirs . *Ecological Engineering*. 2000. Vol.
53. Khil'chevskii V. K., Khil'chevskii R. V., Gorokhovskaya M. S. Environmental aspects of chemical substance discharge with river flow into water bodies of the Dnieper River basin. *Water Resources*. 1999. 26(4). P. 453–458.
54. Khil'chevskiy V. K. Effect of agricultural production on the chemistry of natural waters: a survey. *Hydrobiological Journal*. 1994. Vol. 30. Iss. 1. P. 82-93.
55. Khilchevskiy V. K., Grebin V. V. Hydrographic monitoring of ponds in Ukraine and their classification by morphometric parameters. European Association of Geoscientists & Engineers. Conference Proceedings, XIV International Scientific Conference “Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment”, Nov. 2020, Vol. 2020. P. 1-5. DOI: 10.3997/2214-4609.202056004.

56. Khilchevskiy V., Grebin V., Dubnyak S., Zabokrytska M., Bolbot H. Large and small reservoirs of Ukraine. *Journal of Water and Land Development*. 2021. No. 49 (IV–VI).
57. Khilchevskiy V. K., Grebin V. V., Zabokrytska M. R. Abiotic Typology of the Rivers and Lakes of the Ukrainian Section of the Vistula River Basin and its Comparison with Results of Polish Investigations. *Hydrobiological Journal*. 2019. Vol. 55. Iss. 3. P. 95-102.
58. Dubnyak S., Timchenko V. Ecological role of hydrodynamic processes in the Dnieper reservoirs. *Ecological Engineering*. 2000. Vol. 16. Is. 1. P. 181-188.
59. Khilchevskiy V., Grebin V., Zabokrytska M., Zhovnir V., Bolbot H., Plichko L. Hydrographic characteristic of ponds distribution in Ukraine - basin and regional features. *Journal of Water and Land Development*, 2020. No. 46 (VII–IX) P. 140–145.
60. Khilchevskiy V. K., Oliinyk Ya. B., Zatserkovnyi V. I. Global problems of water resources scarcity // European Association of Geoscientists & Engineers. Conference Proceedings, XIV International Scientific Conference “Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment”, Nov. 2020, Vol. 2020. P. 1-5. DOI: 10.3997/2214-4609.202056001
61. Manatunge J., Priyadarshana T., Nakayama M. Environmental and social impacts of reservoirs: issues and mitigation. *Oceans and aquatic ecosystems*. 2008. Vol. I. P. 212-255.
62. Romanenko V. D. The Dnieper Reservoirs, *Their Significance and Problems*. *Hydrobiological Journal*. 2018. Vol. 30. Iss. 1. P. 3-9.
63. Sojka M., Jaskuła J., Wicher-Dysarz J., Dysarz T. Assessment of dam construction impact on hydrological regime changes in lowland river – A case of study: the Stare Miasto Reservoir located on the Powa River. *Journal of Water and Land Development*. 2016. No. 30. P. 119–125.