

**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра загальної та прикладної екології і зоології

**Кваліфікаційна робота
бакалавра**

на тему ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН МАЛИХ РІЧОК МІСТА ЗАПОРІЖЖЯ
ECOLOGICAL CONDITION OF SMALL RIVERS OF ZAPORIZHZNIA CITY

Виконав: студент 4 курсу, групи 6.1019
спеціальності 101 Екологія
освітньо-професійної програми «Екологія, охорона
навколишнього середовища та збалансоване
природокористування»

Комаров І. П.

Керівник доцент, доцент, к.б.н. Костюченко Н. І.

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

Запоріжжя – 2023

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Біологічний факультет

Кафедра загальної та прикладної екології і зоології

Рівень вищої освіти бакалавр

Спеціальність 101 Екологія

Освітньо-професійна програма Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

О.Ф. Рильський

« 16 » листопада 2022 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ

Комарову Іллі Петровичу

-
1. Тема роботи Екологічний стан малих річок міста Запоріжжя
керівник роботи Костюченко Наталія Іванівна, к.б.н, доцент
затверджена наказом ЗНУ від « 06 » 02 2023 р. № 221-с
 2. Строк подання студентом роботи « 8 » червня 2023 року
 3. Вихідні дані до роботи матеріали експериментальних досліджень, особисті спостереження, літературні посилання на авторів
 4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
 - 1) визначити відсоток енергії проростання насіння тест-культур *Triticum aestivum L.* та *Lycopersicon esculentum Mill.*(%)
 - 2) провести оцінку токсичності води за допомогою «ростового тесту» та визначити фітотоксичний ефект;
 - 3) розрахувати фітотоксичний ефект води з річки Суха Московка.
 5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
таблиці 2.1, 3.1–3.2; рисунки 2.1, 3.1–3,2; Додатки А, Б, В

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ім'я, по-батькові та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	Костюченко Н.І., к.б.н., доцент		

7. Дата видачі завдання 16 листопада 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1.	Огляд літературних джерел. Написання відповідного розділу роботи.	лютий 2023	Виконано
2.	Вивчення, засвоєння методик дослідження. Написання розділу 2 роботи.	березень 2023	Виконано
3.	Засвоєння правил техніки безпеки під час виконання експериментальної частини. Написання відповідного розділу роботи.	квітень 2023	Виконано
4.	Проведення експериментальних досліджень. Оформлення результатів експерименту (таблиці, рисунки). Написання 3 розділу роботи.	квітень – травень 2023	Виконано
5.	Оформлення кваліфікаційної роботи. Передзахист роботи.	червень 2023	Виконано
6.	Рецензування кваліфікаційної роботи	червень 2023	Виконано
7.	Захист кваліфікаційної роботи	червень 2023	Виконано

Студент

І. П. Комаров

Керівник роботи

Н. І. Костюченко

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер

Н. І. Костюченко

РЕФЕРАТ

Дана робота викладена на 54 сторінках друкованого тексту, містить 5 таблиць, 3 рисунки, додатки. Перелік посилань складається з 42 джерел, з них 5 іноземною мовою.

Об'єктом дослідження є екологічний стан води річки Суха Московка.

Предметом дослідження є фітотоксичні властивості води річки Суха Московка в межах міста Запоріжжя.

Методи досліджень: біоіндикаційні («ростовий тест» на плаваючих дисках), аналітичні, статистичні.

Метою даної роботи було оцінити екологічний стан малих річок міста Запоріжжя на прикладі річки Суха Московка методом фітотестування з використанням рослинних тест-систем.

Теоретично та експериментально визначено гальмування енергії проростання насіння тест культури за вирощування на воді з річки Суха Московка, що відбиралась на території Шевченківського району м. Запоріжжя. Встановлено слабкий рівень фітотоксичності за двома параметрами (висота проростків і довжина коренів) для тест-культур за вирощування на пробах досліджуваної води (ФЕ становив 14,17-15,37%). З двох біоіндикаторів найбільш чутливою до поллютантів за двома параметрами (висота проростків і довжина коренів) виявилась тест-культура *Lycopersicon esculentum* Mill.

ФІТОТЕСТУВАННЯ, СУХА МОСКОВКА, МАЛІ РІЧКИ, РОСТОВИЙ ТЕСТ, ФІТОТОКСИЧНІСТЬ, ТЕСТ КУЛЬТУРА

ABSTRACT

In the work 54 pages 5 tables, 3 pictures were used 42 literary sources, including 5 in a foreign language.

The object of the research is ecological state of river Sukha Moskovka.

The subject of the study is the phytotoxic properties of the water of the river Sukha Moskovka within the city of Zaporizhzhia.

Research methods: bioindicative ("growth test" on floating discs), analytical, statistical.

The purpose of this work was to assess the ecological condition of small rivers in the city of Zaporozhye using the example of the river Sukha Moskovka by the phytotesting method using plant test systems.

Theoretically and experimentally determined inhibition of seed germination energy of a test crop grown on water from the river Sukha Moskovka, which was sampled on the territory of the Shevchenkiv district of the city of Zaporizhzhia, was determined. A weak level of phytotoxicity was established for two parameters (seedling height and root length) for test crops grown on the tested water samples (PhE was 14.17-15.37%). Of the two bioindicators, the test culture *Lycopersicon esculentum* Mill turned out to be the most sensitive to pollutants in terms of two parameters (seedling height and root length).

PHYTOTESTING, SUKHA MOSKOVKA, SMALL RIVERS, GROWTH TEST, PHYTOTOXICITY, PLANT TEST

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	8
1.1. Річки та їх характеристика.....	8
1.2. Малі річки та їх охорона.....	10
1.3. Класифікація джерел антропогенного впливу на водні об'єкти.....	13
1.4. Географічне положення та особливості річки Суха Московка.....	15
1.5. Антропогенне забруднення річки Суха Московка.....	16
1.6. Методи біоіндикації води.....	19
2. МАТЕРІАЛИ ТА ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	26
2.1. Об'єкт дослідження.....	26
2.2. Методика оцінки токсичності води за допомогою «ростового тесту».....	27
2.3. Статистична обробка отриманих результатів.....	29
3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....	32
3.1. Енергія проростання та морфометричні показники тест-культури при вирощуванні на воді малої річки Суха Московка.....	32
3.2. Визначення фітотоксичності річки Суха Московка.....	35
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	39
ВИСНОВКИ.....	42
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	43
ДОДАТКИ.....	48

ВСТУП

Актуальність дослідження бакалаврської роботи. Малі річки є важливими екосистемами, які забезпечують життєдіяльність багатьох міст і заселених територій. Однак, у сучасному світі, екологічний стан малих річок наражається на серйозні загрози внаслідок антропогенного впливу.

Запоріжжя як одне з найбільших індустріальних міст України стикається з проблемою збереження екологічної рівноваги у малих річках. Це викликає побоювання щодо стану водних ресурсів, біорізноманіття та здоров'я населення. Вивчення екологічного стану малих річок Запоріжжя має важливе значення для розуміння проблеми забруднення водних систем у міському середовищі та розробки ефективних заходів щодо охорони навколишнього середовища.

Метою даної роботи було оцінити екологічний стан малих річок міста Запоріжжя на прикладі річки Суха Московка методом фітотестування з використанням рослинних тест-систем.

Для досягнення поставленої мети було сформовано та виконано такі завдання:

- 1) визначити відсоток енергії проростання насіння тест-рослин *Triticum aestivum* L. та *Lycopersicon esculentum* Mill.;
- 2) оцінити фітоксичність води р. Суха Московка за показниками фітотоксичного ефекту;
- 3) порівняти чутливість і тест-реакцію тест-рослин *Triticum aestivum* L. та *Lycopersicon esculentum* Mill. до можливих поллютантів.

Об'єкт дослідження – екологічний стан води річки Суха Московка.

Предмет дослідження: фітотоксичні властивості води малої річки Суха Московка в межах міста Запоріжжя.

Методи дослідження: біоіндикаційні («ростовий тест» на плаваючих дисках), аналітичні, статистичні.

Наукова новизна роботи: проведено дослідження екологічного стану і фітоксичності р. Суха Московка методами біоіндикації («ростовий тест») з використанням різних тест-систем.

Значення результатів наукового дослідження: отримані результати можуть бути використані при проведенні подальшого моніторингу екологічного стану малих річок м. Запоріжжя для вироблення рекомендацій та заходів щодо збереження та відновлення екологічного балансу у цих водних системах.

Результати експериментальних досліджень кваліфікаційної роботи здобувача освіти можуть бути використані у змісті навчальних дисциплін:

1. Гідробіологія.
2. Екологія та неоекологія.
3. Біоіндикація.
4. Моніторинг довкілля

1. ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1. Річки та їх класифікація

Річки є одним з найважливіших компонентів екосистеми та відіграють важливу роль у підтримці біологічної різноманітності та забезпеченні життєдіяльності різних організмів, включаючи людину. Річки також є джерелом прісної води, яка є необхідним ресурсом для багатьох аспектів життя, включаючи питну воду, сільське господарство, промисловість та енергетику.

Класифікація річок ґрунтується на різних факторах, включаючи розмір, режим живлення, джерело води, рельєф та географічне положення. Ось деякі загальні типи річок, які враховують ці фактори:

А. Класифікація за розміром:

– великі річки: мають велику довжину та водний потік, як, наприклад, Амазонка або Ніл. Вони часто протікають через декілька країн та забезпечують важливі транспортні шляхи та економічні можливості;

– середні річки: помірного розміру, що часто протікають в межах однієї країни. Можуть мати значне значення для місцевої економіки та забезпечувати прісну воду для навколишніх населених пунктів;

– малі річки та струмки: мають невеликі розміри та потоки води. Вони часто є частиною великих водних систем і можуть забезпечувати важливі водні ресурси для місцевої флори та фауни.

Б. Класифікація за режимом живлення:

– гірські річки: живляться головним чином снігом та льодовиковими таненнями. Їхній потік води може мати сезонну мінливість, з найбільшим обсягом навесні та влітку;

– плоскогірні річки: мають більш помірний режим живлення і живляться переважно дощами та поверхневими водами. Їхній потік води може бути більш постійним протягом року;

– лісові річки: протікають через лісові ділянки та живляться головним чином атмосферними опадами та підземними джерелами. Їх режим живлення може бути помірним.

В. Класифікація за рельєфом:

– гірські річки: протікають через гірські системи та часто формують ущелини, водоспади та каньйони;

– рівнинні ріки: протікають через рівнини і характеризуються більш плавним та повільним перебігом.

Г. Класифікація за географічним розташуванням:

– локальні річки: протікають усередині обмеженої території, зазвичай мають невелику довжину;

– міжнародні річки: протікають через кілька країн і мають велике значення для міжнародного співробітництва та управління водними ресурсами.

Класифікація річок має велике значення для розуміння та управління водними ресурсами, розробки планів водогосподарського будівництва, а також для оцінки екологічної цінності та сталого використання річкових екосистем.

Річки є прісноводними потоками, які протікають від джерела води до гирла, їх довжина може змінюватись від кількох кілометрів до тисяч кілометрів. Річки мають різну течію, включаючи швидкоплинні, повільні або стоячі ділянки, і швидкість їх течії залежить від градієнта русла та обсягу води.

Русло річки являє собою канал, яким протікає вода, і може бути прямим або звивистим, широким або вузьким. Дно річки може складатися з різних матеріалів, таких як пісок, галька, скелі або бруд. Річки утворюють річкові мережі, що включають притоки, галузі та гирла. Притоки – це менші річки чи потоки, які приєднуються до основний річці, а галузі – це другорядні русла, які тимчасово чи постійно відхиляються від головного русла. Устя ж є місцем, де річка впадає в іншу річку, озеро, море або океан.

Річки мають велике значення для екосистем та біорізноманіття. Вони забезпечують унікальні умови для життя різних видів рослин та тварин, включаючи рибу, водних комах, птахів, рептилій та ссавців. Крім того, річки мають водогосподарське значення, надаючи прісну воду для пиття, сільського господарства, промисловості та інших цілей. Вони є джерелом водопостачання, зрошення та гідроенергії для багатьох регіонів світу.

Культурне значення річок також величезне. Вони є місцем риболовлі, плавання та рекреації, а також є важливими для культурних заходів. Річки часто мають глибокі зв'язки з історією, міфологією та культурою населення, що проживає вздовж їхніх берегів.

Враховуючи всі ці фактори, річки вимагають сталого управління та охорони, щоб зберегти їхню екологічну цінність та забезпечити стійке використання природних ресурсів. Це передбачає розробку планів водогосподарського будівництва, оцінку екологічного впливу та вжиття заходів для зниження забруднення та збереження природних екосистем річок.

1.2. Малі річки та їх охорона

Згідно з критеріями, встановленими Водним кодексом України, малими річками вважаються водотоки, що мають площу водозбору не більше 2000 км², при умові, що вони розташовані в одній фізико-географічній зоні. Щодо довжини водотоку, річки, які не перевищують 100 км, відносяться до категорії малих річок. Однак така штучна класифікація не повністю відображає природні умови формування річкових систем. Наприклад, у степовій зоні з рідким гідрографічним мережевим патерном, водотік довжиною до 100 км може вважатися значним, тоді як в Поліссі, де є значна кількість річок, до категорії малих можуть входити навіть річки довжиною 200 км.

Отже, для практичної діяльності з охорони водних ресурсів діапазон річок, які відносяться до малих, може бути значно ширшим і залежить від конкретних умов місцевості або регіону.

Малі ріки є надзвичайно чутливими до впливу людської діяльності. Значна кількість малих річок повністю або частково зникли через різноманітні причини, включаючи природні та антропогенні фактори, такі як зміна клімату, модифікація русел, природні процеси сукцесії, осушення земель, використання води для господарських потреб, будівництво водосховищ, лісозаготівлі, зайняття земель, розширення населених пунктів, індустріальне розвитку, будівництво транспортних мереж та інше. Багато з цих річок покриті асфальтом у великих містах або приховані у підземних трубах, а деякі висохли через забруднення джерел і забруднення [7].

Стан малих річок є важливим показником стану річкової системи в будь-якій країні. Тому велике значення мають спеціальні комплексні заходи для збереження малих річок від зниження рівня води, забруднення та пересихання, а також для зменшення негативного впливу людських факторів.

Масштаби забруднення ландшафтів річкових долин під тиском людської діяльності постійно зростають. Це включає різноманітне комплексне забруднення ландшафту: механічне, теплове, шумове, електромагнітне, хімічне та біологічне забруднення. Охорона природи та захист її ресурсів є важливим завданням нашого часу. Основною метою цього розділу є розкриття законодавчої інформації, що стосується практичних заходів з охорони річок.

Заходи з охорони малих річок визначено у ст. 80 Водного кодексу України. Зокрема, з метою охорони водності малих річок забороняється:

- змінювати рельєф басейну річки;
- руйнувати русла річок, струмків та водотоків, що пересихають;
- прямувати русла річок, поглиблювати їх дно нижче природного рівня або перекривати їх без влаштування водостоків, перепусків або акведуків;

- зменшувати природне рослинне покриття і лісистість басейну річки;
- розорювати заплавні землі та застосовувати на них хімічні засоби;
- проводити осушувальні меліоративні роботи на заболочених ділянках та урочищах у верхів'ях річок;
- надавати земельні ділянки у заплавах річок для будь-якого будівництва, крім гідротехнічних, гідрометричних та лінійних споруд, а також для садівництва та городництва;
- здійснювати будь-які інші роботи, що можуть негативно впливати або вже впливають на рівень води і якість води у річці [9].

Водокористувачі та землекористувачі, яких землі розташовані в басейні річок, виконують комплексні заходи для збереження водності річок та захисту їх від забруднення і засмічення. Однак на сучасному етапі розвитку господарства часто порушуються зазначені заборони.

Згідно зі статтею 86 Водного кодексу України, на землях водного фонду є можливість проведення різноманітних видів робіт. Ці роботи охоплюють будівництво гідротехнічних, лінійних та гідрометричних споруд, поглиблення дна для полегшення судноплавства, видобування корисних копалин (за винятком піску, гальки і гравію у руслах малих та гірських річок), очищення русел річок, каналів та днища водойм, прокладання кабелів, трубопроводів, інших комунікацій, а також проведення бурових та геологорозвідувальних робіт.

Місця і порядок проведення цих робіт визначаються за проектами, які погоджуються з відповідними державними адміністраціями, включаючи обласні, Київську та Севастопольську міські державні адміністрації, органи виконавчої влади Автономної Республіки Крим з питань охорони навколишнього природного середовища, центральний орган виконавчої влади з водного господарства (за винятком робіт на морських територіях) і центральний орган виконавчої влади з геологічного вивчення та раціонального використання надр [9] .

1.3. Класифікація джерел антропогенного впливу на водні об'єкти

Для дослідження якості води у водоймах використовують системний підхід, розглядаючи їх як відкриті системи, в яких відбувається обмін енергією та речовиною з навколишнім середовищем. Якість поверхневих вод залежить від двох основних факторів: зовнішніх впливів, таких як надходження екзотичних забруднювачів у водойму із зовнішніх джерел, і внутрішніх процесів, включаючи самоочищення самої водойми та утворення природних забруднюючих речовин. Джерела зовнішнього опромінення класифікуються за джерелом, місцем розташування, тривалістю опромінення, типом носія компонентів забруднювача та типом забруднення.

Джерела забруднення можна класифікувати за походженням на природні та антропогенні. Природні джерела забруднення включають атмосферні (атмосферні опади), літосферні (схили русел, які піддаються ерозії та вилуговуванню) та гідросферні (озера, припливи, ґрунтові та підземні води, які формують стік до водних об'єктів). Основними джерелами антропогенного забруднення є промислові (стоки виробництва, забруднені території підприємств, промислові смітники), комунальні (стоки побутового використання, побутові смітники), сільськогосподарські (орні поля, городи, тваринницькі підприємства) та транспортні (транспортні засоби, автодороги, трубопроводи). Зазначені джерела забруднення, за винятком сільськогосподарських, характерні для міських водних об'єктів. Сільськогосподарські джерела забруднення переважно знаходяться у приміській зоні. Щодо літосферних джерел, вони в межах міст частково ізольовані завдяки облицюванню берегів.

Джерела впливу на водні об'єкти можна класифікувати за їх локалізацією. Вони поділяються на такі типи: точкові, площа контакту яких з водним об'єктом значно менша, ніж площа забрудненої зони цього об'єкта;

лінійні, де площа контакту з водним об'єктом представлена лінією; та майданні, де вплив не концентрується на площі водного об'єкта.

Прикладами точкових джерел забруднення можуть бути випуски стічних вод з систем водовідведення або невеликі припливи. Лінійні джерела впливу включають стікання з поверхні водозбору, випуски стічних вод через спеціальний розсіювальний пристрій. Майданні джерела впливу охоплюють акваторії портів, стоянки маломірних моторних судів та місця донного видобутку корисних копалин, таких як пісок, гравій, нафта, газ та інші.

Існують постійні, періодичні і епізодичні джерела забруднення, які впливають на навколишнє середовище тривалою часом. Зазвичай ці джерела включають стічні, інфільтраційні і підземні води, зворотні води зрошення і дренажні води, поверхневий стік з забрудженої території та атмосферні опади.

Джерела забруднення можуть мати хімічний, фізичний і біологічний вплив на водні об'єкти. Хімічне забруднення проявляється у перевищенні допустимих норм речовин у поверхневих водах. Фізичне забруднення характеризується підвищенням температури води за рахунок надходження нагрітих вод (теплове забруднення) або наявністю радіонуклідів (радіоактивне забруднення). Біологічний вплив на водний об'єкт супроводжується появою хвороботворних мікроорганізмів, яєць гельмінтів, дрібних водоростей, дріжджів і цвілевих грибів (гідрофлорне забруднення).

Найбільший внесок у забруднення водних об'єктів роблять алохтонні джерела, особливо ті, що походять від людської діяльності. Серед них варто виділити випуски стічних вод промислових підприємств, випуски міських стічних вод, забруднення водних об'єктів внаслідок транспорту та поверхневий стік з забруджених територій.

1.4. Географічне положення та особливості річки Суха Московка

Суха Московка є малою річкою, що протікає через Запорізький район, Запорізьку область та місто Запоріжжя, вона є лівою притокою річки Дніпро. Існує розповідь про те, що назва річки походить від українського слова "моква", що означає мокротеча або низина. Є більш поширена думка, що назви річок Суха та Мокра Московка з'явилися у XVIII столітті і пов'язані з будівництвом російськими солдатами Олександрівської фортеці у їхньому міжріччі. Поблизу свого впадіння утворює з'єднання з руслом балки Капустянка.

Довжина Сухої Московки становить 15 км, а ширина її русла варіюється від 1 м до 3 м. Загальний вміст солей у воді річки відноситься до високо мінералізованих, що робить її непридатною для зрошення та риборозведення. Русло річки має криволінійну форму, а на окремих ділянках воно заболочене.

Витоки річки Суха Московка знаходяться в районі села Матвіївка Запорізького району Запорізької області. Річка протікає через Шевченківський район міста Запоріжжя, минає багато дачних селищ, де утворює ставки і загати. Найбільша загата річки знаходиться між Капустяним цвинтарем та промисловими гігантами, такими як «Запоріжсталь», «Дніпроспецсталь» та інші. Це місце називають «шламонакопичувачем». Саме тут стоки з заводів потрапляють у річку, через що вона набуває червоно-коричневого кольору і продовжує свій шлях через селище Зелений Яр.

Річка пролягає під дамбою Вознесенівського узвозу на центральному проспекті міста, де відзначається червоною смугою, а також минає парк Перемоги у Вознесенівському районі. Вона просочується під Набережною автомагістраллю через трубу і впадає у річку Дніпро в районі, що відомий як «Дикий пляж».

Суха Московка протягом років зазнавала сильного антропогенного впливу, та на деяких ділянках має чіткий червоно-коричневий колір, через що, в народі її називають «Краснухою» (найчастіше саме так називають ділянку річки, яка проходить через парк Перемоги).

На момент березня 2023 року річка Суха Московка сформувала нове русло, розташоване на 1,5 метра нижче попереднього рівня води, і вона тепер протікає вздовж піщаної коси, утворюючи піщану мілину, що заглиблюється у Дніпро на декілька метрів, а також створює бухту. Зниження рівня Дніпра призвело до утворення витоків річкової артерії з великою кількістю поворотів. Вважається, що ці бухти та коси були колись руслами невеликих річок, які впадали в Дніпро або утворилися під час повеней, коли водні потоки вимивали узбережжя Дніпра. Під пісковим шаром також можна помітити червоні відкладення річки, які виникали під час роботи промислового майданчика. На сьогоднішній день струмок біля ТЦ «Епіцентр» майже повністю зник.

1.5. Антропогенне забруднення річки Суха Московка

На берегах річки Суха Московка можна помітити рибалок, які спокійно розташовуються, розбирають свої рибальські снасті та спускають вудки у червону воду. Проте, займатися риболовлюю на цій річці вимагає серйозних обережних заходів щодо безпеки. Будь-яка стічна вода, будь вона насичена органічними речовинами або неорганічними сполуками, завжди представляє загрозу для людей. Зрозуміло, що плавати у цьому районі не бажано, а тим паче займатися риболовлюю. Поширювалася чутка, що червоний колір води пов'язаний з наявністю руди, яка, як вважають, знаходиться поряд з річкою і призводить до високої концентрації заліза. Місцеві жителі Запоріжжя впевнені, що річка набула червоного кольору через те, що протікає повз

Запоріжсталь. З свого боку, на Запоріжсталі стверджують, що їхній шламонакопичувач працездатний і забруднення стічними водами річки Суха Московка не відбувається [5].

Запорізький металургійний комбінат "Запоріжсталь" у своїй відповіді на запит стверджує: Термін функціонування шламонакопичувача визначається вільним об'ємом гідротехнічної споруди в балці Капустянка. На сьогоднішній день цей об'єм відповідає технологічним характеристикам об'єкту. Комбінат щорічно проводить моніторингові дослідження рівня об'єму [5].

Запорізьке регіональне управління водних ресурсів виконує контроль якості вод Дніпровського і Каховського водосховищ. За даними цієї установи, спостерігається зниження середньорічних концентрацій і показників загального заліза на порівняння з 2013 роком. Конкретні цифри свідчать про зниження вмісту заліза з рівня в $0,174 \text{ мг/дм}^3$ до $0,157 \text{ мг/дм}^3$ [9].

Міністерство екології і природних ресурсів України зазначило, що на річці Суха Московка взагалі немає постів спостережень щодо її забрудненості. Можливо, саме відсутність конкретних даних про стан річки утрудняє роботу зробити чіткі висновки щодо можливої шкоди для здоров'я мешканців Запоріжжя [5].

На засіданні постійної депутатської комісії з питань регуляторної політики, розвитку підприємництва, торгівлі, послуг та захисту прав споживачів, яке відбулося 3 червня 2016 року, було розглянуто та схвалено проект рішення. Цей проект стосувався внесення змін до рішення Запорізької міської ради від 25.12.2015 № 23, яке затверджувало Програму "Про фінансування природоохоронних заходів за рахунок екологічних надходжень на 2016-2018 роки". Одна зі змін стосувалась затвердження обсягів фінансування проектних робіт з розчистки русла Сухої Московки на ділянці від вулиці Кутузова до вулиці Верещагіна [6].

У травні 2023 року, Волонтери-аналітики ГО «Екосенс» провели аналіз рівня забруднення води після весняної повені, яка підняла рівень води в

річках Дніпровського басейну. Аналітики порівнювали результати проби води з результатами отриманими в листопаді 2022 року. Порівняння свідчить про покращення якості води. Індекс потенціалу джерела розрахований у листопаді 2022 року склав 3,8 (категорія «погана якість»), в той час як у травні 2023 року – 3,2 (категорія «посередня якість») (додаток А1) [8].

Під час листопадської експедиції було виявлено забруднення води різними сполуками нітрогену, такими як нітрати, нітрити, та ортофосфатами.

Протягом цього періоду було виявлено зниження загальної кількості розчинених сполук у воді, зменшення рівня нітрат іону та ортофосфат іону. Однак, було зафіксовано збільшення кількості нітрит іону. Якість води характеризується високим вмістом розчинених сполук, особливо нітратів і нітритів. Також спостерігається збільшення кількості солей жорсткості та ортофосфатів. Виявлені ознаки первинного господарсько-фекального забруднення води, що призводить до ризику та обмежень у використанні цієї води для цілей водопостачання.

Це означає, що річка Суха Московка має середній потенціал джерела нецентралізованого водопостачання в разі перебоїв із централізованим водопостачанням через обстріли росіян.

Є потенціал у річки Суха Московка й для господарсько-побутового та технічного водопостачання в надзвичайних умовах. Однак вода має бути ретельно профільтрована, кондиціонована вугільним фільтром та знезаражена [8].

1.6. Методи біоіндикації води

Фізико-хімічний аналіз поверхневих вод не забезпечує повної інформації про комплексний вплив забруднюючих речовин на

гідроекосистеми. Тому використання біологічних методів для визначення токсичності цих вод є особливо актуальним [13].

Біотестування якості води широко застосовується у численних дослідженнях в нашій країні та за кордоном [2-3]. Запровадження методів біотестування для виявлення забрудненості води, як підтверджує світовий досвід, дозволяє найоб'єктивніше оцінювати загальний вплив антропогенних факторів на стан водних ресурсів. Серед них найпоширенішими є стандартизовані методи. Проте не всі з них є достатньо ефективними для різних вимог конкретного водокористування [2].

Одним із видів біоіндикації водного середовища можна виділити біоіндикацію за макрофітами.

У водному середовищі існують різноманітні види водних рослин, деякі з яких надзвичайно чутливі до забруднення та можуть існувати лише у чистих водах. Однак більшість макрофітів є толерантними до різних видів забруднення і можуть накопичувати високі концентрації забруднюючих речовин у своїх тканинах. Деякі макрофіти можуть навіть існувати у забруднених водах та переносити високі концентрації токсичних речовин. Ці особливості макрофітів лежать в основі їх використання як природних біофільтрів.

У сучасних очисних спорудах одним з етапів очищення промислових та побутових стоків є прохід через спеціально створені "біологічні плато" - зарості макрофітів, таких як очерет, рогоз, лепешняк. Цей процес сприяє значному очищенню води від забруднень, включаючи мінералізацію та детоксикацію пестицидів і нафтопродуктів, зниження концентрацій важких металів, біогенних елементів, радіонуклідів та утримання твердих завислих речовин.

Використання макрофітів у якості біофільтрів базується на їхній природній здатності до фільтрації та очищення води. Водні рослини та їхні угруповання мають індикаторні властивості, які допомагають в оцінці якості води. Однак, визначення конкретних забруднюючих речовин, таких як важкі

метали, пестициди, нафтопродукти тощо, не можна провести лише шляхом візуальної біоіндикації макрофітами. Це вимагає проведення складних і дорогих аналізів у спеціалізованих лабораторіях.

Індикація за макрофітами має свої обмеження і може бути успішною лише у водоймах, де існують сприятливі умови для розвитку водних рослин. Ці умови включають помірну швидкість течії, наявність захищених від вітру та хвиль мілководдя, а також наявність донних відкладень, які є придатними для росту та закріплення рослин. У гірських річках макрофіти зустрічаються рідко через швидку течію та наявність кам'янистого дна, на якому рослини не можуть прикріпитися. Також перешкодою для росту макрофітів є щорічне переформування русла річки під час повеней і паводків, коли річка переносить велику кількість каміння, гальки та бруду, що знищує все на своєму шляху.

Найкращі результати біоіндикації за допомогою макрофітів можна отримати при вивченні водної рослинності озера або ставка з добре розвинутою мілководною зоною (ділянки водойми з глибиною до 2 метрів), а також у середній або невеликій за розмірами річці на рівнинній місцевості, яка відрізняється повільною течією та невеликими глибинами.

Оцінка екологічного стану водойми за допомогою макрофітів, здійснюється шляхом розгляду наступних аспектів:

- видового складу макрофітів;
- розміру та розвитку окремих видів або груп макрофітів (проективне покриття – ПП*);
- наявності індикаторних видів та груп;
- просторового розподілу рослинних заростей на поверхні водойми.

Макрофіти поділяються на дві основні екологічні групи, залежно від їх пристосування до водного середовища: гелофіти (повітряно-водні рослини) та гідрофіти (рослини з листками, які плавають на поверхні води або занурені у воду). Берегові та мілководні ділянки водойми зазвичай покриті заростями повітряно-водних рослин, таких як очерет, рогіз, стрілолист, лепешняк тощо.

У цих рослин кореневища та нижня частина стебла перебувають у воді, тоді як більша частина рослини знаходиться у повітрі. Вони є великими багаторічними травами з потужною кореневою системою. Густі зарості цих видів зазвичай формують пояс вздовж водойми, виконуючи важливу екологічну роль: захищають береги від ерозії, задержують та очищують забруднену воду поверхневого стоку з навколишніх суходільних територій. Однак, якщо ці рослини надмірно розвиваються, після відмирання і розкладання їхньої біомаси, вони можуть стати джерелом вторинного забруднення водойми, оскільки утворюють надзвичайно продуктивні зарості.

Переважає частина рослин, що мають листки, що плавають на поверхні води, зазвичай зустрічаються в тихих озерних луках або затоках річок з помірною течією. Деякі з цих рослин прикріплені до дна водойми за допомогою кореневища, такі як глечики, латаття та водяний горіх, тоді як інші вільно плавають, рухаючись по поверхні води під впливом вітру або течії, як от сальвінія, ряски та жабурник.

Занурені рослини майже повністю знаходяться під водою і є найкраще пристосованими з усіх макрофітів до життя в водному середовищі. Сюди входять рдесник, водопериця, елодея, пухирник, харові водорості та інші. У озерах з високою прозорістю води їхні угруповання можуть рости на глибину до 8-10 метрів, хоча найчастіше вони зустрічаються на глибині лише 2-3 метри. Завдяки тісному зв'язку з водним середовищем, саме гідрофіти найбільш залежать від екологічного стану водойми і, отже, вони є найчутливішими індикаторами якості води [15].

У порівнянні з водними макрофітами, у водоймах мешкає значно більше видів безхребетних тварин, і більш детально розроблені методи їх використання, зокрема найбільш чутливих груп, як біоіндикаторів. Більшість методів базуються на індикаторних властивостях окремих видів, оскільки різні види мають різний діапазон вимог до умов середовища. Ці методи передбачають обов'язкове визначення виду тварин. Інші методи ґрунтуються на характеристиках угруповань, а не окремих видів. Вони враховують

співвідношення чисельності певних організмів та їхніх груп (таксонів) у складі угруповань. Ці методи також потребують визначення виду та підрахунку чисельності видів, розрахунку співвідношень і т. д. Варто зазначити, що навіть для неспеціалістів досить складно визначити навіть макроформи водних безхребетних до виду. Тому розроблено декілька методів, які базуються як на використанні індикаторних властивостей окремих видів, родів, родин, так і на структурних характеристиках угруповань. При цьому поєднуються переваги обох підходів, не потрібно визначати організми до виду, що робить підхід доступним для використання некваліфікованими особами.

Найпростішими, універсальними і одночасно широко використовуваними методами є метод Майєра і метод Вудівісса. Останній був розроблений гідробіологами з Англії в середині 60-х років ХХ століття і навіть застосовується на державному рівні в деяких країнах. Ці методи базуються на використанні великих безхребетних тварин (макробезхребетних), які в основному можна помітити неозброєним оком, і вони зустрічаються як у донних відкладах, так і серед угруповань водних рослин. Серед них є представники таксонів, які мають високу чутливість до забруднення: водні личинки різних комах, багато з яких проводять більшу частину свого життєвого циклу у воді (личинки веснянок, одноденок), а також ракоподібні організми і т. д. Інші групи макробезхребетних можуть переносити значні рівні органічного забруднення води, такі як олігохети (малощетинкові черви) та личинки хірономід (комарів-дзвінців).

Ці методи надають приблизну оцінку екологічного стану водойми та якості води, проте вони більш зручні та простіші в застосуванні. Вони доступні не тільки фахівцям з зоології, але й технічному персоналу санепідемстанцій, вчителям біології, учасникам шкільних та студентських природничих гуртків, активістам-природоохоронцям і т. д. Це значно розширює можливості громадськості щодо впровадження широкомасштабної системи екологічного моніторингу об'єктів водного середовища [16].

Вибір ефективної методики біотестування для визначення токсичності води є важливою методологічною проблемою, яка вимагає використання спеціальних критеріїв. Одним з ключових аспектів методик біотестування є чутливість організмів, які використовуються як тест-об'єкти, до наявності токсичних хімічних речовин у їхньому середовищі. Багато робіт присвячено обговоренню чутливості водних організмів до токсичних речовин. Концепція чутливості організмів має якісний і кількісний аспекти [14-17]. Якісна чутливість відображає здатність функцій організму реагувати на вплив хімічних речовин. Кількісна чутливість найчастіше використовується для порівняння реактивності різних організмів, функцій і процесів на шкідливі впливи. Організм вважається більш чутливим, якщо його функції порушуються раніше, при менших концентраціях або якщо такі порушення виявляються раніше в порівнянні з іншими організмами.

При проведенні досліджень впливу токсичних речовин на організм, оцінюють його реакцію за одним або кількома показниками. Коли аналізуються різні показники, зазвичай загальна чутливість організму визначається за найбільш чутливим з них.

Намагання обмежити використання поняття чутливості до фізіолого-біохімічних процесів малоімовірно є обґрунтованими. Дослідження, що враховують інші функції життєдіяльності організмів, також можуть бути використані для оцінки чутливості за відповідними показниками.

Як кількісний показник чутливості, використовуються мінімальна концентрація токсичної речовини, яка призводить до зміни будь-якої функції організму протягом певного періоду, або мінімальний час, необхідний для прояву зміни при заданому впливі, або, нарешті, величина відповідної реакції при заданому впливі та терміні, що визначається умовами досліду. В зв'язку з цим, одиницями вимірювання чутливості можуть бути одиниці концентрації речовини, часу або відсоткові значення ефекту.

При вираженні чутливості організму через концентрацію або час, заздалегідь встановлюється фіксована величина ефекту, яку повинен

викликати вплив. Найчастіше приймається значення ефекту, що становить мінімальне статистично достовірне відхилення відповідного показника від контролю.

Отже, поняття чутливості є відносним, і при кількісній оцінці чутливості функцій організму потрібно встановлювати обмежувальні умови. З урахуванням цих умов поняття чутливості може бути визначене як найменша величина токсичного впливу (концентрація або тривалість експозиції), яка спричиняє відхилення будь-якого біологічного або екологічного показника від контролю не менше, ніж на певну попередньо встановлену величину протягом визначеного періоду.

2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Об'єкт дослідження

Дослідження проводилось в весінній період 2023 року. Аналізували воду, що відбирали з ріки Суха Московка в Шевченківському та Вознесенівському районах міста Запоріжжя.

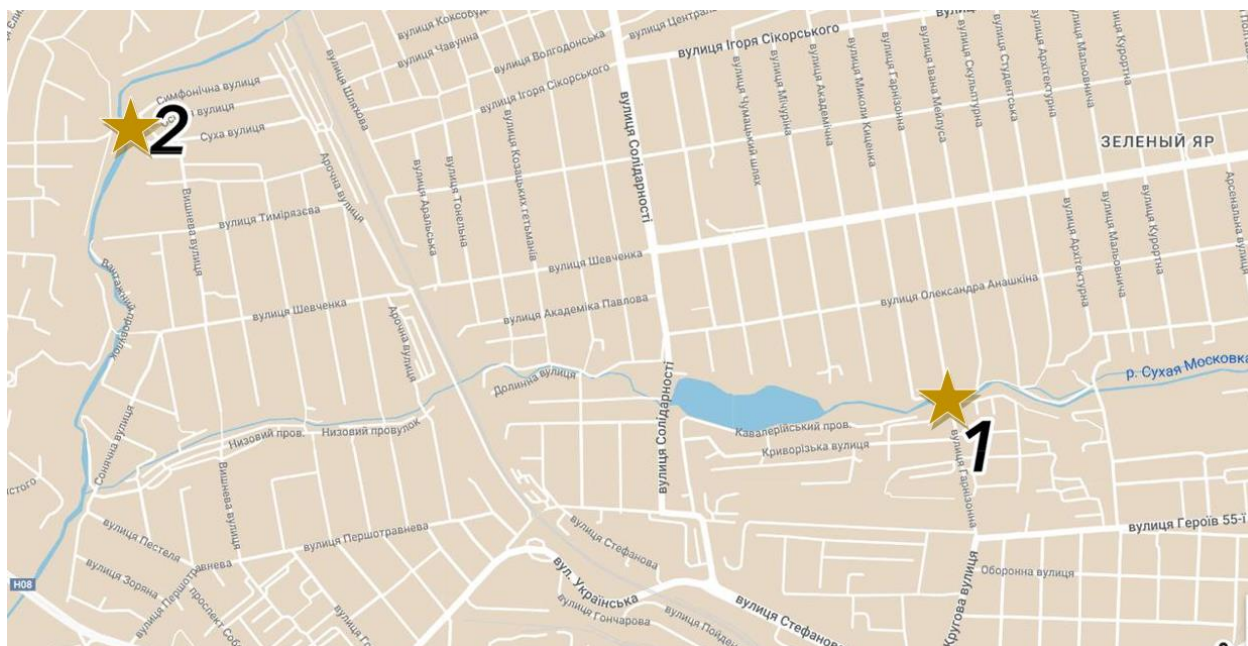


Рисунок 2.1 – Карта-схема місць відбору проб води р. Суха Московка в Шевченківському (ділянка № 1) і Вознесенівському (ділянка № 2) районах м. Запоріжжя

Ділянка відбору проби № 1 – місце відбору є неочищеною ділянкою річки, один берег річки укріплений бетонними плитами. Через ділянку проходить автомобільний міст, який несе антропогенне навантаження різних типів. Постійний рух автотранспорту впливає, як на водні об'єкти розташовані навколо мосту, так і на флору навколо річки (додаток Б.1).

Ділянка відбору проби № 2 – місце відбору знаходиться в районі дачної забудови через яку пролягає пішохідний міст. Територія дуже засмічена та

відзначається великим антропогенним навантаженням від безпосереднього впливу людини (додаток Б.2).

2.2. Методика оцінки токсичності води за допомогою «ростового тесту»

Рослини є надзвичайно зручними індикаторами забруднення оточуючого середовища, оскільки вони виступають основними елементами харчових ланцюгів і відіграють ключову роль у поглинанні різноманітних забруднювачів. Це дозволяє з високою точністю оцінити екологічну ситуацію на певній досліджуваній території.

Оцінку загальної токсичності води можна провести за допомогою методики, що базується на вимірюванні морфометричних змін у проростках індикаторних культур, вирощених на досліджуваних зразках води. Цей біотестинг вивчає особливості реакції тестових організмів на комплекс негативних факторів, що дозволяє визначити рівень екологічної безпеки, оцінити ступінь токсичності довкілля і встановити вплив різних забруднювачів не лише на рослини, але й їх стимулюючу дію.

Для проведення експерименту з оцінки токсичності водних проб і екстрактів застосовується метод пророщування тестових культур на «плаваючих дисках». У лабораторних посудинах наливають досліджувані проби води або екстрактів об'ємом 250-500 мл. Насіння індикаторної культури (20-25 насінин) пророщують на спеціальних плаваючих кільцях з пінопласту, що обтягнуті марлею.

У якості тест-об'єктів використано насіння томату їстівного (*L. esculentum* Mill.) та пшениця озима (*T. aestivum* L.) На перші кілька діб ємкості з досліджуваними зразками накривали харчовою плівкою. Два-три рази на добу плівку знімали на 10-15 хвилин для провітрювання.

На четвертий день після наповнення насінневої ємності, її помістили на полицю, де намагалися забезпечити постійне освітлення протягом 14 годин (з 6:00 до 20:00). Рослини були у таких умовах протягом двох тижнів, протягом цього часу фіксувалися наступні параметри: час і кількість сходів, довжина надземної частини проростків і їхній приріст, загальна кількість пророслих насінин (на кінець експерименту). Крім того, фіксувалися такі морфологічні особливості рослин, як раннє пожовтіння, розвиток кореневої системи та інші. Кожен варіант експерименту проводився у трьох повтореннях. Контрольним субстратом є кип'ячена відстояна питна вода [18].

По закінченню експерименту рослини виймали зі стаканів та вимірювали довжину кореневої і стеблової системи паростків.

Для оцінки токсичності проб води було вибрано основні параметри, а саме: схожість і відсоток енергії проростання насіння тест-культури, довжина корінця та проростка. Фітотоксичний ефект визначався у відсотках за двома параметрами: довжини кореневої та стеблової системи. Після здійснення вимірювань для кожного варіанта експерименту було обчислено середню довжину проростків та корінців.

Для розрахунку фітотоксичного ефекту була використана наступна формула:

$$\Phi E = \frac{M_0 - M_x}{M_0} \cdot 100, \% \quad , \quad (2.1)$$

де M_0 – значення біопараметра (маса рослин, висота паростків, довжина корінців та ін.) у пробі з контрольним варіантом;

M_x – значення аналогічного біопараметра з досліджуваним субстратом.

Для встановлення зв'язків між тест-культурами та фізико-хімічними властивостями досліджуваної води використовували метод математичного аналізу; для визначення нижньої межі впливу забруднювача використовують середній рівень токсичності.

Для порівняння отриманих результатів використовувалась шкала рівнів токсичності (таблиця 2.1).

Рівні пригнічення ростових процесів, %	Рівень токсичності
0 – 20	Відсутність або слабкий рівень
20,1 – 40	Середній рівень
40,1 – 60	Вище середнього рівня
60,1 – 80	Високий рівень
80,1 – 100	Максимальний рівень

Шляхом здійснення біоіндикаційних досліджень можна виявити рівень антропогенного впливу на річку в центрі густо населеного міста [19].

2.3 Статистична обробка отриманих результатів

Була здійснена статистична обробка отриманих даних мікробіологічних досліджень та показників тест-рослин, де були визначені такі параметри: середнє арифметичне значення, середнє квадратичне відхилення, похибка та критерій достовірності за Ст'юдентом.

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n}, \quad (2.2)$$

де \bar{x} – середня арифметична;

$\sum x_i$ – сума варіант;

n – число варіант у виборці.

Для визначення границь інтервалу та розміру, в якому може міститися фактичне значення вимірювальної величини використовується квадратичне відхилення:

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{n}} \quad , \quad (2.3)$$

де $\sum (x - \bar{x})^2$ – сума квадратів відхилення результатів окремих вимірювань від середнього арифметичного.

Для оцінки генеральної середньої за допомогою вибіркової середньої необхідно мати інформацію про стандартну похибку середнього арифметичного.

$$m = \frac{\delta}{\sqrt{n}} \quad , \quad (2.4)$$

Розрахунок критерію достовірності що вказує на точність розрахунків у порівнянні з контролем розраховували за формулою: t_{st}

$$td = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}} \quad , \quad (2.5)$$

де \bar{x}_1, \bar{x}_2 – середнє арифметичне;

m_1^2, m_2^2 – стандартна похибка.

Якщо фактичне значення t більше або дорівнює критичному (стандартному) значенню t_{st} , було зроблено висновок про наявність статистично значущої різниці між середніми арифметичними у досліджуваному та контрольному варіантах. У разі, коли фактичне значення t менше за t_{st} , різницю між середніми вважали статистично несуттєвою [18].

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Енергія проростання та морфометричні показники тест-культури при вирощуванні на воді р. Суха Московка

Оцінка енергії проростання насіння тест-культур та морфометричних показників ростових процесів індикаторних рослин є значущим критерієм при визначенні потенційної токсичності води.

Проведені дослідження не виявили великої відмінності в реакції при пророщуванні насіння томату їстівного на воді з досліджуваних ділянок від контролю. Енергія проростання насіння на воді з ділянки № 1 була на рівні з контрольними рослинами, у той час, як енергія проростання насіння, що вирощувалось на воді з ділянки № 2, була дещо меншою і становила 93 % до контролю (рис. 3.1).

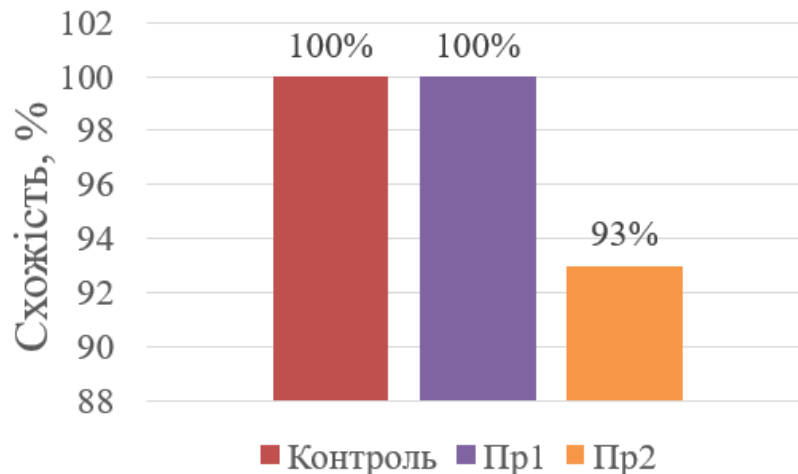


Рисунок 3.1 – Енергія проростання (%) насіння томату їстівного (*L. esculentum* Mill.) на воді з річки Суха Московка.

Вже інші результати були отримані при пророщуванні насіння тест-культури пшениці озимої (рис. 3.2). Дослідження показали, що енергія проростання пшениці озимої була нерівномірною. Відсоток пророслого насіння з ділянки № 2 був нижче порівняно з контролем (44 %), у той час, як

на воді з ділянки № 1 рівень пророслого насіння перевищував контрольні показники (84 %).

Проте слід зазначити, що схожість насіння пшениці озимої була досить низькою, порівняно з насінням томату (100%), що може свідчити про низьку якість матеріалу посіву.

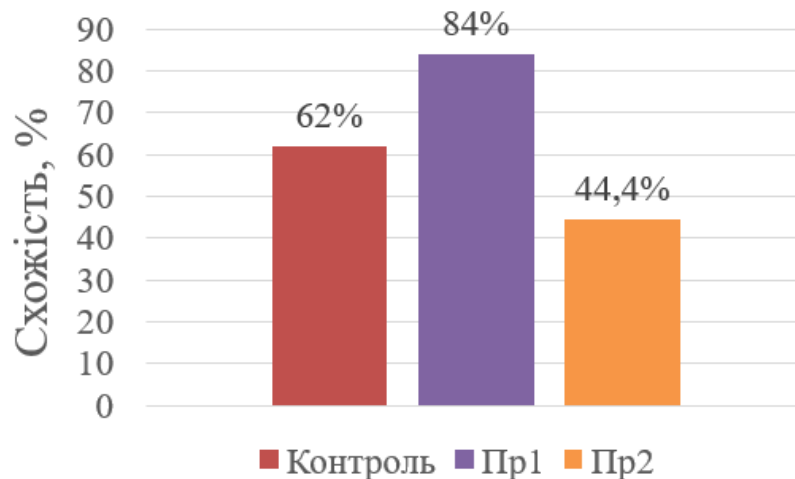


Рисунок 3.2 – Енергія проростання (%) насіння пшениці озимої (*T. aestivum* L.) на воді з річки Суха Московка.

Отже, отримані нами результати можуть свідчити про те, що вода з досліджуваних ділянок не пригнічувала проростання насіння томату, проте, вода з ділянки № 1 (Шевченківський район міста) стимулювала схожість насіння пшениці, а з ділянки № 2 (Вознесенівський район), навпаки, пригнічувала розвиток тест-культури.

Проведеними дослідженнями встановлено, що вода з різних ділянок річки Суха Московка в порівнянні з контролем несуттєво впливала на довжину паростків обраних тест-культур (табл. 3.1-3.2). Виходячи з результатів, довжина паростків тест культури *L. esculentum* Mill., яка пророщувалась на воді з різних ділянок р. Суха Московка, була меншою на 8,07 % (проба № 1) і 12,6 % (проба № 2) за контрольні показники та становили 90,02 % і 86,27 % до контролю. Гальмування ростових процесів

кореневої системи томату відзначалось також у всіх варіантах і показники були менші на 21,18 % (проба № 1) і 18,72 % (проба № 2) за контрольні показники та довжина кореневої системи відносно контролю становила 78,82 % і 81,28 %.

Таблиця 3.1 – Морфометричні показники тест-рослини (*L. esculentum* Mill.) при вирощуванні на воді з річки Суха Московка.

Варіант	Довжина проростків та кореня, см	\bar{x}	m	σ	td
Контроль	проростки	5,08	0,2	0,37	
	корені	11,0	0,26	3,96	
№1	проростки	4,67	0,1	0,90	0,74
	корені	8,67	0,26	4,0	3,23
№2	проростки	4,47	0,1	0,78	1,11
	корені	8,94	0,82	11,57	1,98

При дослідженні фітотоксичної дії води з р. Суха Московка на насіння тест-культури *T. aestivum* L. було відзначено стимулюючу дію води на проростки в усіх варіантах дослідження відносно до контролю (табл. 3.2).

Морфометричні показники пшениці озимої за висотою проростків перевищували контрольні показники і становили 108,8% (ділянка №1) і 104,7% (ділянка № 2) до контролю, що свідчить про фітостимулюючу дію досліджуваної води. Однак, нами встановлено розбіжності в морфометричних показниках довжини коренів пшениці, які цілком узгоджуються з показниками енергії проростання насіння. Так, довжина коренів пшениці за вирощування на воді з Шевченківського району

(ділянка № 1) зростала порівняно з контрольними рослинами (134,7 % до контролю), тоді як вода з ділянки № 2 пригнічувала ріст коренів (67,1 % до контролю).

Таблиця 3.2 – Морфометричні показники тест-рослини (*T. aestivum* L.) при вирощуванні на воді з річки Суха Московка.

Варіант	Довжина проростків та кореня, см	\bar{x}	m	σ	td
Контроль	проростки	16,2	2,5	22,02	
	корені	15,35	0,87	8,57	
Ділянка №1	проростки	17,64	1,83	21,64	-0,69
	корені	20,69	0,51	5,84	-4,54
Ділянка №2	проростки	16,97	2,82	15,82	-0,33
	корені	10,29	1,61	8,99	3,21

Отже, спираючись на результати дослідження, встановлено слабку стимулювальну дію досліджуваної води на ростові процеси *L. esculentum* Mill. та гальмування ростових процесів кореневої системи тест-культури *T. aestivum* L.

3.2 Визначення фітотоксичності річки Суха Московка

Проведений аналіз результатів ростового тесту показав, що рівень фітотоксичності води з річки Суха Московка є слабким (табл. 3.3-3.4),

значною мірою пригнічувався розвиток тест-культури *L. esculentum* Mill. на ділянках №1 ($\Phi E_{cp}=13,4$) і №2 ($\Phi E_{cp}=15,54$). Проте, середні показники ΦE , розраховані для тест-культури *T. aestivum* L., свідчать про стимулювальну дію води як з ділянки № 1 ($\Phi E_{cp}= -21,64$), так і ділянки № 2 ($\Phi E_{cp}=-14,44$).

Таблиця 3.3 – Фітотоксичний ефект (%) води річки Суха Московка (тест-культура *L. esculentum* Mill.)

Параметри	Фітотоксичний ефект, %	
	Ділянки	
	№1	№ 2
ΦE_1 (за висотою рослин)	7,67	12,0
ΦE_2 (за довжиною коренів)	21,0	18,73
$\Phi E_{сер.}$	14,34	15,37

У цілому, слід зазначити, що досліджувана вода річки Суха Московка має слабкий рівень токсичності води за шкалою (табл. 2.1). Проведені розрахунки фітотоксичності води річки Суха Московка за двома параметрами (висота проростків і довжина корінців) для томату, свідчать про слабкий рівень токсичності на двох ділянках, який становив відповідно 14,34 % і 15,37 %, що свідчать про слабкий рівень пригноблення ростових процесів у тест-культури *L. esculentum* Mill. Найбільш чутливою була реакція кореневої системи рослин томату за вирощування на воді р. Суха Московка: ΦE становив 21,0 % (ділянка №1) і 18,73 % (ділянка № 2).

Таблиця 3.4 – Фітотоксичний ефект (%) води річки Суха Московка (тест-культура *T. aestivum* L.).

Параметри	Фітотоксичний ефект, %	
	Ділянки	
	№1	№ 2
ФЕ ₁ (за висотою рослин)	-8,82	-4,63
ФЕ ₂ (за довжиною коренів)	-34,85	32,96
ФЕ _{ср.}	-21,84	14,17

Показники фітотоксичного ефекту, розрахованого для тест-культури *T. aestivum* L., свідчать про стимулюючу дію досліджуваної води на ростові процеси проростків рослин на обох ділянках. Так, показники фітотоксичності за параметром висоти рослин для ділянок № 1 і № 2 становили відповідно - 8,82 % і -4,63 %. Вода, що відбиралась у Шевченківському районі (ділянка № 1) стимулювала розвиток кореневої системи тест-рослини (ФЕ₂ = -34,85). Однак, нами встановлено істотне гальмування процесів росту кореневої системи рослин за вирощування на пробах води з ділянки № 2 (ФЕ₂ = 32,96).

У цілому середні показники свідчать про стимулюючу дію досліджуваної води з ділянки № 1 (ФЕ_{ср.} = -21,84) і слабкий фітотоксичний ефект на ділянці № 2, де рівень пригнічення ростових процесів пшениці становив 14,17 %.

На нашу думку, отримані результати, в яких можна побачити розбіжності показників фітотоксичності між ділянками, може бути обґрунтовано тим, що проби води з ділянки № 1 відбирались у Шевченківському районі, що є вище за течією за ділянку № 2, яка

знаходиться у Вознесенківському районі, отже можлива акумуляція поллютантів різного походження (несанкціоновані скиди стічної води заводів, присадибних ділянок тощо).

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Перед початком моєї роботи я отримав інструктаж з охорони праці від мого наукового керівника, згідно з інструкцією № 2 щодо охорони праці та інструкцією № 62 щодо пожежної безпеки.

Я використовував знання, отримані під час курсів з "Охорони праці", при виконанні експериментальної частини своєї дипломної роботи, яку проводив за своїм місці проживання. Матеріали для експериментальної частини дипломної роботи я вирощував на терасі свого житла з урахуванням всіх вимог щодо вирощування насіння.

Практичне виконання моєї дипломної роботи вимагало вирощування рослин-індикаторів, а статистична обробка отриманих результатів вимагала роботи з комп'ютерною технікою. Тому безпечне виконання цих робіт було однією з головних пріоритетів, на яку я зосередився у даному розділі.

У ході виконання моєї дипломної роботи було забезпечено достатнє освітлення (300-400 люкс) на місці проведення роботи, що відповідає вимогам СНіП 11-4-79 «Природне та штучне освітлення. Норми проектування».

Температура у приміщенні залежала від температури навколишнього середовища в осінній та весняний періоди, а під час опалювального сезону підтримувалася стабільною в комфортних межах (20-25 °C).

Рівень вологості повітря коливався від 40% до 75% і залежав від вологості на вулиці.

Швидкість руху повітря знаходилась в межах, що сприяють комфортним умовам (0,25-3 м/с) [39-42].

4.1 Техніка безпеки при роботі зі скляним посудом.

Під час взаємодії зі скляним посудом я завжди дотримувався вказівок щодо безпеки праці, наданих кафедрою загальної та прикладної екології і зоології для роботи зі скляним посудом.

Перед початком роботи я ретельно перевіряв стан та відповідність скляного посуду для даного завдання: для експериментів, що потребували нагрівання, я використовував посуд з термостійкого скла. Усі використані посудини були належним чином позначені. Після закінчення роботи посуд промивався під проточною водою та складався у відповідний контейнер для подальшого миття. Для робіт, що не потребували нагрівання, використовувався посуд з нетермостійкого скла.

Під час роботи необхідно дотримуватися визначених правил. Заборонено проводити дослідження у брудному або недостатньо вимитому посуді, а завдання потрібно виконувати у стоячому положенні. Однак, сидяче положення дозволяється для робіт, що не створюють небезпеку спалаху, вибуху або розбризкування реактивів. Під час переміщення склянок з гарячою водою по поверхні стола необхідно тримати склянку подалі від себе, використовуючи підкладку під дно. Заборонено аналізувати будь-які речовини за смаком або запахом, а також пити воду з хімічного посуду, оскільки більшість використовуваних речовин є отруйними. У лабораторії заборонено перевищувати добові норми утримання та використання кислот, горючих речовин та інших небезпечних матеріалів. Правила суміщення реактивів при їх зберіганні повинні бути дотримані, а також слід уникати поєднання експериментів, які включають використання легкозаймистих речовин та роботи з відкритим полум'ям одночасно [39].

Також необхідно дотримуватися таких принципів безпеки праці під час роботи в лабораторії: у всіх приладах, де це передбачено, має бути

забезпечена заземлення; електронагрівальні прилади слід розміщувати на вогнетривкій основі і обов'язково заземлювати; працювати в лабораторії в одиночку заборонено.

Після завершення роботи важливо виконати наступні дії: вимити забруднений посуд; нейтралізувати та дезінфікувати використані реактиви і розчини; вимкнути живлення та закрити приміщення [42].

4.2 Техніка безпеки при роботі на комп'ютері

Проведення експерименту вимагало збирання великого обсягу інформації, яку було можливо швидко обробити тільки за допомогою комп'ютерної техніки та засобів для відображення даних. Під час роботи я дотримувався таких правил:

1) для запобігання шкідливого впливу α - і β -частинок, я тримався відстані не менше 50-70 см від екрану. Я знав, що на цій відстані частинки втрачають свій заряд і, отже, найменше впливають на живі клітини організму. Ці частинки мають велику здатність до іонізації. Іонізація живої тканини призводить до змін в ДНК і порушує кінетику її розвитку. Вплив іонізуючого випромінювання на організм призводить до уповільнення роботи кровотворних органів, зростання крихкості кровоносних судин, зниження опору організму до інфекційних захворювань. Однак, на відстані 50-70 см від екрану негативний вплив частинок на ДНК клітин практично непомітний.

2) Гамма-промені мають значну здатність до іонізації і глибокого проникнення. Це високочастотні електромагнітні випромінювання, що виникають під час гальмування електронів на екрані. Якщо врахувати цю інформацію, а також той факт, що рентгенівські промені направлені в протилежний бік від екрану, я уникаю розміщення за спиною інших

працюючих комп'ютерів, оскільки рентгенівське випромінювання може мати смертельні наслідки.

3) маючи на увазі, що тривала робота за комп'ютером призводить до іонізації приміщення плюсовими та мінусовими іонами (аеронами), з яких негативний вплив на здоров'я мають плюсові аерони, я робив перерву кожні півтори години. Під час цих перерв вмикалася примусова вентиляція, що відсмоктувала аеронізоване повітря з приміщення та замінювало його свіжим. Норма складає: мінімум 160 аеронів і не більше 5000 на 1 кубічний сантиметр. Враховуючи, що робота з комп'ютером вимагає тривалого перебування в нерухомій позі, під час перерв я виконував фізичні вправи та спеціальні вправи для очей [41].

ВИСНОВКИ

1. Проведеними дослідженнями встановлено гальмування енергії проростання насіння тест культур за вирощування на воді з річки Суха Московка, що відбиралась на території Шевченківського району м. Запоріжжя.

2. Встановлено слабкий рівень фітотоксичності за двома параметрами (висота проростків і довжина коренів) для тест-культур за вирощування на пробах досліджуваної води (ФЕ становив 14,17-15,37%). Виключенням були показники ФЕ, розраховані для *Triticum aestivum* L., де зареєстрована стимулювальна дія води, що відбиралась у Шевченківському районі (ділянка № 1), на розвиток кореневої системи тест-рослини (ФЕ₂ = -34,85).

3. З двох біоіндикаторів найбільш чутливою до полютантів за двома параметрами (висота проростків і довжина коренів) виявилась тест-культура (*Lycopersicon esculentum* Mill.).

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Водні ресурси на рубежі ХХІ ст.: проблеми раціонального використання, охорони та відтворення / За редакцією академіка УЄАН, д. е. н., професора М. А. Хвесіка. Київ : РВПС України НАН України, 2005. 564с.
2. Гаранько Н.М., В.О. Ісламов. Оцінка якості питної води за допомогою методів біотестування. *Екологія довкілля та безпека життєдіяльності*. 2003. № 5. С. 34-37.
3. Стецюк Л.М. Використання методів біоіндикації та біотестування для оцінки стану водних екосистем. *Вісн. Нац. ун-ту водного господарства та природокористування*. Вип. 2 (62). «Сільськогосподарські науки». 2013. С. 175-181.
4. M. Sagova-Mareckova, J. Boenigk, A. Bouchez. Expanding ecological assessment by integrating microorganisms into routine freshwater biomonitoring. *Water Research*, 2021. Vol. 191. March, 2021. P. 16-17.
5. «Мокрі» справи Сухої Московки. URL: <http://misto.zp.ua/article/partners13874.html> (дата звернення: 01.06.23).
6. Про внесення змін до рішення Запорізької міської ради від 25.12.2015 №23 «Про затвердження Програми «Про фінансування природоохоронних заходів за рахунок екологічних надходжень на 2016-2018 роки». URL: <https://zp.gov.ua/uk/sessions/32/resolution/4861> (дата звернення: 01.06.23).
7. Хімко Р. В., Мережко О. І., Бабко Р. В. Малі річки – дослідження, охорона, відновлення. Київ : Інститут екології. 2003. 380 с.
8. Куди годиться вода з Сухої Московки. Результати аналізу – Віднова. URL: <https://vidnova.info/kudy-godytsya-voda-z-suhoyi-moskovky.html> (дата звернення 02.06.23).

9. Водний кодекс України. Кодекс України; Закон України, Кодекс від 06.06.1995 №213/95-ВР. Відомості Верховної Ради України. 1995. № 24. ст.189.
10. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища України у 2021 році. URL: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/01/Natsdopovid-2021-n.pdf> (дата звернення 02.06.23).
11. Нормативи екологічної безпеки водних об'єктів, що використовуються для потреб рибного господарства щодо гранично допустимих концентрацій органічних та мінеральних речовин у морських та прісних водах (біохімічного споживання кисню (БСК5), хімічного споживання кисню (ХСК), завислих речовин та амонійного азоту) / Наказ Мінагрополітики України від 30.07.2012 № 471.
12. Яцик А. В. Гопчак І.В., Басюк Т. О Водогосподарсько-екологічне районування, як основа збереження басейнів малих річок. *Нетрадиційні і поновлювані джерела енергії як альтернативні первинним джерелам енергії в регіоні*: Матеріали Дев'ятої міжнародної науково-практичної конференції (Львів, 6–7 квітня 2017 р.): Зб. наук. статей. Львів: НУ «Львівська політехніка». С. 100-104.
13. Піддубна О. Ажурний місток від серця до серця. Запорізька Січ. 2009. С. 1.
14. Гончарук В. В., Гаранько. Н. Н., Архипчук В. В. Некоторые характеристики цитотоксичности и генотоксичности водных растворов полигексаметиленгуанидина *Доповіді НАН України*. 2002. № 3. С. 167-170.
15. Клименко М.О., Гріховина Ю.Р. Оцінка екологічного стану водних систем річок басейну Прип'ять за вищими водними рослинами. Рівне: НУВГП, 2005. 41 с.
16. Карпова Г., Зуб Л., Мельничук В., Процвів Г. Оцінка екологічного стану водойм методами біоіндикації. Перші кроки до оцінки якості води. Бережани, 2010. 32 с.

17. Шалімов М.О. Біоіндикація: конспект лекцій. *Наука і техніка*, 2011. 124 с.
18. Горова А.І. та ін. Біоіндикація. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт студентами напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». Дніпропетровськ : Національний гірничий університет, 2014. 76 с.
19. Мікробіологія. Методичні рекомендації до лабораторних занять та самостійної роботи для здобувачів вищої освіти ступеня «бакалавр» спеціальності 204 «ТВППТ» денної і заочної форм навчання / укл. С.П. Кот, В.А. Кириченко, В.О. Мельник. Миколаїв, 2017. 94 с.
20. R. Nicolau, Y. Lucas, P. Merdy, M. Raynaud. Base flow and stormwater net fluxes of carbon and trace metals to the Mediterranean Sea by an urbanized small river. *Water Research*, 2012. Vol. 48. I. 20. December 2012. P. 6625-6637.
21. Yifan Su, Weiming Li, Liu Liu, Wei Hu, Jinjing Li, Xuyang Sun, Yun Li. // Health assessment of small-to-medium sized rivers: Comparison between comprehensive indicator method and biological monitoring method. *Ecological Indicators*, 2021. Vol. 126. July 2021. P. 6-8.
22. Клименко М.О. та ін. Рациональне використання та відновлення водних ресурсів. Монографія. / За заг. ред. Феценка В.П. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2016. 250 с.
23. Miao Liu, Yan Li, Hong-Zhu Wang, Hai-Jun Wang, Rui-Ting Qiao, Erik Jeppesen. Ecosystem complexity explains the scale-dependence of ammonia toxicity on macroinvertebrates *Water Research*, 2022. Vol. 226. November 2022. P. 8-10.
24. Наукові засади раціонального використання водних ресурсів України за басейновим принципом: монографія / за ред. В.А. Сташука. Херсон: Грінь Д. С., 2014. 320 с.

25. Se Woong Chunga, Ick Hwan Ko, Yu Kyung Kim. Effect of reservoir flushing on downstream river water quality. *Journal of Environmental Management*. Vol. 86, Issue 1, January 2008, P. 139-147.

26. Мокін В. Б., Крижановський Є. С., Яцолт А. Р., Скорина Л. М. Автоматизація розрахунку водогосподарського балансу ділянок басейнів річок. *Водне господарство України*. 2017. № 3 (129). С. 25–30.

27. Яцик А.В., Томільцева А.І. Стратегія реформування водного господарства України для збалансованого екологічнобезпечного використання та збереження водних ресурсів. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. Випуск 3 (71), Збірник наукових праць. Частина 1. Технічні науки, м. Рівне. 2015. С. 136-142.

28. Директива 2000/60/ЄС Європейського Парламенту і Ради "Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики" від 23 жовтня 2000 року. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_962#Text

29. Руденко Л. Г. та ін. Методика картографування екологічного стану поверхневих вод України за якістю води. Київ: «Оріяни», 2006. 60 с.

30. Єдине міжвідомче керівництво по організації та здійсненню державного моніторингу вод. Офіційне Видання. Київ : Мінекоресурси України, 2001. 54 с.

31. Красовський Г. Я. Космічний моніторинг безпеки водних екосистем із застосуванням геоінформаційних технологій. Київ : Наукова думка, 2007. С. 322-329.

32. Наказ Міністерства екології та природних ресурсів України «Про затвердження Порядку розроблення водогосподарських балансів» від 26 січня 2017 р. № 26, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 17 лютого 2017 р. за № 232/30100. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0232-17#Text>

33. Афанасьєв С.О. та ін. Терміни та визначення водних Директив Європейського Союзу: угода про асоціацію між Україною та Європейським Союзом. Київ : «Інтерсервіс», 2015. 32 с.

34. Хільчевський В. К., Гребінь В. В. Гідрографічне та водогосподарське районування території України, затверджене у 2016 р. – реалізація положень ВРД ЄС. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2017. Т. 1. С. 8-20.

35. Екологічний паспорт Запорізької області. 2020. 166 с. URL: <https://www.zoda.gov.ua/article/2557/ekologichniy-pasport-zaporizkoji-oblasti-za-2020-rik.html> (дата звернення 03.06.23)

36. Звіт про стратегічну екологічну оцінку програми соціально-економічного та культурного розвитку запорізької області на 2022 рік. – 2021. – 70 с. URL: https://www.zoda.gov.ua/files/WP_Article_File/original/000179/179435.pdf (дата звернення 03.06.23)

37. Катренко Л. А., Піскун І. П. Охорона праці в галузі освіти. Навчальний посібник. Суми : Університетська книга, 2011. 339 с.

38. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1332-12#Text>

39. ДСТУ 7239:2011. Національний стандарт України. Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація.

40. ДСТУ EN 954-1:2003. Безпечність машин. Елементи безпечності систем керування. Частина 1. Загальні принципи проектування.

41. Випромінювання іонізуюче: Словник-довідник з екології : навч.-метод. посіб. / уклад. О. Г. Лановенко, О. О. Остапішина. Херсон : ПП Вишемирський В., 2013. С. 36.

42. Криволапчук В. О. та ін. Особиста безпека : навч.-практ. посіб. Київ: ВПЦ МВС України, 2006. 169 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

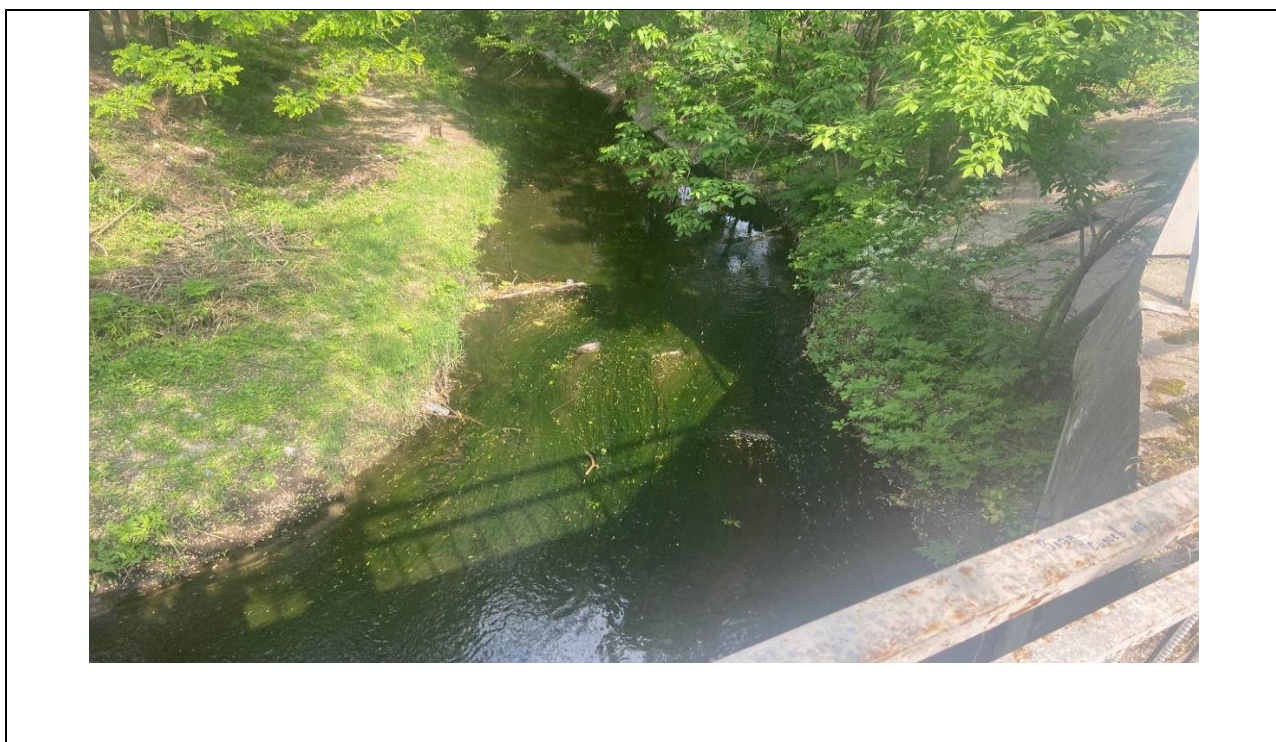
Результати оцінки загального потенціалу джерела водопостачання у надзвичайних умовах (за даними незалежного комерційного підприємства)

Параметр моніторингу	О.В.	РЕЗУЛЬТАТ		Середнє	ОЦІНКА	Шкала розрахункових балів оцінки			
		С	Середнє			Кд	2	3	4
Колір			Слабке забарвлення	4	4	Без кольору	Невиражене забарвлення	Слабке забарвлення	Сильне забарвлення
Мутність			Слабо мутна (не виражено)	3		Прозора	Слабо мутна (не виражено)	Слабо мутна (виражено)	Мутна (не прозора)
Запах			Без запаху		2	Без запаху	Слабкий запах (не виражений)	Слабкий запах (виражений)	Сильний запах
Загальний солеміст	TDS	мг/дм ³	1450	1450	4	0...350	350...1000	1000...1500	>1500
Загальна жорсткість	Ж	мМоль/дм ³	8,7	8,7	3	0...4	4...10	10...15	>15
Водневий показник	pH	од. рН	7,6	7,6	2	6,5...8,0	6,1...6,5 / 8,1...8,5		<6,1 / > 8,5
Розчинений кисень	O ₂	мг/дм ³	6...8	7	3	16...7	7...5		< 5
Амоній-іон	NH ₄ ⁺	мг/дм ³	0,05...0,1	0,075	2	0...0,4	0,4...1,33	1,33...2,6	> 2,6
Нітрит-іон	NO ₂ ⁻	мг/дм ³	0,2...0,4	0,3	4	0...0,04	0,04...0,18	0,18...0,5	>0,5
Нітрат-іон	NO ₃ ⁻	мг/дм ³	15...30	22,5	4	0...2,5	2,5...10	10...50	> 50
Ортофосфат-іон	PO ₄ ³⁻	мг/дм ³	0,25...0,5	0,38	3	0...0,15	0,15...0,6	0,6...3,5	> 3,5
Залізо розчинне	Fe ³⁺	мг/дм ³	0,02...0,05	0,035	2	0...0,1	0,1...0,2	0,2...1,0	> 1,0
Мідь розчинна	Cu ²⁺	мг/дм ³	<0,05	0,05	2	0...0,05	0,05...0,5		> 1,0
Середнє значення оцінки К _д : (мінус один ступінь свободи)					3,2	Добра	Посередня	Погана	Дуже погана
Загальна оцінка потенціалу джерела:					Посередня	0,0...2,2	2,2...3,3	3,4...4,0	4,1...5,0
Потенціал для альтернативного питаного водопостачання:					Із застереженням	Так	Із застереженням	Із обмеженням	Ні
Потенціал для господарсько-побутового водопостачання:					Так	Так	Так	Із обмеженням	Ні
Потенціал для технічного водопостачання:					Так	Так	Так	Із застереженням	Із обмеженням

А

Додаток Б.1

Місця відбору проб води з річки Суха Московка
(ділянка №1, Шевченківський район м. Запоріжжя):



Додаток Б.2

Ділянка відбору проб води з річки Суха Московка
(ділянка №2; Вознесенський район м. Запоріжжя)



Додаток В.1

Результати «ростового тесту» на плаваючих дисках: А – на початок експерименту; Б – на 14 день експерименту;



А



Б

Додаток В.2

Результати ростового тесту : А – контроль; Б – ділянка (14 день);



А



Б

Додаток Г

Морфометричні показники тест-культур *Lycopersicon esculentum* Mill. (А) і *Triticum aestivum* L. (Б): 1 – контроль; 2 – ділянка №1; 3 – ділянка №2

