

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна  
Навчально - науковий інститут екології  
Кафедра екологічної безпеки та екологічної освіти

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
бакалавра  
на тему  
**ЕКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ  
ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ В МЕЖАХ ВПЛИВУ ЗАПОРІЗЬКОЇ АЕС**

Виконала: студентка 4 курсу, групи ДЕ-42  
спеціальності: 101 «Екологія»  
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Автор \_\_\_\_\_ / Юлія ФРОЛОВА  
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник \_\_\_\_\_ / доц. Катерина УТКІНА  
(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
(підпис) (ім'я та прізвище)

*«До захисту допущено»*

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ / проф. Алла НЕКОС  
(підпис) (ім'я та прізвище)

Нормоконтроль \_\_\_\_\_ / ст. лаб. Тетяна ВАУЛІНА  
(підпис) (ім'я та прізвище)

Секретар ЕК \_\_\_\_\_ / ст. лаб. Раїса САВІЦЬКА  
(підпис) (ім'я та прізвище)

Харків – 2021 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ імені В. Н. КАРАЗИНА

Навчально-науковий інститут екології  
Кафедра екологічної безпеки та екологічної освіти  
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) бакалавр  
Спеціальність 101 Екологія

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри**

\_\_\_\_\_ / проф. А. Некос  
підпис ім'я та прізвище

“14” травня 2020 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ)**

Юлії ФРОЛОВОЇ

(ім'я та прізвище)

1. Тема роботи Еколого-токсикологічна оцінка якості води водних об'єктів в межах Запорізької АЕС

керівник роботи Катерина УТКІНА, кандидат географічних наук, доцент,  
(ім'я, прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від “15” березня 2021 року №0210-05/467

2. Строк подання студентом роботи \_\_\_\_\_ 27 квітня 2021 р.

3. Перелік питань, які потрібно розробити

1. Літературний огляд стосовно еколого-токсикологічних досліджень якості поверхневих вод, у т.ч. закордонні джерела.
2. Визначення основних джерел забруднення Каховського водосховища.
3. Вивчення методики відбору проб води та визначення хронічної токсичності води.

4. Відбір проб води та проведення експерименту із визначення хронічної токсичності води.
5. Опрацювання, візуалізація отриманих результатів дослідження.

#### 4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Літературний огляд стосовно еколого-токсикологічних досліджень
2	Вивчення методики біотестування
3	Вивчення методики відбору проб
4	Відбір проб води
5	Опрацювання результатів дослідження

5. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_ 14 травня 2020 р. \_\_\_\_\_

Студент \_\_\_\_\_  
підпис

Юлія ФРОЛОВА  
ім'я і прізвище

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
підпис

доц. Катерина УТКІНА  
посада, ім'я і прізвище

## АНОТАЦІЯ

### ЕКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ВОДИ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ В МЕЖАХ ВПЛИВУ ЗАПОРІЗЬКОЇ АЕС

Юлія ФРОЛОВА

Кваліфікаційна робота «Еколого-токсикологічна оцінка якості води водних об'єктів в межах впливу запорізької АЕС» 29 сторінок, 3 розділи, 2 таблиці, 9 рисунків, 28 використаних джерел.

*Мета роботи:* проведення еколого-токсикологічної оцінки якості води водного об'єкта в межах впливу Запорізької АЕС.

*Актуальність теми.* Оцінка якості природних вод методами біотестування щороку набуває все більшої актуальності, оскільки стрімко зростає кількість небезпечних забруднюючих речовин антропогенного походження. Методи біотестування дозволяють об'єктивно і комплексно оцінювати вплив речовин на організм і його життєві процеси.

*Завдання роботи:* дослідження передбачали порівняння показників хронічної токсичності та визначити вплив Запорізької АЕС на Каховське водосховище в межах атомної станції.

*Метод.* Визначення хронічної токсичності виконано у навчально-дослідній лабораторії еколого-токсикологічних досліджень з використанням метода біотестування.

*Результати.* Каховське водосховище знаходиться під впливом Запорізької АЕС, ділянки біля покинутого річного порту та міського пляжу «Сонячний» є забрудненими. На показники міг вплинути не тільки об'єкт Запорізька АЕС, але й знаходження поряд інших джерел забруднення.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ЗАПОРОЗЬКА АЕС, МЕТОД БІОТЕСТУВАННЯ,  
КАХОВСЬКЕ ВОДОСХОВИЩЕ, ХРОНІЧНА ТОКСИЧНІСТЬ

ANOTATION  
ECOLOGO-TOXICOLOGICAL ASSESSMENT OF WATER  
PERFORMANCE IN WATER OB'KTIV IN BETWEEN FLUID  
ZAPORIZKOÏ AES  
Yuliya FROLOVA

The quality of the robot "Ecological and toxicological assessment of the quality of water and water bodies in the interflux of the locked AES" to replace the sides, contains 29 pages 3 sections, 2 tables, 9 drawings, 28 vicorian djerel.

*Meta robots:* conducting an ecological and toxicological assessment of the quality of water and water in the boundaries of the inlet of the Zaporizka AES.

*Relevance by those.* Assessment of the quality of natural waters by biotesting methods for filling up all the greater relevance, some of the rapidly growing number of non-safe, non-brute speech, anthropogenic walking. The biotesting method allows for an active and comprehensive assessment of the flow of words into the body and life processes.

*The head of the robot:* we have recently transferred the relative indicators of chronic toxicity and the value of the inflow of the Zaporizka AES on the Kakhovskoe waterway in the boundaries of the nuclear power plants.

*Method.* Determination of chronic toxicity of the viconano in the early-pre-previous laboratory, ecological and toxicological studies in the history of the biotesting method.

*Results.* Kakhovske waterway is located under the flood of the Zaporizka AES, the deluxe of the abandoned river port and the town's beach "Sonyachny" e obstructed. The indicators are not only inserted into the object Zaporozka AES, and the order of the first dzherel zabrudnennya.

KEYWORDS: ZAPOROZHYE NPP, BIOTESTING METHOD,  
KAKHOVKA RESERVOIR, CHRONIC TOXICITY

## АННОТАЦИЯ

### ЭКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ВОДЫ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ В ПРЕДЕЛАХ ВЛИЯНИЯ ЗАПОРОЖСКОЙ АЭС

Юлия ФРОЛОВА

Квалификационная работа «Эколого-токсикологическая оценка качества воды водных объектов в пределах влияния запорожской АЭС» содержит 29 страниц, 3 главы, 2 таблиц, 9 рисунков, 28 использованных источников.

*Цель работы:* проведение эколого-токсикологической оценки качества воды водного объекта в пределах влияния Запорожской АЭС.

*Актуальность темы.* Оценка качества природных вод методами биотестирования ежегодно приобретает все большую актуальность, поскольку стремительно растет количество опасных загрязняющих веществ антропогенного происхождения. Методы биотестирования позволяют объективно и комплексно оценивать влияние веществ на организм и его жизненные процессы.

*Задачи работы:* исследование предусматривали сравнения показателей хронической токсичности и определить влияние Запорожской АЭС на Каховское водохранилище в пределах атомной станции.

*Метод.* Определение хронической токсичности выполнено в учебно-исследовательской лаборатории эколого-токсикологических исследований с использованием метода биотестирования.

*Результаты.* Каховское водохранилище находится под влиянием Запорожской АЭС, участки у заброшенного речного порта и городского пляжа «Солнечный» загрязнены. На показатели мог повлиять не только объект Запорожская АЭС, но и нахождение рядом других источников загрязнения.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** ЗАПОРОЖСКАЯ АЭС, МЕТОД  
БИОТЕСТИРОВАНИЯ, КАХОВСКОЕ ВОДОХРАНИЛИЩЕ, ХРОНИЧЕСКАЯ  
ТОКСИЧНОСТЬ

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЩОДО ПРОВЕДЕННЯ ЕКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	10
1.1. Актуальність теми.....	10
1.2. Літературний огляд щодо еколого-токсикологічних досліджень якості поверхневих вод.....	11
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКОЛОГО- ТОКСИКОЛОГІЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ.....	14
2.1 Загальна інформація про об'єкт дослідження.....	14
2.2 Метод біотестування.....	16
РОЗДІЛ 3 ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТУ.....	22
ВИСНОВКИ.....	28
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	30

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Оцінка якості природних вод методами біотестування щороку набуває все більшої актуальності, оскільки стрімко зростає кількість небезпечних забруднюючих речовин антропогенного походження. Багато ксенобіотиків, що містяться у воді навіть у малих концентраціях, здатні накопичуватися у живих організмах і викликати патологічні зміни внаслідок тривалого впливу. Ще наприкінці ХХ століття у світі використовували близько 70 тисяч хімічних речовин, створених людиною, при цьому токсичні ефекти для 80 % з них не були встановлені.

Сучасні хіміко-аналітичні методи аналізу, що застосовують для оцінювання якості природних вод, не завжди ефективні, оскільки можуть мати недостатній рівень чутливості щодо малих концентрацій шкідливих речовин, не враховують синергічні ефекти речовин, а також їхню трансформацію всередині живого організму.

Методи біотестування дозволяють об'єктивно і комплексно оцінювати вплив речовин на організм і його життєві процеси. Біотестування є методичним прийомом, що базується на оцінюванні впливу фактору середовища на організм і передбачає цілеспрямоване використання живих тест-організмів для визначення токсичності водних зразків. Методи біотестування дозволяють оцінювати токсичність середовища незалежно від кількісного і якісного вмісту шкідливих речовин. Відомо, що живі об'єкти здатні відчувати токсичну дію речовин у кількостях, що навіть не реєструються технічними засобами.

**Мета роботи:** проведення еколого-токсикологічної оцінки якості води водного об'єкта в межах впливу Запорізької АЕС.

**Об'єкт дослідження:** водний об'єкт, розташований в межах Запорізької АЕС.

**Предмет дослідження:** токсичність води водного об'єкту.

**Методи дослідження:** Біотестування, польові, інформаційні.

**Завдання:**

1. Літературний огляд стосовно еколого-токсикологічних досліджень якості поверхневих вод, у т.ч. закордонні джерела;
2. Визначення основних джерел забруднення Каховського водосховища;
3. Вивчення методики відбору проб води та визначення хронічної токсичності води;
4. Відбір проб води та проведення експерименту із визначення хронічної токсичності води;
5. Опрацювання, візуалізація отриманих результатів дослідження.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ЩОДО ПРОВЕДЕННЯ ЕКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 1.1. Актуальність теми

Для попередження подальшого забруднення водних об'єктів проводиться ряд водоохоронних заходів, серед яких важливе місце займає система моніторингу, метою якої є спостереження за екологічним станом навколишнього природного середовища в області, у тому числі поверхневих вод.

Аналіз досвіду розвинених країн у означеній галузі свідчить про те, що одним із ефективних заходів щодо запобігання надходження у водні об'єкти екологічно небезпечних хімічних речовин є доповнення системи моніторингу токсикологічною інформацією. Зокрема, у країнах ближнього та дальнього зарубіжжя (Росія, Франція, Німеччина, Швеція, Норвегія, Ірландія, Англія, Канада, США, Японія) проводиться токсикологічний моніторинг стічних вод, результати якого враховуються при видачі дозволів на водокористування. Природоохоронними органами Канади розроблено систему ранжування стічних вод за критерієм їх токсичності для водних організмів. За результатами аналізу на токсичність з використанням різних тест-організмів розраховуються індекси токсичності стічних вод. У США вже з початку 80-х років для оцінки стічних вод та встановлення обмежень на їх скид у водні об'єкти використовуються методи біотестування поряд з хіміко аналітичними методами, а визначення токсичних властивостей стічних вод є обов'язковим при видачі дозволів на їх скид [1-2].

В Україні також прийнято ряд законодавчих актів, реалізація яких створює умови для здійснення екологічно безпечного водовідведення. До таких документів відносяться Постанова КМУ від 11.09.96 р. № 1100 «Про порядок розроблення і затвердження нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин, скидання яких нормується» [3]. Відповідно до Списку

А означеної постанови показник «рівень токсичності» (на основі біотестування) нормується у всіх випадках скидання стічних вод у водні об'єкти, Постанова КМУ від 20.07.96 р. № 815 «Про затвердження порядку здійснення державного моніторингу вод» [4], в якій зазначено, що показник рівень токсичності стічних вод входить до переліку обов'язкових при здійсненні спостережень за джерелами негативного впливу на екологічний стан водних об'єктів.

У нормативному документі КНД 211.1.1.106-2003 галузь застосування методу біотестування розповсюджена також на спостереження за станом поверхневих, підземних, морських вод та донних відкладень. Актуальність використання еко-токсикологічного методу при проведенні водоохоронних заходів підтверджується Рамковою Директивою 2000/60/ЕС, в якій вперше введено терміни «пріоритетні речовини» та «пріоритетні небезпечні речовини». Відповідно до Статті 16 означеної Директиви пріоритетність речовин визначається з урахуванням оцінки ризику, яка ґрунтується виключно на водній еко-токсичності та на токсичності для людини через водне середовище.

## 1.2. Літературний огляд щодо еколого-токсикологічних досліджень якості поверхневих вод

Еколого-токсикологічна оцінка та дослідження в цій галузі проводяться в Україні та закордоном регулярно, результати публікуються у фахових та інших виданнях. Нижче наведено аналітичний огляд літературних та наукових джерел.

Застосування методів біотестування представлено в роботах [5,6,7, 8,]. В основному, для біотестування використовуються гідробіонти – водорості, мікроорганізми, безхребетні, риби, але є незначна кількість робіт, де застосовуються інші тест-об'єкти.

У статті Зайнутдинова Е.М. [9] вивчено вплив певних концентрацій забруднюючих речовин в стічній воді на загальний стан Елодії канадської. Було відзначено вплив забруднюючих речовин на зміну кольору забарвлення листя

рослини, поява темних плям, пошкодження точок зростання, розпад на мутовки.

За допомогою методів біотестування також проводиться оцінка якості снігової талої води з використанням рослин.

В роботі Заворуєва В. В., [10] обґрунтовується необхідність проведення моніторингу сніжного покриву з метою визначення його токсичності. Використання методів біотестування при аналізі забрудненості снігового покриву представлена також в статті Кириєнко М. М., Черепанова А. С. [11]. Основними параметрами для оцінки ступеня токсичності проб снігової води тут були обрані: енергія проростання, відсоток схожості насіння, довжина корінця проростків, довжина пагона, маса проростків крес-салату. Дослідження посівного матеріалу коренеплідних овочевих культур сімейства капустяні для оцінки стану талої води методом біотестування показано в статті Савченко А. В., Земської Ю. К. [12].

Крім того, за допомогою метода біотестування, проводиться еколого-токсикологічна оцінка якості води. У статтях [13, 14, 15,] показана оцінка якості води на прикладі річок: Ташань, Кальмус та малі річки м. Харкова, з використанням церіодафній.

У публікації «Еколого-токсикологічна оцінка якості води р. Ташань в межах м. Зіньків Полтавської області» [13] Кривицька І. А. та Пантюх О. В. провели дослідження на хронічну токсичність відібраних проб води та визначали за допомогою методики біотестування з використанням в якості тест-об'єктів ракоподібних *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg. Встановлено, що рівень токсичності води коливався в межах 1,0-2,0 одиниць хронічної токсичності (перший та другий клас якості, вода чиста і слабо забруднена). Згідно результатів досліджень, можна зробити висновок, що річка Ташань знаходиться в задовільному стані.

В своїй роботі Бондаренко П. М., та Крайнюков О. М. «Еколого-токсикологічна оцінка стану малих річок м. Харкова» [14] представили результати аналізу 14 проб води малих річок у різні сезони року. Результати

досліджень показали наступне: 86 % (12 з 14 проб) проб води чинили хронічну токсичну дію на тест-об'єкти за показниками їх виживаності й плодючості, у тому числі чотири проби води в районі розташування ряду промислових підприємств (у створі р. Харків), та вісім проб води в зоні впливу автотранспорту (у створах рр. Харків – 4 проби та Немишля – 4 проби). Рівень токсичності води коливався в межах від 2.0 одиниць хронічної токсичності (другий клас якості, вода слабо-забруднена) до 4.0 одиниць хронічної токсичності (третій клас якості, вода помірна забруднена). Результати досліджень свідчать про необхідність використання токсикологічного показника якості поверхневих вод в якості обов'язкового при здійсненні оцінки екологічного стану водних об'єктів.

В публікації С. В. Носік, О. М. Крайнюков «Еколого-токсикологічні дослідження якості води річки Кальміус» [15] представлено результати дослідження якості поверхневих з метою оцінки їх еколого-токсикологічного стану. Встановлено, що 66 % від загальної кількості відібраних проб не відповідають встановленим нормативам якості поверхневих та зворотних вод та показникам інтегральної токсичності. Показано відсутність прямої залежності між рівнями токсичності води і значеннями перевищення ГДК речовин для води водних об'єктів рибогосподарського водокористування.

Дослідивши наукові доробки вчених, можна зробити висновок, що проведення еколого-токсикологічних досліджень займає одне із перших місць за актуальністю.

## РОЗДІЛ 2

### МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКОЛОГО-ТОКСИКОЛОГІЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ

#### 2.1. Загальна інформація про об'єкт дослідження

Енергодар – місто в Василевському районі Запорізькій області. Розташоване на лівому березі Каховського водосховища Дніпра. З 1981 року в місті почалося будівництво Запорізької АЕС, яка на теперішній час є найбільшою АЕС у Європі. Атомна електростанція розташована в степовій зоні на березі Каховського водосховища. Вона складається з шести атомних енергоблоків по 1 млн кВт кожний. Щорічно станція генерує близько 40 млрд кВт-год електроенергії, що становить п'яту частину загально річного виробництва електроенергії в державі й половину її виробництва на українських атомних станціях [16].

У січні 2021 року Запорізька атомна електростанція вперше у своїй історії вийде на повну проектну потужність. Це відбудеться після завершення планового ремонту на енергоблоках ЗАЕС та завдяки введенню в експлуатацію лінії електропередачі 750 кВ від ЗАЕС до підстанції «Каховська» [17].

Запорізька АЕС розташоване на лівому березі Каховського водосховища одне з шести великих водосховищ у каскаді на річці Дніпро, в Запорізькій, Дніпропетровській і Херсонській областях України. Довжина водосховища 230 км, пересічна ширина 9,4 (максимальна – 24 км). Площа 2155 км<sup>2</sup>, об'єм води 18,2 км<sup>3</sup>. Довжина берегової лінії 896 км. Має сезонне регулювання стоку. Коливання рівня води до 3,3 м, водообмін відбувається 2-3 рази на рік. Мертвий рівень – 12,7 м. Береги переважно круті, розчленовані глибокими балками, лише на окремих ділянках пологі. Є багато островів (наприклад орнітологічний заказник «Великі і Малі Кучугури») [18].

З водоймища починаються Каховський канал, Північно-Кримський канал і канал Дніпро — Кривий Ріг. На Каховському водосховищі розташовані річкові порти в Нікополі, Енергодарі, Кам'янці-Дніпровській. Уздовж лівого

берега водоймища проходять залізничні магістралі із Запоріжжя в Сімферополь і Херсон та Кривбас – Запоріжжя – Донбас. Є місцем відпочинку, а також аматорського й спортивного рибальства [19].

В дослідженні Каховське водосховище межах впливу Запорізької АЕС, на показники може впливати не тільки Запорізька АЕС. Біля точок відбору проб були виявлені потенційні джерела забруднення, а саме: в точці 1 розташовується база відпочинку, біля точки 2 знаходиться дачний масив та Яхт-клуб, якій знаходиться у 100 м від другою точки відбору, в точці 3 джерело забруднення річковий-порт, в точці 4 відбору проб, джерелами забруднення є міський пляж Сонячний та також «Тепловодоканал», місцерозташування джерел забруднення показано на рисунку 2.1.

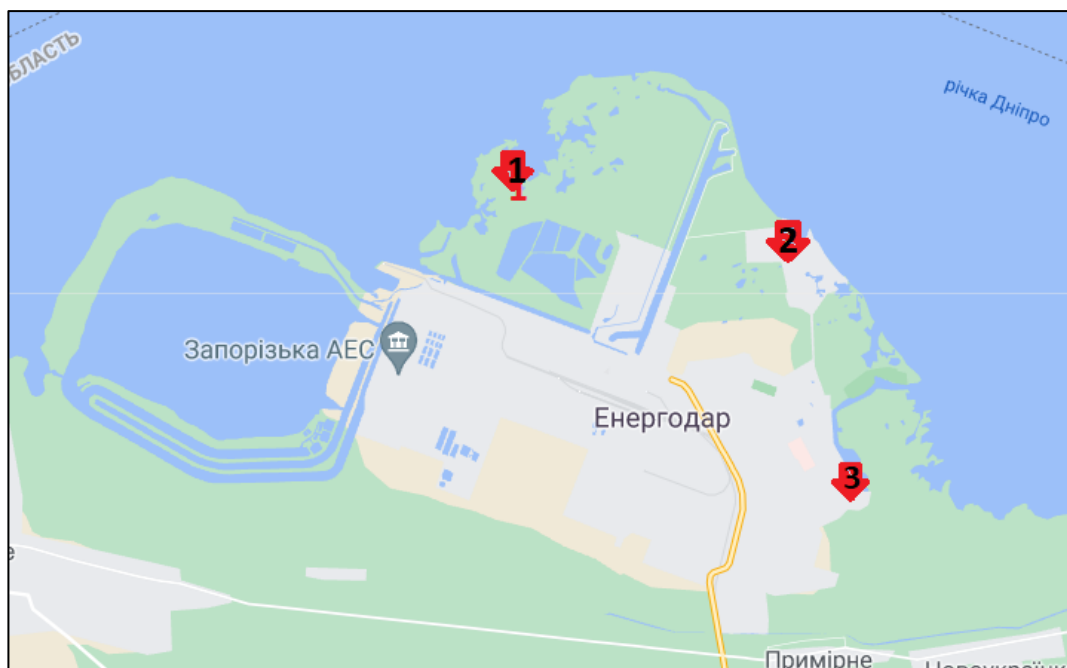


Рис. 2.1 – Карто-схема джерел забруднення

*1 – База відпочинку, 2 – Яхт-клуб «Борисфен», 3 – Тепловодоканал.*

## 2.2. Метод біотестування

Для проведення дослідження нами було обрано метод біотестування.

Відбір зразків води проходив за методикою відбору проб води для аналітичного аналізу [20]. Обраний метод включив:

- планування місць відбору зразків для аналізу;
- відбір зразків води на тестових площадках один зразок з об'єкта;
- аналіз методом біотестування.

Методи біотестування застосовуються при встановленні нормативних вимог до якості вод, контроль за дотриманням нормативів допустимих скидів, екологічному моніторингу за станом водних об'єктів.

Биотестирование води – оцінка токсичності води за відповідь реакцій водних об'єктів, які є тест-об'єктами [25].

Більш повне визначення дано в [21], де під біотестуванням розуміється один із прийомів визначення ступеня токсичної дії фізичних, хімічних і біологічних несприятливих чинників середовища, потенційно небезпечних для живих організмів екосистем, в контрольованих експериментальних лабораторних або натурних умовах шляхом реєстрації змін біологічно значущих показників досліджуваних водних об'єктів з подальшою оцінкою їх стану відповідно до обраного критерієм токсичності.

У більшості випадків методи біотестування проводять щодо риб, ракоподібних, водоростей, бактерій [22,23,25].

Методика біотестування по загибелі риб приведена в [23]. Як тест-об'єкта використовуються мальки гуппі. Методика заснована на встановленні відмінності між кількістю загиблих риб в аналізованій пробі і воді, яка не містить токсичних речовин. Критерієм гострої летальної токсичності є загибель 50 % риб і більше в досвіді в порівнянні з контролем за 96 год біотестування [25].

В [22] представлені методи визначення гострої летальної токсичності речовин на звичайних акваріумних риб сімейства коропових (*Brachydanio rerio* - *Buchanan*) і метод визначення тривалої токсичності речовин на райдужної форелі

(*Oncorhynchus mykiss* Вальбаума). Сутність першого методу також полягає у визначенні при заданих умовах концентрацій, при яких речовина є летальним для 50 % випробуваної популяції риб сімейства корошових після того, як її помістили на 24, 48, 72, 96 в воду, що містить цю речовину. Сутність другого полягає у визначенні при заданих умовах концентрацій речовин, які статистично значно знижують темпи зростання випробуваної популяції райдужної форелі після витримки 14 і 28 днів. Застосовується також метод визначення токсичності води для зародків і личинок прісноводних риб [25].

Всі ці методи можуть бути використані і для інших видів прісноводних риб. Недолік цих методів полягає в тому, що результати випробування недостатні для встановлення стандартів якості води для охорони навколишнього середовища.

Досить багато є методик біотестування щодо ракоподібних [24,23,25]. Метод визначення гноблення рухливості дафнії дозволяє вивчити вплив стічних вод або речовин, розчинених у воді, на життєдіяльність живих організмів. Суть методу полягає у встановленні концентрації забруднюючих речовин, які за 24 год іммобілізують 50 % дафній в заданих умовах.

Існує метод визначення короткочасного летального токсичного ефекту щодо встановлених видів морських рачків (*Copepoda, Crustacea*) [22]. Відомий метод визначення довгострокової полуметальної токсичності хімічних речовин, води і стічних вод по відношенню до дафніям. Сутність полягає у впливі протягом 21 дня концентрацій аналізованого речовини, стічних вод або поверхневих / ґрунтових вод на жіночі особини *Daphnia magna* Straus у віці менше 24 години. Після закінчення визначення фіксують кількість батьків і живого потомства, виробленого на світло. Кількість особин, що вижили і число нащадків, живих в кінці визначення, порівнюють з показниками для контрольних батьків. При цьому атмосфера, в якій проводять визначення, не повинна містити парів і пилу, які можуть бути токсичними для дафній. Концентрація розчиненого кисню в випробувальних розчинах повинна бути вище 3 мг/л, а величина рН повинна бути в області від 6 до 9 і не повинна змінюватися під час визначення більш, ніж на 1,5 одиниці рН. жорсткість

повинна [25] бути вище 140 мг/л. У період визначення освітленість повинна бути 16 год, темрява – 8 ч. Інтенсивність освітлення повинна бути в межах від 600 до 800 лк, але не більше 1200 лк. Температура при визначенні підтримується від 18 °С до 22 °С і не повинна коливатися більше ніж на 2 °С [22]. Для визначення токсичності вод широко застосовуються методи біотестування щодо зниження рівня біолюмінесценція бактерій *Photobacterium phosphoreum* (Cohn) Ford, щодо зниження приросту кількості інфузорій *Tetrahymena pyriformis* (Ehrenberg) Schewiakoff, з придушення зростання одноклітинних прісноводних водоростей *Scenedesmus quadricauda* (Turp) Breb [23].

Стандартний метод визначення впливу токсичних речовин на ріст прісноводних водоростей полягає в тому, що штами одного виду водоростей культивують протягом декількох поколінь в середовищі з забруднюючими речовинами. Інгібування росту водоростей вимірюють щодо темпу зростання контрольних культур [25].

В роботі [25] в якості тесторганізма застосовується одноклітинна зелена водорість *Chlorella vulgaris*. Поширений метод визначення впливу різних забруднюючих речовин на розмноження бактерій *Pseudomonas putida*, які широко поширені в водоймах з прісною водою. Суть методу полягає в визначенні швидкості росту бактерій при впливі різних концентрацій досліджуваних речовин в порівнянні зі швидкістю зростання бактерій в аналогічних умовах, але без випробовуваних речовин [22].

В [22] також представлений метод визначення впливу різних забруднюючих речовин на світіння морських бактерій *Vibrio fischeri*. Цей метод можна застосовувати для аналізу прісної води.

Недоліками вищенаведених методів біотестування є необхідність враховувати безліч чинників в процесі проведення випробування і висока тривалість аналізу. Відомі також методи біотестування з використанням в якості тест-об'єкта рослин. Використовуються насіння і проростки рослин: редису, крес-салату, кукурудзи, зернових. У більшості випадків, рослини

застосовуються при оцінці якості ґрунтового середовища і оцінці токсичності промислових стічних вод.

Визначення ступеня токсичності ґрунту за допомогою біотестування показано в статті Багдасаряна А. С. [25] на прикладі м. Ставрополя. Біотестування ґрунту проводили з використанням редису, крес-салату. Відомо токсичний вплив нафти на рослини. Поступаючи в клітини і тканини рослин, нафта викликає токсичні ефекти, які проявляються в придушенні освіти зав'язей плодів і насіння, в різних морфологічних і біологічних аномаліях, їх відмирання. В [25] методом біотестування визначено ступінь рекультивації нафтозабруднених земель на прикладі Самарської області. Як тест-організмів були обрані квасоля і пшениця. При цьому в якості показника якості ґрунту використовували співвідношення довжин надземної і підземної частин рослини.

Відома методика по пророщування насіння редиски червоного круглого [25]. Даний спосіб випробування забруднення води по зростанню коренів рослини включає рівномірну укладку 30 або 50 штук насіння редиски червоного круглого з білим кінчиком або білої гірчиці (*Sinapis alba*) на фільтрувальну папір в чашці Петрі діаметром 10 см. У кожен чашку Петрі наливають по 5 мл досліджуваної і чистої води при 4-8-кратної повторності, при цьому рівень рідини в чашках повинен бути нижче поверхні насіння, потім чашки покривають і поміщають в термостат при температурі 20 °С. А при відсутності термостата експеримент можливий в кімнатних умовах, але тоді через коливання температури ускладнюється зіставлення результатів, що проводяться в різний час.

Перед використанням чашки Петрі стерилізують в автоклаві при 2 атм протягом 10 хвилин або в киплячій воді 30 хвилин. Експеримент закінчується через 72 години. Вимірюють довжину коренів, виключаючи з ряду даних п'ять найменших значень, включаючи і не пророслі насіння. Якщо, в порівнянні з контрольними, насіння в досліджуваній воді взагалі не проросли, або ж довжина коренів у відсотках від контролю нижче 70 %, то випробувана вода не

придатна для зрошення. Поріг 70 % обґрунтовується тим, що ґрунт, завдяки сорбційної здатності, знижує інгібуючий вплив досліджуваної води. При довжині коренів в досвіді понад 120 % від контролю передбачається, що вода має стимулюючими властивостями. Дану методику можна проводити також з насінням інших рослин і, в першу чергу, тих рослин, які планується вирощувати при зрошенні [25].

Перевага даного способу біотестування полягає в простоті, відтворюваності та достовірності результатів. Цей метод може бути реалізований в польових умовах в оцінці забруднення річкової води. Перевагою також є те, що на конкретних місцях при біотестування стічних вод для зрошення рекомендується застосовувати як тест-рослини саме ті культурні рослини, які ростуть і застосовуються в сільському господарстві на даній земельній ділянці [25].

Методи біотестування дозволяють об'єктивно і комплексно оцінювати вплив речовин на організм і його життєві процеси. Біотестування є методичним прийомом, що базується на оцінюванні впливу фактору середовища на організм і передбачає цілеспрямоване використання живих тест-організмів для визначення токсичності водних зразків [26].

Для проведення дослідження якості води Каховського водосховища нами була обрана методика проведення еколого-токсикологічних досліджень, а саме: визначення хронічної токсичності [27].

Спосіб визначення рівня хронічної токсичності води ґрунтується на встановленні різниці між показниками виживаності та плодючості організмів у воді, що аналізується (дослід) та аналогічними показниками у воді, яка не містить токсичних речовин (контроль). В якості тест-об'єктів використовують церіодафній віком до 24 годин. Біотестуванню підлягають дослідна вода та її розбавлення, паралельно дослідження проводяться у контрольні пробі. Критерієм хронічної токсичності є вірогідне зниження показників виживаності та плодючості церіодафній у дослідній воді порівняно з контрольною впродовж трьох послідовних пометів за  $(7 \pm 1)$  діб [27].

Щодоби у кожній посудині з церіодафніями проводять заміну контрольної та дослідної води на відповідну свіжа приготовану і вносять корм. Під час заміни води підраховують кількість живих вихідних церіодафній та новонароджених особин. Після підрахунку новонароджених особин видаляють. Біотестування закінчують після того, як у контролі 60 % вихідних самок дадуть по три послідовних помети. Тривалість біотестування становить  $(7\pm 1)$  діб. Класифікація по визначенню хронічної токсичності наведено в табл. 2.1 [28].

Таблиця 2.1

### Класифікація по визначенню хронічної токсичності [28]

Клас якості	Ступінь забрудненості	Рівень хронічної токсичності( $OT_x$ )
I	Чиста	1,0
II	Слабко забруднена	1,1-2,0
III	Помірно забруднена	2,1-4,0
IV	Брудна	4,1-8,0
V	Дуже брудна	> 8,0

Методи біотестування дозволяють оцінювати токсичність середовища незалежно від кількісного і якісного вмісту шкідливих речовин.

Проби води відбиралися у Каховському водосховищі влітку та взимку 2020 року та навесні 2021 року. На рисунку 2.2 показано проби води, які досліджувалися.



Рис. 2.2 – Дослідна вода з церіодафніями

### РОЗДІЛ 3

## ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Дослідження якості води у водному об'єкті проводилось в літній, зимовий та весняний періоди 2020-2021 року. Кожного сезону було відібрано по 4 проби води з Каховського водосховища неподалік від атомної станції. Для визначення впливу Запорізької АЕС на якість води Каховського водосховища нами було обрано чотири точки. Місця відбору проб розташовані на різних відстанях в межах (максимальна відстань – 16,3 км) від Запорізької АЕС, точки відбору проб показані на рисунку 3.1.

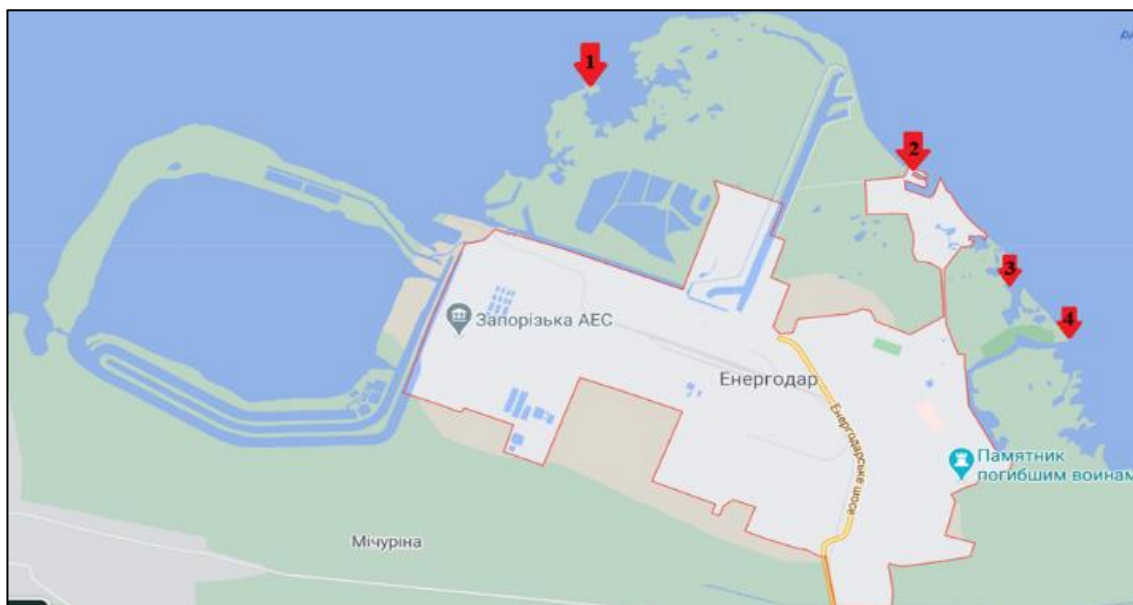


Рис. 3.1 – Карта-схема точок відбору проб

Загалом, було відібрано десять проб води.

*Опис місця розташування точок відбору проб води.* Перша точка (район Албантова зона, зона для відпочинку) розташована на відстані 8 км від атомної станції, друга точка знаходиться біля адреси: вулиця ДАЧІ 1, дачний масив, відстань від атомної станції 13,4 км, третя точка розташована на покинутому Річному порті (відстань від атомної станції – 15,2 км) та четверта точка – біля

міського пляжу «Сонячний» (відстань від атомної станції – 16,3 км). Такий підхід до обрання точок відбору проб було застосовано для об’єктивного оцінювання якості водних об’єктів в межах впливу Запорізької АЕС.

Аналіз зразків проводився у навчально-дослідній лабораторії еколого-токсикологічних досліджень Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Результати дослідження стану водного об’єкта в межах Запорізької АЕС за методикою біотестування з визначенням хронічної токсичності з використанням в якості тест-організмів представників ракоподібних влітку, взимку та навесні представлено на рисунку 3.2

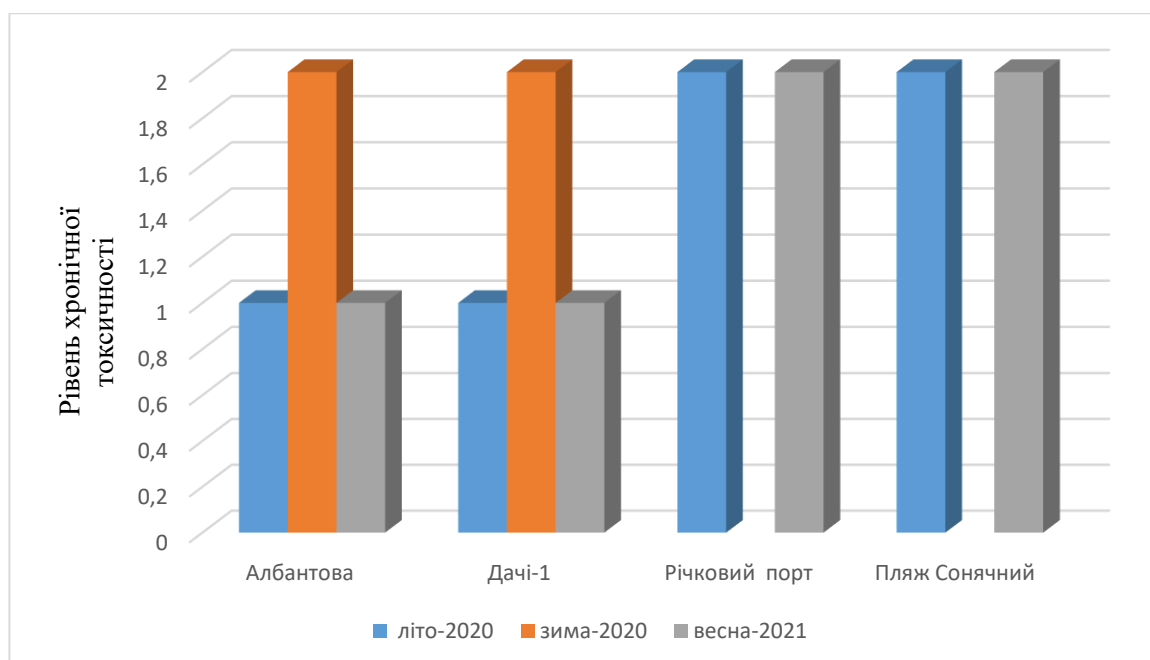


Рис.3.2 – Сезонна динаміка якості води Каховського водосховища за токсикологічним показником

Детальний аналіз отриманих результатів за кожною точкою наведено нижче.

#### *Точка 1 – Албантова зона відпочинку*

Проба, відібрана влітку, показала відсутність хронічної токсичності і, відповідно, має ступень забруднення I (чиста). Взимку аналіз хронічної токсичності виявив ступень забруднення II (слабо забруднена), на показник змогло вплинути

джерело забруднення зона відпочинку та скоріш за все це пов'язано з низькою температурою і уповільнення процесів самоочищення. На весні аналіз проби показала відсутність хронічної токсичності ступень забруднення I (чиста) – (рис 3.3).

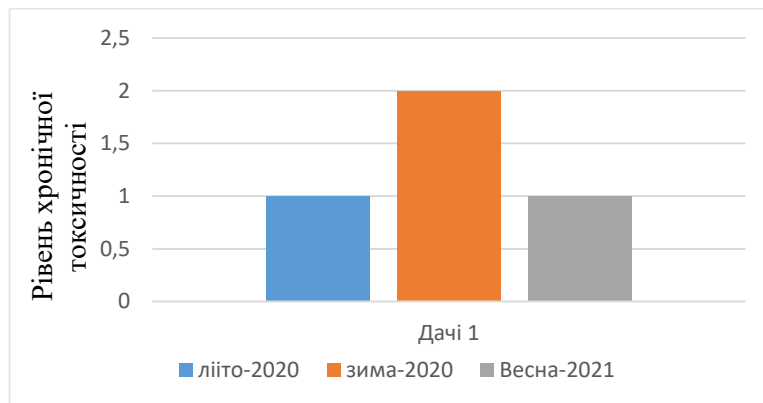


Рис.3.3 – Результати еколого-токсикологічного дослідження проби 1  
«Албантова зона відпочинку»

#### Точка 2 – Дачі-1, дачний масив

Аналіз на еколого-токсикологічну оцінку проби 2 (Дачі 1) показав такі результати: проба відібрана влітку показала відсутність хронічної токсичності і відповідно, має ступень забруднення I (чиста). Взимку аналіз хронічної токсичності виявив ступень забруднення II (слабо забруднена) скоріш за все джерелом забруднення являється яхт-клуб "Борисфен", також могла вплинути низька температура. На весні ступень забруднення I (чиста) – (рис 3.4).

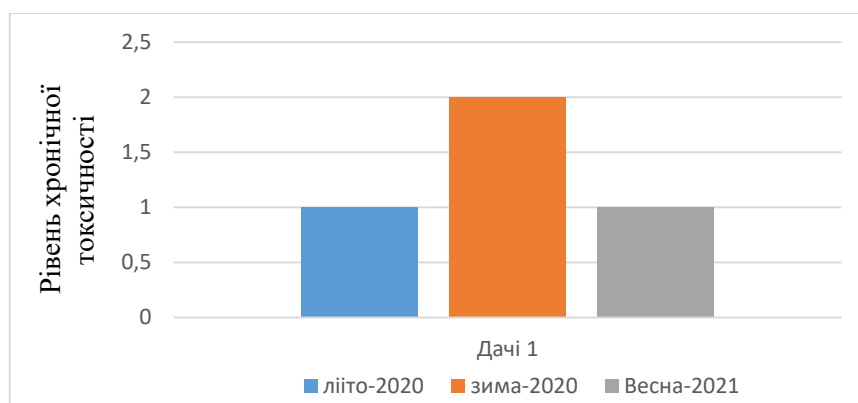


Рис.3.4– Результати еколого-токсикологічного дослідження проби 2  
«Дачі-1»

### *Точка 3 – Річковий порт*

Дослідження проби 3 (Річковий порт) показали такі результати: проба відібрана влітку показала хронічну токсичність і відповідно, має ступень забруднення II (слабо забруднена). Взимку аналіз хронічної токсичності не змогли провести через погодні умови. Навесні хронічна токсичність виявлена ступень забруднення II (слабо забруднена) – (рис.3.5).

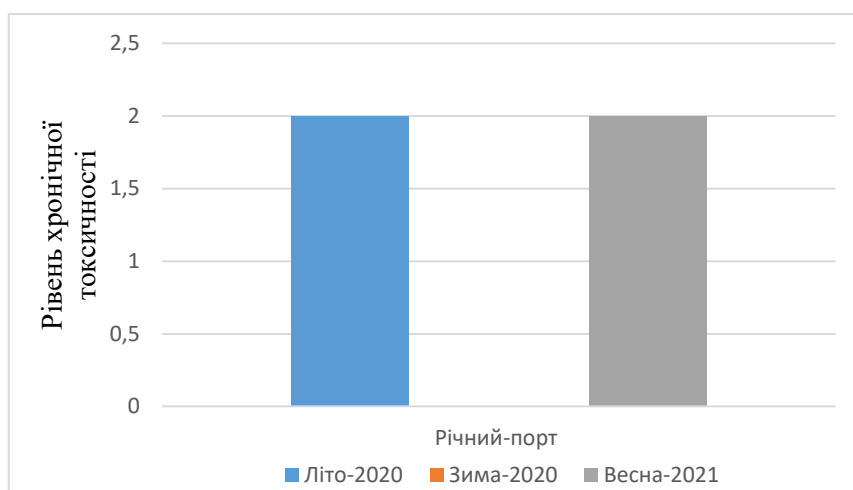


Рис.3.5 – Результати еколого-токсикологічного дослідження проби 3 «Річковий порт»

### *Точка 4 - Пляж «Сонячний»*

Аналіз проби 4 на хронічну токсичність показав такі результати: проба відібрана влітку показала хронічну токсичності і, відповідно, має ступень забруднення II (слабо забруднена). Взимку аналіз хронічної токсичності не змогли провести через погодні умови. Навесні хронічна токсичність показала ступень забруднення II (слабо забруднена) – (рис 3.6).

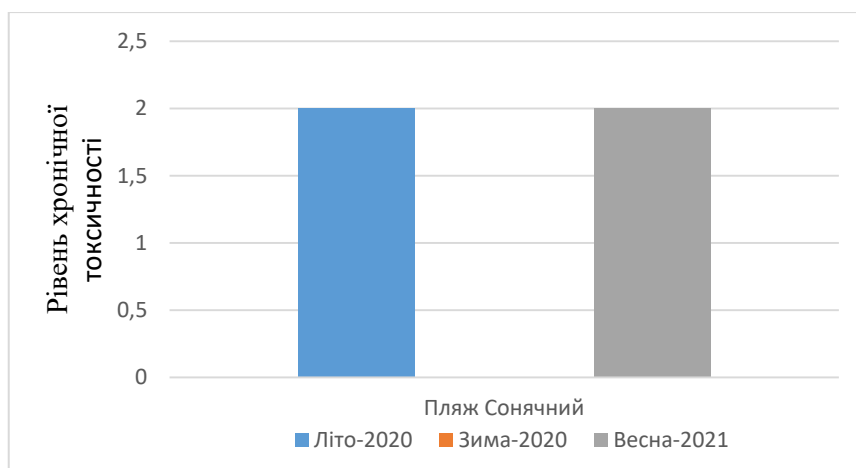


Рис.3.6 – Результати еколого-токсикологічного дослідження проби 4  
«Пляж Сонячний»

Узагальнені результати дослідження показано в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

**Результати визначення хронічної токсичності 2020-2021р.**

№	Місце відбору проб	Дата відбору проб	Результати визначення хронічної токсичності <u>Клас якості води</u> Ступінь забрудненості
1	Албантова	12.06.2020	I Чиста
		08.12.2020	II Слабо забруднена
		28.04.2021	I Чиста
2	Дачі 1	12.06.2020	I Чиста
		08.12.2020	II Слабо забруднена
		28.04.2021	I Чиста
3	Річковий-порт	12.06.2020	II Слабо забруднена
		28.04.2021	II Слабо забруднена
4	Пляж Сонячний	12.06.2020	II Слабо забруднена
		28.04.2021	II Слабо забруднена

Як можна побачити, переважна більшість проб (60 %) показали рівень токсичності II – слабо забруднена (рис.37). Лише проби води «Албантова зона відпочинку» та «Дачі-1» влітку 2020 р. та навесні 2021 р. можна було охарактеризувати як «чисті».

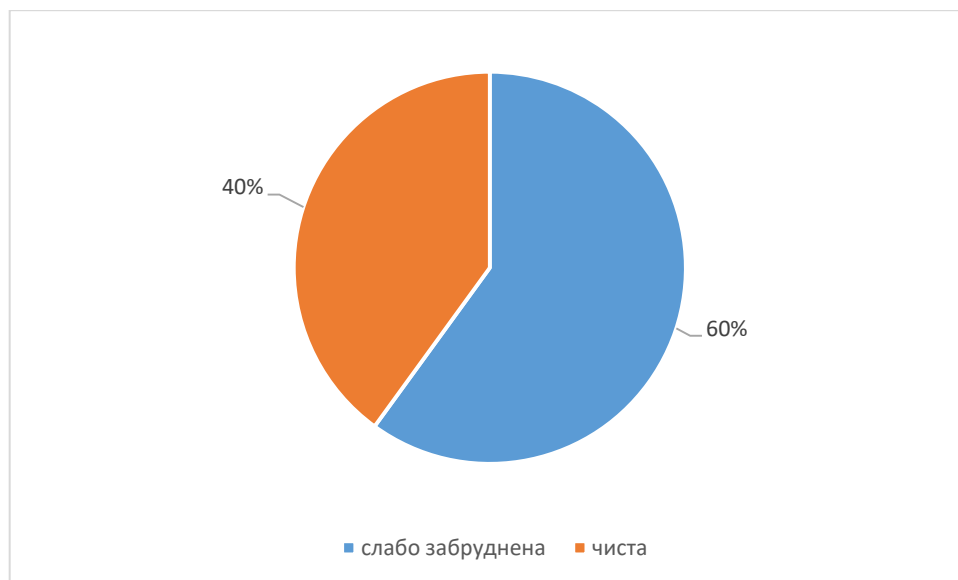


Рис.3.7 – Узагальнені результати дослідження ступеня забрудненості води у Каховському водосховищі, яке знаходиться в межах впливу Запорізької АЕС

Згідно результатів дослідження можна зробити висновок що Каховське водосховище знаходиться під впливом Запорізької АЕС. Також на якість води у водосховищу можуть впливати інші джерела забруднення. Зокрема, база відпочинку, яхт-клуб «Борисфер» та «Тепловодоканал». Ділянки біля покинутого річного порту та міського пляжу «Сонячний» є забрудненими – виявлена хронічна токсичність (клас II- слабо забруднена). На показники зміг вплинути не тільки об'єкт Запорізька АЕС, але й знаходження міського пляжу та річного порту.

## ВИСНОВКИ

1. Методи біотестування дозволяють об'єктивно і комплексно оцінювати вплив речовин на організм і його життєві процеси. Вони дозволяють оцінювати токсичність середовища незалежно від кількісного і якісного вмісту шкідливих речовин. Для оцінки впливу Запорізької АЕС на стан води Каховського водосховища нами було обрано метод еколого-токсикологічної оцінки. В якості тест-об'єктів використовують церіодафній віком до 24 годин. Критерієм хронічної токсичності є вірогідне зниження показників виживаності та плодючості церіодафній у дослідній воді порівняно з контрольною впродовж трьох послідовних пометів за  $(7 \pm 1)$  діб.

2. Для проведення дослідження нами було відібрано 10 проб води у 4 точках, які знаходяться на різних відстанях від Запорізької АЕС. Максимальна відстань – 16,3 км. Такий підхід до обрання точок відбору проб було застосовано для об'єктивного оцінювання якості водних об'єктів в межах впливу Запорізької АЕС. Також визначено додаткові джерела забруднення Каховського водосховища. Період проведення експерименту: літо та осінь 2020 р., весна 2021 р. Аналіз зразків проводився у навчально-дослідній лабораторії аналітичних еколого-токсикологічних досліджень Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна.

3. *Точка 1 – Албантова зона відпочинку та точка 2 – Дачі-1, дачний масив* показали однакові результати. Проби, відібрані влітку 2020 р. та навесні 2021 р., показали відсутність хронічної токсичності і, відповідно, мають ступень забрудненості I (чиста). Взимку аналіз хронічної токсичності виявив ступень забруднення II (слабо забруднена). *Точка 3 – Річковий порт та точка 4 - Пляж «Сонячний»* також показали однакові результати. Проби, відібрані влітку 2020 р. та навесні 2021 р., показали хронічну токсичність і відповідно, мають ступень забрудненості II (слабо забруднена). Взимку аналіз хронічної токсичності не змогли провести.

4. Таким чином, переважна більшість проб (60 %) показали рівень токсичності II – слабо забруднена. Лише проби води «Албантова зона

відпочинку» та «Дачі-1» влітку 2020 р. та навесні 2021 р. можна було охарактеризувати як «чисті».

5. Каховське водосховище знаходиться під впливом Запорізької АЕС, ділянки біля покинутого річного порту та міського пляжу «Сонячний» є забрудненими. На показники міг вплинути не тільки об'єкт Запорозька АЕС, але й знаходження поряд інших джерел забруднення.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Manual for the Evaluation of Laboratories Performing Aquatic Toxicity Tests. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development. EPA/600/4-90/031. Cincinnati, 1991. 108 p.
2. Kusai T. II The Scintific world Journal. 2002. P. 537-541.
3. Про порядок розроблення і затвердження нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин, скидання яких нормується: Постанова Кабінету Міністрів України від 11.09.1996 р. №1100. URL: [http://search.ligazakon.ua/l\\_doc2.nsf/link1/ed\\_2012\\_10\\_17/](http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/ed_2012_10_17/) (дата звернення: 05.09.2020).
4. Про затвердження порядку здійснення державного моніторингу вод: Постанова Кабінет Міністрів України від 20.06.1996 р. №815. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/815> ( дата звернення 05.09.2020).
5. Астахов М. В. Використання штучних субстратів при оцінці якості води в річках за видовим складом донних водоростей. *Вода: хімія і екологія*. 2012. (№ 4) С. 57.
6. Гаріпова І. М. Дослідження якості води ВАТ Водоканал методом біотестування. *15 Аспірантскомагістерского: матеріали наук. семінар, м.Казань, 5-7 груд., 2011. Казань, 2012. С. 215-216*
7. Калінкіна Н. М. Біотестування токсичності донних відкладень великих водойм північного заходу Росії з використанням ракоподібних. *Екологічні проблеми північних регіонів та шляхи їх вирішення: матеріали міжнар. наук. конф. м. Апатити, 2012. С. 190-194.*
8. Пушкар В. Я. Біотестування біологічно очищених стічних вод: *Екологія і промисловість Росії*. 2006. (№ 4.) С.29.
9. Зайнутдинова Е. М. Біотестування якості стічних вод *.Сучасні проблеми безпеки життєдіяльності: досвід, проблеми, пошуки вирішення: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. м. Казань, 2010. С. 909.*

10. Заворуєв В. В. Екологічний моніторинг: біотестування токсичності снігового покриву в районах м Красноярська з різним індексом забруднення атмосфери: *Інженерна екологія*. 2012. (№ 3). С. 38.
11. Кириєнко М. М., Черепанова А.С. Використання методів біотестування при аналізі забруднення снігового покриву р Красноярська: *Вісник КрасГАУ*. 2012. ( № 5). С.244.
12. Савченко А. В., Земскова Ю. К. Дослідження посівного матеріалу коренеплідних овочевих культур сімейства капустяні для оцінки стану талої води методом біотестування: *Зб. науч. тр. – Рязано. держ. агротехнол. ун-т.*, 2011. (№ 9). С. 405.
13. Кривицька І. А., Пантюх О. В. Еколого-токсикологічна оцінка якості води р. Ташань в межах м. Зіньків Полтавської області: *Охорона довкілля: матеріали XIV Всеукр. наук таліївських читань*, м. Харків 2018. С.92-93.
14. Бондаренко П. М., Крайнюков О. М. Еколого-токсикологічна оцінка стану малих річок м. Харкова: *Охорона довкілля: матеріали VIII Всеукр. наук таліївських читань*, м. Харків 2012. С.11-16.
15. Носік С. В., Крайнюков О. М. Еколого-токсикологічні дослідження якості води річки Кальміус: *Охорона довкілля: матеріали VIII Всеукр. наук таліївських читань*. м. Харків 2012. С.151-156.
16. Місто Енергодар: Енергодарська міська рада. URL: <https://www.en.gov.ua> (дата звернення: 15.12.2020).
17. Запорізька АЕС: Запорізька АЕС. URL: <https://www.npp.zp.ua/uk/home> (дата звернення: 15.12.2020).
18. Каховське водосховище: Енциклопедія сучасної України. URL: <http://esu.com.ua/> ( дата звернення: 25.03.2021)
19. Каховське водосховище: Енциклопедія сучасної України. URL: <http://esu.com.ua/> ( дата звернення: 25.03.2021)
20. Про затвердження Інструкції з відбирання, підготовки проб води і ґрунту для хімічного та гідробіологічного аналізу гідрометеорологічними

станціями і постами. Постанова Кабінет Міністрів України від 19.01.2012 р. №30. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0030388-16>.

21. Парфьонова Г. К. Антропогенні зміни гідрохімічних показників якості: «*Аграф-прес*». 2010. №50 С.204.

22. Фомін Г. С. Вода. Контроль хімічної, бактеріальної та радіаційної безпеки за міжнародними стандартами. *Видавництво «Протектор»*. 2000.№5. С.848.

23. Керівництво по визначенню методом біотестування токсичності вод, донних відкладень, забруднюючих речовин і бурових розчинів: *РЕФІА, НІА-Природа*. 2002.

24. Григор'єв Ю. С. Нова методика біотестування вод на водорості сценедесмус. *Поводної екотоксикології, посвящ. пам'яті Б .А. Флерова "Антропогенний вплив на водні організми та екосистеми: матеріали 4 Всеросс. конф. м. Борок, 2011.С. 11-13.*

25. Євдокимова О. Ю. Біотестування комплексу гідрохімічних показників річкової води за багаторічними динаміці (на прикладі річки Мала Кокшага): дис. канд.хім.наук: 03.02.08. Йошкар-Ола. 2014 С.24-29.

26. Бризкати В. А., Хорунжої Т. А. Методи біоіндикації і біотестування природних вод : *Гидрометеоиздат*. 1989 (№2). С.276.

27. Крайнюков О. М.. Алгоритми і способи визначення рівнів гострої летальної і хронічної токсичності води: *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*.2016 №1-2(25). С.14-19.

28. Крайнюков О. М.. Алгоритми і способи визначення рівнів гострої летальної і хронічної токсичності води: *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*.2016 №1-2(25). С.18.