**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**
**ФАКУЛЬТЕТ БІОЛОГІЧНИЙ**

**Кафедра загальної та прикладної екології і зоології**

**Кваліфікаційна робота**
**магістра**

на тему ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ ЗВОРОТНИХ ВОД ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ» З ВИКОРИСТАННЯМ РОСЛИННИХ ТЕСТ-СИСТЕМ

Виконала: студентка 2 курсу, групи 8.1018
спеціальності 101 екологія, освітньої програми екологія та охорона навколишнього середовища
Синя Л. В.
Керівник доц., доц., к.б.н. Костюченко Н. І.
Рецензент д.б.н., проф. Рильський О. Ф.

Запоріжжя – 2019

**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет біологічний

Кафедра загальної та прикладної екології і зоології

Освітній рівень магістр

Спеціальність 101 екологія

Освітня програма екологія та охорона навколишнього середовища

**ЗАТВЕРДЖУЮ**
Завідувач кафедри загальної та прикладної екології і зоології,
д.б.н., проф.
_____О.Ф.Рильський
«_____»_____2019року

ЗАВДАННЯ
на дипломну роботу студентці

Синій Людмилі Василівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Визначення якості зворотних вод ПАТ «Запоріжсталь» з використанням рослинних тест-систем»
керівник роботи Костюченко Н. І., к.б.н., доцент, доцент
затверджена наказом ЗНУ від «_12_» __червня__2019 р. № 940 -с
2. Строк подання студентом роботи ____грудень 2019 року
3. Вихідні дані до роботи кваліфікаційна робота бакалавра
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):1) провести хімічний аналіз досліджуваної зворотної води ПАТ «Запоріжсталь»; 2) визначити відсоток схожості тест-культур на досліджуваній воді, порівняти результати на 4-й день експерименту та через тиждень; 3) встановити рівень токсичності води за допомогою «ростового тесту».
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) таблиці: Таблиця 1.1, 2.1, 3.1-3.5; Рисунок 2.1, 3.1-3.6; Додатки А, Б, В, Г, Д, Е.

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | КОНСУЛЬТАНТ | Підпис, дата | |
|---|---|---|---|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| 4 | Притула Н. М., к.с.г.н., доцент | | |

7. Дата видачі завдання 11.02.2018 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітки |
|---|---|---|---|
| 1 | Огляд наукової літератури. Написання розділу 1 | жовтень-грудень 2018 | Виконано |
| 2 | Проходження техніки безпеки | січень 2018- | Виконано |
| 3 | Обробка методичних рекомендацій. Написання розділу 2. | лютий – квітень 2019 | Виконано |
| 4 | Визначення точок відбору проб. Відбір проб води, проведення хімічного аналізу. | травень – липень 2019 | Виконано |
| 5 | Проведення ростового тесту. | серпень-вересень 2019 | Виконано |
| 6 | Статистична обробка результатів досліджень. Написання розділу 3 | вересень – листопад 2019 | Виконано |
| 7 | Оформлення кваліфікаційної роботи магістра | серпень-листопад 2019 | Виконано |
| 8 | Проходження нормоконтролю. Передзахист. Рецензування кваліфікаційної роботи | грудень 2019 | Виконано |
| 9 | Захист кваліфікаційної роботи | січень 2020 | Виконано |

Студентка _____ Синя Л. В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Костюченко Н. І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено
Нормоконтролер _____ Притула Н.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

# РЕФЕРАТ

Дана робота викладена на 78 сторінках друкованого тексту, з них 65 сторінок основного тексту, 6 таблиць, 7 рисунків та 6 додатків. Перелік використаних джерел включає 100 джерел, з них 12 латиницею.

Мета роботи: оцінка впливу хімічного складу зворотних вод ПАТ «Запоріжсталь» на показники їх фітотоксичності з використанням рослинних тест-систем.

Об’єкт: зворотна вода Північного випуску ПАТ «Запоріжсталь».

Предмет дослідження: енергія проростання насіння та зміни морфометричних показників фітоіндикаторних рослин за вирощування на зворотних водах ПАТ «Запоріжсталь.

Новизна роботи полягає в тому, що дослідження токсичності зворотних вод ПАТ «Запоріжсталь» за допомогою рослинних тест-систем раніше не проводились.

Практична значимість отриманих результатів: запропонувати аналіз токсичності вод за допомогою рослинних тест-систем на ПАТ «Запоріжсталь», що дозволить попередити негативний вплив на р. Дніпро.

Найбільш чутливою тест-системою щодо токсичності зворотної води за показниками схожості насіння є *Cucumis sativus* L., що дає змогу використовувати її як первинний тест-параметр для оцінки загальної токсичності води.

ЗВОРОТНА ВОДА, ПАТ «ЗАПОРІЖСТАЛЬ», ФІТОТОКСИЧНИЙ ЕФЕКТ, СХОЖІСТЬ РОСЛИН, ТОКСИЧНІСТЬ, ХІМІЧНИЙ АНАЛІЗ

# ABSTRACT

The work is described on 78 pages of printed text, 65 of them are body text, which contain 6 tables, 7 pictures and 6 addition. The reference list includes 100 sources, 12 of them in Latin.

The goal of the work is assessment of the effect of the chemical composition of the return waters of PJSC "Zaporizhstal" on the phytotoxicity indices by means of plant test systems.

Object: return water of the Northern issue of PJSC "Zaporizhstal".

Subject of research: energy of seed germination and changes in morphometric indices of phytoindicator plants for cultivation on return waters of PJSC "Zaporizhstal.

The novelty of the work is that the toxicity studies of the return waters of PJSC "Zaporizhstal" by means of plant test systems have not been conducted before.

Practical significance of the obtained results: to offer analysis of water toxicity by means of plant test systems at PJSC "Zaporizhstal", which will allow to prevent negative impact on the Dnieper River.

*Cucumis sativus L.* is the most sensitive return water toxicity test system in terms of seed germination, which allows it to be used as a primary test parameter for assessing overall water toxicity.

RETURN WATER, PJSC «ZAPORIZHSTAL», PHYTOTOXIC EFFECT, PLANT SIMILARITY, TOXICITY, CHEMICAL ANALYSIS.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ..... 7
ВСТУП ..... 8
1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ ..... 10
1.1 Біоіндикація в системі оцінки токсичності води ..... 10
1.2 Особливості використання рослин-біоіндикаторів ..... 15
1.3 Заходи ПАТ «Запоріжсталь» щодо покращення якості зворотних вод .... 18
1.4 Оцінка якості води за фізико-хімічними показниками ..... 19
1.5 Вплив хімічного складу води на організм людини ..... 23
1.6 Твердість води та її вплив на здоров'я людини ..... 30
2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ..... 35
2.1 Об'єкт дослідження ..... 35
2.2 Лабораторні дослідження ..... 38
2.3 Визначення загальної токсичності зворотної води ПАТ «Запоріжсталь» 42
2.4 Статистична обробка результатів досліджень ..... 44
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА ..... 47
3.1 Визначення хімічних та фізико-хімічних показників зворотної води ПАТ «Запоріжсталь» ..... 47
3.2 Визначення загальної фітотоксичності зворотних вод ПАТ «Запоріжсталь» за допомогою «ростового тесту» ..... 49
3.2.1 Визначення показників схожості насіння (%) тест-культур ..... 49
3.2.2 Визначення рівня токсичності зворотної води за морфометричними показниками тест-рослин ..... 53
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ..... 59
ВИСНОВКИ ..... 67
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ..... 68
ДОДАТКИ ..... 79

# ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ККЦ – киснево компресорний цех

ОВС – очисні водопровідні споруди

ТЕЦ – теплоелектроцентраль

БНС – берегові насосні станції

БСК – біохімічне споживання кисню

ХСК – хімічне споживання кисню

ЗСО – зона санітарної охорони

ВООЗ – Всесвітня організація охорони здоров’я

# ВСТУП

Вода входить до складу всіх організмів біосфери, у тому числі й до складу тіла людини. Від забезпеченості водою залежить життєдіяльність усіх живих організмів. Вода регулює клімат планети, забезпечує господарську та промислову діяльність людей.

Сьогодні в усьому світі збільшується інтерес до проблем нормування мінерального складу питних вод та прогнозування їх впливу на здоров'я населення. Завдяки фундаментальним працям українських учених [1–5] створені передумови для широкого впровадження у практику методів профілактики захворювань, зумовлених несприятливим сольовим складом питних вод. Вченими зроблено значний внесок у розвиток вивчення проблем впливу сольового складу питних вод на здоров'я людини, які узагальнили досвід попередників та запропонували нові наукові та методологічні підходи до оцінки ролі водного фактора у формуванні індивідуального та громадського здоров'я.

Одним з найбільш несприятливих регіонів України за загально-екологічним станом є Придніпровський економічний регіон, до складу якого входить Запорізька область. Як і в попередні роки, найгострішими екологічними проблемами області є забруднення повітряного басейну, водних ресурсів та накопичення значної кількості побутових та промислових відходів, зокрема, металургійних підприємств. Це зумовило наш вибір області для аналізу сучасного стану забруднення навколишнього середовища.

Для поліпшення екологічних характеристик промислового виробництва потрібно: посилити моніторинг техногенного впливу підприємств на навколишнє природне середовище, зокрема шляхом вдосконалення засобів [5]; удосконалити методологію визначення нормативів екологічних зборів з підвищенням їх ролі у відновленні природних екологічних параметрів навколишнього природного середовища,

оскільки на сьогодні вони занадто низькі і майже не виконують регулюючої функції і не враховують фактичні завдання шкоди навколишньому природному середовищу.

Метою даної роботи було оцінити фітотоксичність зворотних вод ПАТ «Запоріжсталь», що використовуються в різних технологічних процесах, з використанням рослинних тест-систем.

Об'єкт дослідження: вплив хімічного складу зворотних вод ПАТ «Запоріжсталь» на рівень їх фітотоксичності.

Предмет дослідження: енергія проростання насіння та зміни морфометричних показників фітоіндикаторних рослин за вирощування на зворотних водах ПАТ «Запоріжсталь.

Для реалізації поставленої мети, були поставлені наступні завдання:

1) визначити фізико-хімічні показники зворотних вод Північного випуску;

2) виявити рівень фітотоксичності досліджуваної води за допомогою рослинних тест-систем;

3) встановити залежність між результатами хімічного аналізу та «ростового тесту»;

4) визначити, який з використаних тест-об'єктів є більш чутливим щодо якості досліджуваної води.

Отримані результати можуть бути використані для моніторингу токсичності води на ПАТ «Запоріжсталь» як доповнення до аналізу за допомогою ракоподібних, який використовується на підприємстві, що дозволить попередити негативний вплив скидів технічнох води на екосистему р. Дніпро.

Отримані результати кваліфікаційної роботи були апробовані на VIII Регіональній науково-практичній конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Актуальні проблеми та перспективи розвитку природничих, медичних та фармацевтичних наук» (2019 р.) та у 46-й науково-технічній конференції молоді комбінату «Запоріжсталь» (2019 р.).

# 1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

## 1.1 Біоіндикація в системі оцінки токсичності води

Оцінювання якості поверхневих вод з використанням фізико-хімічного аналізу не дає повної інформації про комплексну дію забруднювальних речовин на гідроекосистеми. З огляду на це, використання біологічних методів для визначення загальної токсичності природних вод є актуальним [1–5, 12–15].

Біотестування якості води було застосовано у численних дослідженнях як у нашій країні, так і за кордоном [3–6]. Активне залучення методів біотестування до виявлення забрудненості вод, як свідчить світовий досвід, дає змогу найбільш об’єктивно оцінювати сукупну дію антропогенних чинників на стан водойм. Найбільш поширеними з них є стандартизовані методи.

Біологічне тестування вод металургійних підприємств, судячи з аналізу літературних джерел, потребує комплексного підходу в застосуванні більш чутливих реакцій організмів, ніж уніфіковані [5, 34–40]. Тому для оцінювання якості цих вод доцільно запропонувати ефективну систему біотестування, в основі розроблення якої лежить формування відповідних теоретичних і методологічних засад.

Біотестування води – це інтегральний метод експериментального визначення токсичності, який ґрунтується на реакціях тест-організмів, що дають можливість оцінити загальну токсичність середовища або перевірити вплив певних токсикантів на живі організми. Загалом, суть біотестування полягає в тому, що у водне середовище вносять гідробіонтів і за їхніми реакціями (особливостями поведінки, розмноження, розвитку, фізіологічними показниками тощо) аналізують загальну токсичність води або наявність у ній порогових чи надпорогових доз токсикантів [7, 41–45].

Універсальність методів біотестування дає можливість застосовувати у якості тест-об’єктів найрізноманітніші види істот [44–47]. Однак, перевагу слід надавати організмам, які одночасно чутливі до дії екотоксикантів і зручні у використанні. За допомогою біотестування можна досліджувати токсичність води в досить широкому спектрі [1, 6–10, 48].

Біотестування не позбавлене й певних недоліків, що стосуються насамперед використання поодиноких тестів. Набори біотестів, до складу яких включені тест-організми різних трофічних рівнів і тести для визначення токсичності на різних рівнях біологічної організації (організменному, клітинному та ін.), дають змогу всебічно оцінювати якість води на основі розрахунку відповідних індексів (мікроядерний індекс, інтегральний індекс токсичності тощо) [34–35].

Біоіндикація дає змогу визначити сумісну біологічну активність впливу фізико-хімічних факторів на природне середовище [3].

Основний принцип біоіндикації – це пошук індикатора для відповідного фактору чи системи яку індукують. Наявність певних зв’язків між подіями, логічність тверджень і достовірність фактів ще не означають можливість і доцільність використання цих даних для індикації. Кожен біоіндикатор має критичний рівень інформації, поза межами якого він не лише не працює, а може суттєво заплутати інформацію і навіть спотворити її [44–55]. Тому, для достовірності результатів дослідження, важливим є етап вибору тест-культури і параметрів зміни її життєдіяльності. На сьогоднішній день даних щодо обґрунтування вибору рослинних тест-систем для фітотоксичної оцінки зворотних вод підприємств металургійної галузі існує недостатньо.

Здійснюючи біоіндикацію води, слід враховувати шість основних принципів вибору тест-культури.

1. Простота. Індикатори повинні бути доволі прості й представлені в зрозумілий спосіб, інакше біоіндикація втрачає сенс.

2. Наукова ймовірність. Дані, отримані під час використання індикаторів, мають бути доступними для детального розгляду і забезпечувати можливість подальшої інтеграції та екстраполяції. Результати повинні бути можливими для їх наукового доведення.

3. Технічна досяжність. Індикатор має бути отриманий на основі показників, ознак, які б відповідали вимогам моніторингу, адже вимоги часу і вартості не дають можливості накопичувати необмежену базу даних.

4. Попереджувальна здатність. Індикатор має забезпечити картину не лише наявних умов у екосистемі і тенденції зміни таких умов, а й вказати на можливість деградації до того, як виникне загроза.

5. Просторове висвітлення. Інтерпретаційні обмеження індикаторів мають бути зрозумілими. Індикатори, які виконують функцію забезпечення інформацією на глобальному рівні, не можна безпосередньо використовувати на регіональному чи локальному рівні.

6. Гнучкість. Це стосується таких аспектів, як можливе розширення меж дії індикатора, інтерпретації часових змін, оцінки інших опосередкованих факторів, отримання певної додаткової інформації тощо [5, 6].

При виборі тест-організмів суттєвим є використання біотестів, найчутливіших до дії забруднюючих компонентів. Друга важлива вимога щодо тест-організму полягає в тому, що дія токсиканта на нього має обов’язково викликати зворотну реакцію організму. Окрім того, тест-організми в межах одного дослідження мають бути візуально однаковими. Це означає, що для рослин-біоіндикаторів необхідне обов’язкове колібрування насіння за масою та розмірами. Для біоіндикаторів не придатні організми, пошкоджені хворобами, шкідниками та паразитами [7–15].

У науковій літературі наведено приклади застосування різних рослинних тест-об’єктів для фітотоксичної оцінки стану ґрунтів [8] та функціональні ознаки біоіндикаторів. Типові тест-об’єкти і тест-реакції що використовуються під час біо тестування наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Типові тест-об’єкти і тест-реакції, що використовуються під час біотестування води [43]

| Тест-об’єкт | Тест-реакція |
|---|---|
| 1 | 2 |
| Бактерії<br>*Bacillus cereus*<br>*Beneckea harveyi* | Інтенсивність розмноження, біолюмінесценція, активність окислювальних ферментів, проникність мембрани, механічна міцність |
| Гриби й актиноміцети<br>*Aspergillus niger*<br>*Streptomyces olivaceus* | Реакція росту |
| Водорості<br>*Scenedesmus quadricuada*<br>*Sc.acuminates*<br>*Chlorella vulgaris*<br>*Euglena gracilis*<br>*Nitela flexilis*<br>*Dunaliela salina* | Інтенсивність розмноження, рухлива активність, іммобілізація клітин, біоелектричні реакції, фотосинтетична активність клітин, імпеданс суспензії, проникність мембрани, активний транспорт |
| Найпростіші<br>*Tetrahymena pyrofornus*<br>*Spirostomun ambiguum*<br>*Euplotes sp.* | Інтенсивність розмноження, рухлива активність, морфологічні зміни тіла, інтенсивність дихання, активний транспорт |
| Безхребетні<br>*Daphina magna*<br>*Hydra attenuate*<br>*Hirudo medicinales*<br>*Unio tumidus* | Виживання, інтенсивність дихання та серцебиття, поведінкова реакція |

Продовження табл. 1.1

| 1 | 2 |
|---|---|
| Риби<br>*Perca fluviatilus*<br>*Phoxinus phoxinus*<br>*Cyprinus carpio* | Поведінкова реакція, рухлива активність, інтенсивність дихання та серцебиття, зміна пігментації шкіри |

Виходячи із зазначеного, біотестування води, поряд із загальноприйнятими [1, 4–7, 43–47], має включати також деякі специфічні методичні аспекти, зокрема:

1) застосування декількох методів біотестування, спрямованих на виявлення порушень стану водного середовища внаслідок його забруднення;

2) створення наборів з уніфікованих та допоміжних організмів, серед яких однаковою мірою мають бути наявні рослинні, тваринні форми та мікроорганізми;

3) застосування високочутливих альтернативних реакцій уніфікованих тест-об’єктів, за допомогою яких крім суттєвих порушень стану вод, можуть бути також виявлені їх помірні та незначні порушення;

4) методи контролю стану водного середовища за показниками їхньої гострої й хронічної токсичності та за можливими віддаленими наслідками (алергенними, мутагенними, бластомогенними, ембріотоксичними та/або тератогенними ефектами);

5) визначення токсичності вод з використанням різних рівнів організації живої матерії (цито- та генотоксичному);

6) застосування інструментарію, технічного обладнання, інформаційного й програмного забезпечення, призначених для спостереження та контролю за станом вод з використанням тест-об’єктів;

7) розроблення і вживання заходів з управління станом вод та біологічних ресурсів, спрямованих на запобігання небезпечним забрудненням та іншим порушенням екологічної рівноваги вод.

Вище зазначені аспекти вказують на суттєве розширення можливостей біотестування й необхідність уникнення поодиноких тестів, що досі широко практикуються в цьому напрямі, в наслідок чого отримується однобічне оцінювання стану вод.

## 1.2 Особливості використання рослин-біоіндикаторів

За допомогою рослин можна проводити біоіндикацію усіх природних середовищ. Індикаторні рослини застосовуються при оцінюванні механічного і кислотного складу ґрунтів, їх родючості, зволоженості та засолення, ступеня мінералізації ґрунтових вод і ступеня забруднення атмосферного повітря газоподібними сполуками, а також при виявленні трофічних властивостей водойм і ступеню їхнього забруднення полютантами. Наприклад, на вміст у ґрунті Плюмбуму вказують види костриці (*Festuca ovina*), мітлиці (*Agrostis tenuis*), Цинку – родина фіалки (*Viola tricolor*), талабану (*Thlaspi alpestre*), Купруму та Кобальту – смольовка (*Silene vulgaris*), багато злаків та мохи [34–39, 43].

Чутливі індикатори вказують на присутність забруднюючої речовини в повітрі або в ґрунті ранніми морфологічними реакціями: зміною забарвлення листя (поява хлорозів; жовте, буре чи бронзове забарвлення), різні форми некрозів, передчаснимеув’ядання та опадання листя. У багаторічних рослин забруднюючі речовини викликають зміну розмірів, форму та кількість органів, напрямок росту пагонів або зміну плодючості. Подібні реакції зазвичай неспецифічні [55].

Деякі природні чинники можуть викликати симптоми подібні до антропогенних порушень. Так, наприклад, хлороз листя може бути викликаний нестачею заліза в ґрунті або раннім заморозком. Тому при визначенні морфологічних змін у рослин необхідно враховувати можливість

дії інших вражаючих чинників. Індикатори іншого типу являють собою рослини акумулятори. Вони накопичують у своїх тканинах забруднюючу речовину або шкідливі продукти метаболізму, що утворилися під дією забруднюючих речовин, без видимих змін. При перевищенні порогу токсичності отруйної речовини для данного виду проявляються різні відповідні реакції, які виражаються у зміні швидкості росту і тривалості фенологічних фаз, біометричних показників і за кінцевим розрахунком, знижені продуктивно.

Отримані точні кількісні дані про динаміку і величину стресових впливів на основі морфологічних змін неможливо, але можна досить точно визначити величину стресового впливу.

Б. В. Виноградов класифікував індикаторні ознаки рослин, як флористичні, фізіологічні, морфологічні і фітоценотичні. Флористичними ознаками є розбіжності складу рослинності ділянок, що досліджуються, які сформувалися внаслідок певних екологічних умов. Індикаторне значення має як наявність, так і відсутність виду. До фізіологічних ознак відносять особливості обімну речовин рослин, до анатомо-морфологічних ознак – особливості внутрішньої і зовнішньої будови, різного роду анатомії розвитку і новоутворення, до фітоценотичних ознак – особливості структури рослинного покриву, рясність та розсіяність видів рослин, ярусність, мозаїчність, ступень зімкненості [44–49].

Дуже часто з метою біоіндикації використовують різні аномалії росту і розвитку рослин – відхилення від загальних закономірностей. Вчені систематизували їх у три основні групи, пов’язані:

– з гальмуванням чи стимулюванням нормального росту (карликовість і гігантизм);

– з деформацією стебел, листя, коренів, плодів, суцвіть;

– з виникненням новоутворень (до цієї групи відносять аномалії росту, а також пухлини).

Гігантизм і карликовість багато вчених вважають каліцтвом. Наприклад, надлишок у ґрунті міді вдвічі зменшує розміри каліфорнійського маку, а надлишок свинцю призводить до карликовості смілки.

Для біоіндикації становлять інтерес наступні деформації рослин:

– фасціації – стрічкоподібні сплощення і зростання стебел, коренів і квітконосів;

– махровість квіток, у яких тичинки перетворюються на пелюстки;

– проліфікації – проростання квіток і суцвіть;

– асцидії – воронкоподібні, чашоподібні і трубчасті листя рослин з пластинчастими листям;

– редукція – зворотній розвиток органів рослин, виродження;

– ниткоподібність – нитчаста форма листкової пластини;

– фітоподії тичинок – перетворення в перетворення в пласке листове утворення.

Біомоніторинг може здійснюватись шляхом спостереження за окремими рослинами – індикаторами, популяцією певного виду та станом фітоценозу загалом. На рівні виду зазвичай проводять специфічну індикацію якогось одного забруднювача, але на рівні популяції чи фітоценозу – загального стану природного стану довкілля.

## 1.3 Заходи ПАТ «Запоріжсталь» щодо покращення якості зворотних вод

У 2018 році на Запоріжсталі виконали реконструкцію газоочищення агломашини № 1 аглофабрики підприємства, замінили електрофільтри, установлені в 2012 році, на ефективніші рукавні фільтри імпульсної регенерації. Також приділили особливу увагу проектам з екологічним ефектом зі зниження забору води на потреби виробництва. На комбінаті «Запоріжсталь» було введено в експлуатацію нову п’ятисекційну градирню, що забезпечує зворотною водою системи охолодження доменних печей підприємства. Це дало змогу зменшити забір води з річки Дніпро на 4,8 млн куб. м на рік [65].

На підприємстві було впроваджено екологічний захід – побудовано зворотній цикл для уловлювання, очистки та повернення стічних вод з території району домених печей у виробництво. Це дозволило проводити очищення стічних вод Північного випуску з припиненням скидання у водоймище, повторне використання очищених стоків у якості підживлювальної води оборотного циклу киснево-компресорного цеху (ККЦ) і, внаслідок цього, скорочення забору «свіжої» води з р. Дніпро. До цього, вода повністю поверталась до річки. Це дозволило відмовитися від скиду понад 5 млн куб. м води в Дніпро щорічно та використовувати її повторно для потреб виробництва [67].

Раніше стічні води з території району доменних печей скидались по промзливовій каналізації діаметром 1000 мм у Північний випуск. Після реалізації проекту 1/3 цієї води насосами одразу перекачується до оборотного циклу ККЦ, де змішується з Дніпровською водою, а частина води, що залишилась повертається до р. Дніпро. Також, у Північний випуск потрапляють води після промивки фільтрів на ОВС [68].

Для майданчика водозабірних споруд ПАТ «Запоріжсталь» (БНС-1 та

БНС-2) згідно з вимогами законодавства [9] встановлені наступні зони санітарної охорони: по акваторії в усіх напрямках – 100 м; на прилеглому до водозабору березі – 100 м (у разі нормального підпорного рівня у водосховищі). У першому поясі ЗСО джерела питного водопостачання заборонена будь-яка діяльність, що впливатиме на якість води, у другому та третьому поясах – будь-які об'єкти, що забруднюють джерела водопостачання, стічні води, що відводяться повинні відповідати вимогам СанПіН 4630-88 [2]. Визначено, що на сьогоднішній день на території першого поясу ЗСО майданчика водозабірних споруд ПАТ «Запоріжсталь» (БНС-1 та БНС-2 знаходяться два водовипуски: випуск № 4 (БНС-1) – ліміт скиду – 18,26 куб. м/год; випуск № 5 (БНС-2) – ліміт скиду – 20,84 куб. м/год. Крім того, у безпосередній близькості від водозабірних споруд та берегових насосних станцій І підйому ПАТ «Запоріжсталь» розташовано два випуски зворотних вод: випуск №1 у Дніпровське водосховище через балку Маркусова (знаходиться на відстані 950 м від площадки водозаборів, фактична потужність – 204,4 куб. м/год); Північний випуск № 2 у Дніпровське водосховище (знаходиться на відстані 800 м від площадки водозаборів, фактична потужність – 871,52 куб. м/год). Скиди зворотних вод здійснюються також через випуск №3 (балка Капустяна) та №6 (балка Середня). Результати досліджень встановили, що якість води Дніпровського водосховища щодо вмісту органічних речовин за весь час спостережень майже в усіх точках відбору проб не відповідала вимогам щодо води водних об'єктів у пунктах господарсько-питного водокористування [2].

## 1.4 Оцінка якості води за фізико-хімічними показниками

Високі концентрації органічних речовин характерні для всієї поверхневої води басейну річки Дніпро. Найвищий їх рівень умісту спостерігався влітку та

восени, що свідчить про процеси евтрофікації та трансформації органічних речовин у водному середовищі через зарегульованість водотоку та водогосподарську діяльність на території водного басейну [1, 6–8]. Однак вміст органічних та інших речовин може бути обумовлений скидами не очищених або недостатньо очищених зворотних вод. За даними Державного водного кадастру (2016 р.) у поверхневі водні об'єкти басейну Дніпра всього по регіону скидаються разом із зворотними водами (без врахування шахтно-кар'єрних вод): ХСК – 32,56 тис. т, $БСК_5$ – 7,443 тис. т, Ферум – 246,7 т, феноли – 0,365 т, нафтопродукти – 93,23 т, Плюмбум – 0,264 т, формальдегід – 1,249 т тощо.

Результати досліджень свідчать про зростання антропогенного навантаження на водний об'єкт у точці № 1 взимку 2014-2015 рр., що обумовлене скидами у водойму забруднюючих речовин. Крім вищезазначеного випадку, вміст важких металів у річковій воді не визначався. Виявлялися речовини мінеральної та органічної природи, наприклад, періодично понаднормативний вміст – Феруму (до 0,95 мг/л), Марганцю (до 0,44 мг/л) та фенолів (до 0,005 мг/л), однак, середні значення їх концентрацій майже не перевищували нормативні (0,3 мг/л, 0,05 мг/л та 0,001 мг/л відповідно). Вміст Феруму частіше перевищував середню концентрацію у воді р. Дніпро протягом 2014-2017 рр. (0,221±0,003 мг/л), вміст Марганцю епізодично (0,06±0,001 мг/л). Вміст фенолів у воді водного об'єкту може погіршувати їх загальний санітарний стан, сприяти зменшенню концентрації кисню. За даними досліджень вміст розчиненого кисню складав переважно біля 7,5-8,5 мг/л, що, у цілому, не свідчить про інтенсивне забруднення природної води, та відповідає нормативним вимогам [2].

Для оцінки якості природних вод проби її піддають фізико-хімічному аналізу. Останній ділиться на фізичні і хімічні показники.

Фізичні показники якості води. До них відносяться: температура, запах, смак, прозорість, каламутність, кольоровість, густина та інші.

Хімічні показники якості води. При визначенні хімічних показників даються відповіді на питання, вельми важливі для практичної оцінки її якості [1–4]:

а) чи придатна вода для побутових і технічних потреб?

б) чи немає в ній речовин, що викликають корозію металів і бетонна, або речовин, що приводять воду до спінювання або відкладення накипу?

Крім того, на підставі зіставлення результатів хімічного аналізу природної води з вимогами, що висуваються до очищеної води, судять про те, яким процесам очищення слід піддавати природну воду для покращення її якості.

При повному санітарно-хімічному аналізі води проводять наступні визначення [5–10]:

1) зважені речовини, мг/л;

2) сухий залишок, мг/л;

3) прожарений залишок, мг/л;

4) електропровідність,

5) окисненість, мг$O_2$/л;

6) розчинений кисень, мг/л;

7) біохімічне споживання кисню (БСК$_5$), мг/л; $O_2$;

8) вільний хлор, мг/л;

9) хлороємність, мг/л;

10) активну реакцію середовища, pH;

11) кислотність, мг-екв/л;

12) лужність, мг-екв/л;

13) йони $Ca^{2+}$, $Mg^{2+}$, $Mn^{2+}$, $A1^{3+}$, $Na^{+}$, $K^{+}$, $C1^{-}$, $SO_4^{2-}$, $PO_4^{3-}$, $F^{-}$, $I^{-}$, мг/л;

14) азотовмісні речовини: азот амонійних солей ($NH_4^{+}$), нітрити і нітрати, мг/л;

15) твердість води, мг-екв/л;

16) вуглекислоту, мг/л; а) спільну; б) вільну ($CO_2$), в) гідрокарбонатну ($HCO_3^{-}$); г) карбонатну; д) рівноважну; е) агресивну;

17) поверхнево-активні речовини;

18) сірководень;

19) йони важких металів.

Активна реакція середовища.

Водневий показник – це від’ємний десятковий логарифм концентрації водневих іонів. Природна вода зазвичай має слабколужну реакцію середовища. Високе значення pH (лужне середовище) свідчить про викиди промислових підприємств або цвітіння водоймищ. Кисла реакція води вказує на появу у воді гумінових кислот (утворюються в результаті розкладання біологічних об'єктів, насамперед, рослин) або притоку стічних вод. За ГДК вважається значення водневого показнику в межах 6,0-9,0.

Вміст хлорид- та сульфат-йонів

Хлоровмісні речовини. Внаслідок великої розчинності хлоридів, йон Хлору присутній майже у всіх водах. Найбільшу розчинність мають Магній хлорид (545 г/л) та Натрій хлорид (360 г/л). Вміст хлорид-йонів у воді не повинен перевищувати 350 мг/л. Основним джерелом забруднення води хлорид-йонами є побутові води і сільськогосподарські викиди.

Наявність великих кількостей хлоридів у воді може бути викликане вимиванням солей з ґрунту або попаданням у воду господарсько-побутових стоків. Якщо у водоймище потрапили стічні води, то поряд з підвищенням в ній йонів хлору спостерігається присутність аміаку, нітриту, підвищуються окисненість, хлороємність та інші показники, що свідчать про це забруднення [2, 10–12].

Сульфат-йони.

Поряд з йонами хлору зустрічаються в природних водах сульфат-йони. Потрапляють вони у воду при розчиненні осадових порід, до складу яких входить гіпс. Інколи сульфат-йони утворюються в результаті окиснення сірководню, їх джерелом може також бути забруднення води промисловими стоками. У річках і прісних озерах вміст сульфат-іона не перевищує 100 мг/л.

Присутність сульфатів у воді у великих кількостях небажана, оскільки натрій сульфат $Na_2SO_4$ порушує діяльність шлунково-кишкового тракту, а кальцій сульфат $CaSO_4$ і магній сульфат $MgSO_4$ обумовлюють сульфатну твердість води. Вода, що містить великі кількості хлоридів і сульфатів, має корозійну активність [6].

Згідно нормативам для господарсько-питного водопостачання вміст сульфат-йонів повинен не перевищувати 500 мг/л. Великий вміст сульфатів у воді псує її смак і може викликати при її вживанні розлад травлення і є важливим показником забрудненості води тваринницькими викидами (складовою частиною білкових тіл є Сульфур, який при розкладі і наступному окисненні перетворюється на солі сульфатної кислоти).

## 1.5 Вплив хімічного складу води на організм людини

У природній воді є мінеральні солі. Вода вважається доброю, якщо мінералізація не перевищує 1000 мг/л. Вода з великим вмістом солей належить до солоних і непридатні для пиття. Дуже мала мінералізація води погіршує її смак, а позбавлену солей (дистильовану) воду взагалі вважають шкідливою – вона порушує травлення і діяльність залоз внутрішньої секреції. Гранично допустимий вміст Феруму у воді – до 0,3 мг/л, Купруму – 1 мг/л, Цинку – 5 мг/л.

Іноді в питній воді зустрічається багато солей хлористоводневої та сірчаної кислот (хлориди і сульфати), які надають воді солоного та гірко-солоного смаку. Вживання такої води призводить до порушення діяльності травної системи. Воду, яка містить більше ніж 500 мг/л сульфатів і 350 мг/л хлоридів вважають шкідливою для здоров’я.

Із вмістом у воді солей Кальцію та Магнію тісно пов’язана інша її властивість – твердість. Припустимий рівень загальної твердості дорівнює 7–10 ммоль·екв/л, при таких рівнях жорсткості вода не впливає на ліпідний обмін в умовах тривалого введення холестерину, і не може спричинювати розвиток атеросклеротичних змін артерій.

Зміни у концентрації розчинених у воді солей призводять до виникнення багатьох ендемічних хвороб, наприклад, ендемічного зобу і флюорозу.

Ендемічний зоб – захворювання було відоме вже стародавнім лікарям. Воно характеризувалося збільшенням щитовидної залози і має нині назву ендемічний зоб. За даним ВООЗ, зараз на Землі нараховується близько 200 млн. хвороб, викликаних впливом даних хімічних елементів. Встановлено, що причиною ендемічного зобу є дефіцит йоду в біосфері.

В Україні ендемічний зоб зустрічається на території Західної України і Полісся. Район вважають ендемічним, якщо понад 10 % населення мають ознаки зобу. Ендемічний зоб найчастіше зустрічається серед жінок, але в районах важкої ендемії (понад 60 % населення уражено зобом) захворюваність чоловіків є так само високою.

Доведено, що поряд з йодною недостатністю в осередках ендемічного зоба є й інші чинники, які сприяють розвитку цього захворювання: високий вміст у воді та ґрунті гумінових кислот, зміна концентрації Купруму, Цинку, Гідраргіруму, Кобальту, Молібдену, Кальцію. Таким чином, промислове забруднення навколишнього середовища в біохімічних провінціях з нестачею Йоду в біосфері, сприяє росту захворюваності на зоб.

Хворі на ендемічний зоб найчастіше скаржаться на косметичні незручності, інколи велика або розташована за грудиною пухлина здавлює стравохід, трахею, кровоносні судини, порушуючи кровообіг і дихання.

Лікування ендемічного зоба залежить від його форм – призначають лікарські препарати чи приводять оперативне видалення пухлини.

Для профілактики зоба підвищують вміст йоду в харчових продуктах, перш за все солі.

Флюороз – ендемічна хвороба людини, яка також пов’язана з геохімічними чинниками: вона викликає в разі тривалого надмірного надходження Фтору та його сполуки.

Біохімічні провінції з підвищеним вмістом Фтору у воді характеризуються випадками ендемічного флюорозу, який найчастіше обмежується ураженням зубів. Спочатку на симетричних зубах з’являються не дуже помітні плями, потім – жовто-бура пігментація, емаль стирається, коронка деформується. Якщо концентрація Фтору перевищує у воді 6 мг/л, з’являються зміни в кістках (грибовидні та дзьобовидні кісткові вирости, твердість кісток), стійкі ураження печінки, травного каналу.

Профілактика флюорозу забезпечується механізацією та автоматизацією виробництва: ефективною вентиляцією. Захистом дихальних шляхів; зміною джерел питного водопостачання або дефторування води на водогінних спорудах.

Багаточисельні літературні дані свідчать про тісний зв’язок між мінеральним складом води і рівнем захворювання населення [3–7].

Окремі автори [8, 9–14] дотримуються думки, що при вивченні впливу водного фактору на стан здоров’я населення найбільш адекватними є епідеміологічні дослідження, як мінімум за трьохрічний період, з використанням таких інформативних показників захворюваності, як поширення окремих нозологічних форм, в першу чергу органів травлення, ендокринної, серцево-судинної, сечовидільної, кістково-м’язової систем, та визначення взаємозв’язку між змінами в стані здоров’я показниками якості води.

Особливу актуальність дана проблема набуває у зв’язку з тим, що в Україні 50% підземних вод не відповідають державному стандарту на питну воду [9–12].

Між захворюванням населення слинокам'яною та сечокам'яною хворобами і твердістю питної води встановлено певний зв'язок. Найвища захворюваність цими хворобами спостерігається в районах, де питна вода має твердість від 16,0 до 23,0 мг-екв/л. при твердості питної води від 7,0 до 16,0 мг-екв/л має місце середній рівень захворюваності [15]. Вживання води, твердість якої перевищує 10 мг-екв/л, призводить до посилення місцевого кровотоку і змінює процес фільтрації та реабсорбції в нирках. Зазначені прояви є захисною реакцією організму. Тривалий вплив води такого складу на організм людини в більшості випадків призводить до виснаження регулюючих систем з наступним розвитком патологічних змін, зокрема сечокам'яної, гіпертонічної хвороб, склерозу та інших [14]. Фізико-хімічні показники води у дорослого населення корелюють з рівнем захворювання сечостатевої системи (r=0,75) та хворобами нирок (r=0,62) і сечостатевої системи (r=0,60) у підлітків [15–17].

У районах з високою мінералізацією питних вод при тривалому її вживанні має місце уповільнення виведення води з організму. При вживанні води з концентрацією хлоридів 1000 мг/л явних змін в організмі не спостерігається, що зумовлено швидким відновленням рівня солей та відповідно осмотичного тиску в крові та тканинах. При концентраціях 1500–2500 мг/л і вище виведення хлоридів супроводжується більш інтенсивною і тривалою напругою відповідних систем видільної функції та підтримки сталості внутрішнього середовища. При цьому сульфати викликають суттєвих змін в діурезі. Основний вплив сульфати чинять на шлунок, гальмуючи його секреторну діяльність, такий ефект проявляється при концентрації 1000 мг/л і вище. Сульфати виводяться із організму через кишківник. При концентраціях сульфатів у питній воді 2500 мг/л і вище їх виведення із організму супроводжується послаблюючою дією [16].

Надлишкове надходження в організм хлористого калію призводить до збільшення частоти серцево-судинних захворювань так, у людей, що тривало вживали високомінералізовані води з вмістом хлоридів 1400 мг/л,

спостерігають схильність до гіпертензивних станів, підвищення реактивності судин і зміни водно-сольового обміну. У населення, яке вживає питну воду з вмістом хлоридів на рівні 300–400 мг/л, відхилень у стані серцево-судинної системи та водно-електролітного балансу не виявлено [17, 18]. Тривале вживання питної води зі вмістом хлоридів у середніх концентраціях корелює із захворюваністю життєво важливих органів дорослого населення, зокрема печінки (r=0,68), серця (r=0,70), нирок (r=0,82) [15]. Під впливом питної води із вмістом нітратів вище 45 мг/л формується водно-нітратна метгемоглобінемія, яка проявляється ціанозом, підвищенням вмісту в крові метгемоглобіну, зниження артеріального тиску [19].

Актуальність питання мінерального складу питної води підтверджується результатами окремих досліджень, які вказують на зворотній зв’язок між твердістю питної води і смертністю від серцево-судинних захворювань. Такий зв’язок деякі автори [20, 21] пояснюють сприятливим впливом на серцево-судинну систему жорстких вод завдяки присутності в них в оптимальних концентраціях іонів магнію. При епідеміологічному обстеженні населення, що вживають воду з низьким вмістом Магнію (штат Огайо, США), виявлено більш високу захворюваність коронарною хворобою, а також випадків раптової смерті від гострої серцевої недостатності в порівнянні з районами, де населення вживало воду з оптимальним вмістом даного мікроелементу [20]. При цьому, вміст Магнію в міокарді померлих з низьким надходженням Магнію з водою від серцевих нападів був нижчим на 12-25%. Літературні дані [22] свідчать, що в середньодобовому раціоні харчування вміст магнію значно нижчий, ніж потреби в ньому. Це викликано тим, що більшість продовольчої сировини та продуктів харчування проходять попередню промислову обробку (очищення, фракціонування, заморожування, рафінування) при цьому частково втрачають мікроелементи та вітаміни ще до приготування їжі на кінцевому етапі кулінарної обробки. В даних умовах вживання твердої води дефіцит

Магнію може значно знижуватись, а вживання м’якої води може призвести ще до більшого дефіциту його в організмі [21].

Встановлено [22], що кожні 2 ммоль-екв/л твердості води є джерелом 6-7% загального надходження магнію. Це співпадає з даними, згідно яких при твердості питної води 7 ммоль-екв/л в організм додатково надходить 27% Магнію. Надходження Магнію з питною водою становить 60 %, а з харчовими продуктами до 30 %. Останнє ще раз підтверджує особливе значення Магнію твердих вод у зниженні серцево-судинної патології.

Однак, враховуючи наявність у складі м’якої питної води інших елементів (Плюмбум, Кадмій та ін), які можуть негативно впливати на серцево-судинну систему на сучасному етапі неможливо вважати повністю обґрунтованими твердження, що дефіцит магнію в воді є основним чинником негативної дії м’якої води на дану систему [22].

Привертає увагу обмеженість експериментальних даних щодо ролі різних концентрацій Магнію у водах різноманітного складу у розвитку серцево-судинної патології.

Доведено [23], що питна вода підвищеної мінералізації (загальна мінералізація – 3050 ± 10,9 мг/л, жорсткість – 17,6 ± 3,4 мг-екв/л) – фактор високої інтенсивності, який може сприятливо вплинути на специфічні функції жіночого організму – менструальну та дітородну, на протікання та стан вагітності і пологів, а також на організм новонародженого. Такий якісний склад води може обумовлювати і підвищення гінекологічних захворювань. Експериментальними дослідженнями доведено [23], що вода підвищеної мінералізації має ембріотоксичну дію, яка проявляється зниженням маси тіла тварини, порушенням регулярності і зниженням маси плодів.

Експериментальними дослідженнями доведено вплив гідрокарбонатно-кальцієвих вод на пуриновий обмін. При напуванні дослідних щурів такою водою з мінералізацією 3500 мг/л протягом кількох тижнів спостерігалось підвищення виділення сечової кислоти в порівняні з контролем [24–27].

Вживання людьми такої води протягом 4 тижнів також підвищувало виділення сечової кислоти. За даними диспансерного обстеження, у осіб, що вживали гідрокарбонатно-кальцієві води з вмістом кальцію 100 – 150 мг/л, Магній потрібний для засвоєння кальцію, калію та фосфору.

Нормальне співвідношення кальцію, і магнію 2:1. У тих місцевостях, де люди п’ють тверду воду, тобто в ній кальцію удвічі більше, ніж магнію, вони менше страждають від серцево-судинних хвороб, гіпертензії, хвороб жовчовидільних шляхів і раку, ніж люди з тих місцевостей, де вода м’яка чи де воду знезаражують фтором.

Незважаючи на значну кількість робіт по визначенню впливу мінерального складу питної води на здоров’я населення, не всі дослідники дійшли однозначних висновків щодо мінімального та оптимального вмісту солей у питній воді. Такий стан проблем, з одного боку, пояснюється різноманітністю мінерального складу питних вод, у яких зустрічаються різні кількісні співвідношення макро- та мікроелементів, а з іншого, тим, що організм людини та експериментальних тварин одержує їх не тільки з водою, а також із харчовими продуктами.

Однак, результати аналізу накопичених даних не залишають сумніву щодо наявності зв’язку між хімічним складом питної води і станом здоров’я населення. Вплив питної води на стан здоров’я населення визначається мінеральним складом і концентраціями макро- і мікроелементів. Негативний вплив питної води на організм населення обумовлений комбінованою дією її складових і носить різнонаправлений характер, що може проявлятися як напругою регуляційно-адаптаційних систем, так і клінічно вираженими патологічними змінами різних органів і систем. Вивчення взаємозв’язку та механізму таких змін потребує комплексного підходу з використанням експериментальних та епідеміологічних досліджень, з урахуванням умов водокористування, санітарно-гігієнічної характеристики і мінерального складу питної води, а також соціально гігієнічних факторів.

## 1.6 Твердість води та її вплив на здоров’я людини

Твердістю називають властивість води, зумовлену наявністю в ній розчинних солей Кальцію та Магнію. Розрізняють такі види твердості:

Загальна твердість. Визначається сумарною концентрацією іонів Кальцію та Магнію, являє собою суму карбонатної (тимчасової) та некарбонатної (постійної) твердості.

Карбонатна твердість. Обумовлена наявністю у воді гідрокарбонатів і карбонатів (при pH>8,3) Кальцію та Магнію. Цей тип твердості майже повністю усувається під час кип’ятіння води й тому називається тимчасовою твердістю. При нагріванні води гідрокарбонати розпадаються з утворенням вугільної кислоти й випаданням в осад карбонату Кальцію та гідроксиду Магнію.

Некарбонатна твердість. Обумовлена наявністю кальцієвих та магнієвих солей сильних кислот (сірчаної, азотної та соляної) при кип’ятінні не усувається (постійна твердість) [20–23, 28].

Тверда вода непридатна майже для всіх галузей виробництва. Так, наприклад, тверду воду не можна вживати для прання білизни, миття шерсті і фарбування тканин, бо в ній мило втрачає свою мийну здатність. Це пояснюється тим, що розчинний у воді стеарат натрію $C_{17}H_{35}COONa$, який становить головну складову частину мила, переходить у нерозчинний стеарат кальцію (або магнію), утворюючи так зване кальцієве (або магнієве) мило:

$$2C_{17}H_{35}COONa + CaSO_4 = Ca(C_{17}H_{35}COO)_2 \downarrow + Na_2SO_4$$

При цьому мильна піна утворюється тільки після повного осадження іонів Кальцію і Магнію, на що непродуктивно витрачається багато мила. Крім того, утворюваний осад кальцієвого і магнієвого мила міцно осідає на волокнах тканин і забруднює їх, а при фарбуванні утворює плями.

Тверда вода непридатна і для цілого ряду інших виробництв: паперового, шкіряного, крохмального, спиртового тощо. Вона непридатна і

для паросилового господарства, бо при кип'ятінні води утворюється накип, який погано проводить тепло, внаслідок чого збільшується витрата палива. Накип викликає інтенсивне руйнування стінок котлів, що може призвести до аварії.

Для приготовлення їжі тверду воду теж не вживають, адже в ній погано розварюються м'ясо і овочі. Для пиття вона теж непридатна.

Для зниження твердості води застосовують різні способи. Серед них найбільш поширеним є так званий содово-вапняний спосіб. Суть його полягає в тому, що до води додають розраховану кількість розчину гідроксиду Кальцію $Ca(OH)_2$ (вапняна вода) і соди $Na_2CO_3$.

Гідроксид Кальцію знижує карбонатну (тимчасову) твердість:

– $Ca(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = 2CaCO_3 \downarrow + 2H_2O$

– $Mg(HCO_3)_2 + Ca(OH)_2 = MgCO_2 \downarrow + CaCO_3 \downarrow + 2H_2O$

Сода знижує постійну твердість води:

– $CaC1_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3 \downarrow + 2NaCl$

– $MgSO_4 + Na_2CO_3 = MgCO_3 \downarrow + Na_2SO_4$

Утворені осади карбонатів Кальцію і Магнію відфільтровують. Карбонатну твердість можна усунути також шляхом нагрівання води до кипіння. При цьому кислі карбонати розкладаються з утворенням нормальних карбонатів Кальцію і Магнію, які виділяються в осад:

– $Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 \downarrow + H_2O + CO_2 \uparrow$

– $Mg(HCO_3)_2 = MgCO_3 \downarrow + H_2O + CO_2 \uparrow$

Тому карбонатну жорсткість називають також тимчасовою.

Практично розрізняють три види твердості: загальну, ліквідну і постійну. Загальна твердість – це твердість сирої води, зумовлена всіма сполуками Кальцію і Магнію (іноді Феруму і Марганцю), незалежно від того, з якими аніонами вони зв'язані. Постійна твердість – твердість води після одногодинного кип'ятіння. Вона викликана присутністю сульфатів і хлоридів Кальцію, Феруму, Магнію, Калію, Натрію, тобто солей, які не дають осаду при кип’ятінні Ліквідна твердість спричинена наявністю у воді гідрокарбонатів

Кальцію $Ca(HCO_3)_2$, менше Магнію $Mg(HCO_3)_2$, які видаляються при кип'ятінні, осідаючи на стінках посуду у вигляді накипу (CaCOз, MgCOз). Таким чином, ліквідна твердість є частиною загальної твердості, яку можна обчислити за різницею між загальною і постійною твердістю. Карбонатна твердість зумовлена присутністю у воді карбонатів і гідрокарбонатів Кальцію і Магнію (іноді Калію, Натрію, Алюмінію, Марганцю, Феруму). При кип'ятінні гідрокарбонати Кальцію і Магнію розкладаються:

– $Ca(HCO_3)_2 = CaCO_3 + H_2O + CO_2$

– $Mg(HCO_3)_2 = MgHCO_3 + H_2O + CO_2$

Карбонати Кальцію і Магнію, що утворилися, випадають в осад і тому вода втрачає частину твердості.

Карбонатна твердість часто збігається з ліквідною твердістю, але прирівнювати їх одну до одної не можна. При кип'ятінні ліквідовується переважно та частина карбонатної твердості, яка залежала від гідрокарбонату Кальцію. При великій кількості у воді гідрокарбонату Магнію різниця між карбонатною і ліквідною твердістю буває досить значною.

Твердість води залежить також від хімічного складу ґрунту, через який проходить вода, вмісту у воді оксиду Карбону (IV), ступеня забруднення її органічними речовинами.

У світовій практиці застосовується декілька одиниць твердості, усі вони певною мірою є співвідносними.

Один моль на кубічний метр відповідає масовій концентрації еквівалентів йонів Кальцію (1/2 $Ca^{2+}$) 20,04 г/м$^3$ та йонів Магнію (1/2 $Mg^{2+}$) 12,153 г/м$^3$.

Числове значення твердості, виражене в молях на кубічний метр, дорівнює числовому значенню твердості, вираженому в міліграм-еквівалентах на літр (або кубічний дециметр), тобто: 1 моль/м$^3$ = 1ммоль/л = 1мг-екв/л = 1 мг-екв/дм$^3$.

Крім того, у зарубіжних країнах широко застосовується такі одиниці твердості, як німецький градус (dº, dH), французький градус (fº), американський градус, ppm $CaCO_3$.

Твердість води коливається у широких межах. Існує чимало типів класифікації води за ступенем її твердості. З точки зору застосування води для пиття її прийнятність за ступенем твердості може істото варіюватися залежно від місцевих умов. У деяких випадках для споживачів прийнята вода з твердістю вище 10 ммоль-екв/л високий ступінь твердості погіршує органолептичні властивості води, додаючи їй гіркуватого присмаку й негативно впливаючи на функціонування органів травлення [29–33].

Всесвітня Організація Охорони Здоров'я не пропонує будь-якої рекомендованої величини твердості за показанням впливу на здоров'я. у матеріалах ВООЗ говориться про те, що, хоча під час деяких досліджень і виявлено статистично зворотну залежність між твердістю питної води і серцево-судинними захворюваннями, наявні дані недостатні для висновку про причинний характер цього зв'язку. Аналогічним чином однозначно не доведено, що м'яка вода зумовлює негативний ефект на баланс мінеральних речовин в організмі людини.

Залежно від рівня pH та лужності, вода з твердістю понад 4 ммоль-екв/л може спричинити у роздільній системі відкладень шлаків та накипу (карбонату кальцію), особливо при нагріванні. Саме тому нормами Котлонагляду вводяться дуже жорсткі вимоги до величини твердості води, що використовується для живлення котлів (0,05-0,1 ммоль-екв/л). Крім того, при взаємодії солей твердості з миючими речовинами (мило, пральні порошки, шампуні) утворюються «мильні шлаки» у вигляді піни. Це призводить не тільки до значних перевитрат миючих засобів. Але й до наступного утворення піни на первинних відстійниках очисних споруд каналізації.

Необхідно згадати й про інший бік медалі. М'яка вода з твердістю менше 2 ммоль-екв/л має низьку буферну ємність (лужність) і може, залежно

від pH та низки інших факторів, обумовлювати підвищену корозійну дію на водопровідні труби. Тому у певних областях (особливо в теплотехніці) іноді доводиться здійснювати спеціальну обробку води з метою досягнення оптимального співвідношення між твердістю води та її корозійною активністю.

# 2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

## 2.1 Об’єкт дослідження

Дослідження проводили впродовж 2018–2019 років на базі Управління охорони навколишнього середовища ПАТ «Запоріжсталь». Об’єктами фітотестування слугували проби води, що відбирали з п'яти точок, які розташовані на території ПАТ «Запоріжсталь» та поза його межами: зворотна вода від зовнішнього охолодження технологічного обладнання доменного (точка № 1) та мартенівського цехів (точка № 2), що потрапляють до Північного випуску; Північний випуск (точка № 3); вода після промивки фільтрів на очисних водогінних спорудах ПАТ «Запоріжсталь» (точка № 4) та вода, що потрапляє до киснево-компресорного цеху (точка № 5) (додатки А, Б). Результати хімічного аналізу порівнювали з показниками води р. Дніпро. Загальна схема представлена на рис. 2.1.

Контролем при проведенні ростового тесту та визначення фітотоксичного ефекту слугувала водогінна вода.

Вода, що витрачається на охолоджування конструктивних елементів доменних та мартенівських печей практично не забруднюється (вважається умовно-чистою), але вимагає охолоджування. Для цього існує головна насосна станція з бризкальним басейном і баштовою градирнею.

Площа території комбінату, з якої потрапляють зворотні води від атмосферних опадів по Північному випуску до Дніпровського водосховища (територія району домених печей, ККЦ, частина території ТЕЦ і цеху водопостачання), складає 41,08 га. Також туди потрапляє вода з крівель будівель і споруд, асфальтобетонного покриття [66].

Очисні водопровідні споруди (ОВС) ВАТ ЗМК «Запоріжсталь» забезпечують питною водою підприємства «Запоріжсталь», «Дніпроспецсталь» і ряд інших дрібних споживачів.

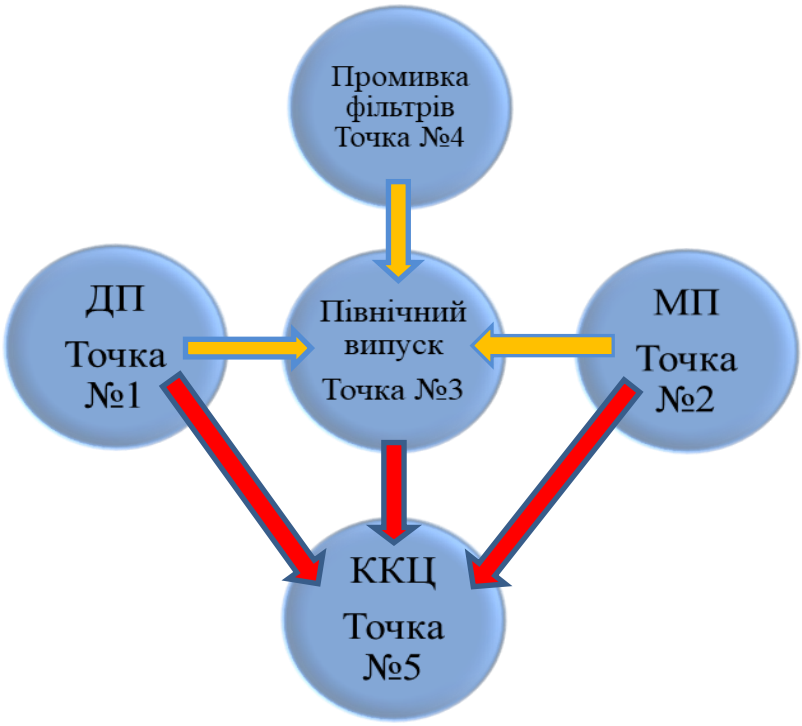



Рисунок 2.1 – Точки відбору проб води

Водопідготовка включає:

– забір води з р. Дніпро і подача на очищення;

– знезараження, очищення води з доведенням її до питної;

– подача води в розподільну мережу;

– контроль якості води в р. Дніпро, по ланках очищення і перед подачею в розподільну мережу.

Різниця між об'ємами дніпровської води, що подається на очищення і подачею питної води в мережу, обумовлена витратами води на технологічні цілі очисних споруд: промивка швидких фільтрів, контактних освітлювачів, резервуарів, баків реагентного господарства, пробовідбірників, на господарсько-питні потреби персоналу, прибирання приміщень, втратами з причин нещільності арматури.

Джерелом води для ОВС є річка Дніпро, яка зарегульована у Дніпровське водосховище. Вода р. Дніпро в місцях водозабору маломінералізована, помірно кольорова, малокаламутна. Забарвленість води

знаходиться в межах 30-80 град. Більшою частиною її значення складають 30-80 град. Значення забарвленості, перманганатної окиснюваності, загального органічного кисню обумовлені наявністю в воді природних органічних сполук. Формування якісного і кількісного вмісту води р. Дніпро відбувається в умовах болотистої місцевості, яка суттєво збагачує воду гумусовими сполуками.

Виробництво питної води на ОВС здійснюється згідно нормативних вимог Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10).

Забезпечити високу ефективність видалення природних органічних сполук (забарвленість, перманганатну окиснюваність) переважно гідрофільного характеру і з відносно низькою молекулярною масою при існуючій технології водопідготовки не завжди вдається. Технологія водопідготовки ОВС забезпечує очищення води за показником забарвленості до значень 22-28 градусів, але в окремі періоди забарвленість може сягати 60 градусів. Відповідно, вказані значення відносяться і до розподільної мережі, куди надається вода із ОВС.

Каламутність головним чином зумовлена наявністю часточок глини, грунту, мулу, інших органічних сполук. Якісні і кількісні показники каламутності можуть змінюватись під впливом паводку, злив, роботи водосховищ.

Для очистки води та знезараження споруд на ОВС можуть використовуватись реагенти та матеріали різних марок і виробників, які мають висновки державної санітарно-епідеміологічної експертизи.

Для усунення каламутності і кольоровості води, а також для зняття вірусологічних забруднень проводиться коагуляція води. При наявності ефективного флокулянту можливе додаткове введення флокулянту. На ОВС, як коагулянти головним чином застосовуються різні модифікації гідроксихлориду алюмінію і сульфату алюмінію. Також можливе застосування інших марок коагулянтів.

В якості фільтрувальних матеріалів використовується кварцевий пісок. Також можливе застосування інших фільтруючих матеріалів. Для знезараження води використовується хлор.

Для відбору проб води використовували стерильні скляні пляшки об'ємом 1 $дм^3$ з притертими пробками, які доставляли на водойму загорнутими в папір у якому вони стерилізувались. Відбір проб здійснювали із спеціальних колодязів у середній частині товщі на глибині 0,3-0,5 м від поверхні, окрім оборотного циклу ККЦ, де воду відібрано з насосу. На кожну пляшку наклеювали етикетку, де вказували дату, місце відбору і номер відібраної проби [72].

## 2.2 Лабораторні дослідження

У лабораторії Управління охорони навколишнього середовища ПАТ «Запоріжсталь» визначали хімічні та фізико-хімічні параметри досліджуваної води, загальну фітотоксичність води за допомогою рослинних тест-об'єктів («ростовий тест»).

Для визначення фізико-хімічних показників – водневого показника (pH) води використовували іономір І-160МІ.

Якість води визначали за 16 параметрами (табл. 3.1).

Для визначення масової концентрації сухого залишку (розчинених речовин) випаровували вологу з 100 $см^3$ профільтрованої проби, залишок висушували протягом 3-х годин при температурі 105 $^oC$ і зважували його на аналітичних терезах [73].

Загальну жорсткість води, яка демонструє концентрацію катіонів двохвалентних лужноземельних металів, передусім кальцію та магнію, визначали за загальною методикою [74]. Розрахунки проводили за формулою:

$$\frac{\text{с} * 1 * 2 * 0{,}025 * 1000}{V \text{ аліквоти}}, \quad (2.1)$$

де: с – об’єм 0,05 моль/л розчину комплексону, що пішов на титрування, мл;

1 – поправочний коефіцієнт;

2 – число грам-еквівалентів жорсткості, що відповідає 1 молю комплексону.

Масову концентрацію Кальцію та Магнію в досліджуваній воді визначали титрометричним методом, вимірюють об’єми розчину трилону Б, що були витрачені на титрування кальцію з індикатором мурексидом і титрування магнію з індикатором еріохромом чорним Т з подальшим розрахунком масової концентрації за формулами 2.2– 2.3 [75].

$$\rho_{Cai} = \frac{V_{Cai} * C_{\text{трБ}} * k * M_{Ca} * 1000}{\text{V}_{\text{пр}}}, \quad (2.2)$$

де: $V_{Cai}$ – об’єм розчину трилону Б, який витрачено на титрування кальцію, см$^3$;

$C_{\text{трБ}}$ – номінальна молярна концентрація розчину трилону Б;

*k* – поправний коефіцієнт до номінальної молярної концентрації розчину трилону Б;

$M_{Ca}$ – молярна маса еквівалентна кальцію під час титрування, г/моль;

1000 – коефіцієнт перерахунку грамів в міліграми;

$V_{пр}$ – об’єм вихідної проби, см$^3$.

$$\rho_{Mgi} = \frac{V_{(Ca+Mg)i} * C_{\text{трБ}} * k * M_{Mg} * 1000}{\text{V}_{\text{пр}}}, \quad (2.3)$$

де: $V_{(Ca+Mg)i}$ – об’єм розчину трилону Б, який витрачено на титрування Кальцію та Магнію, см$^3$;

$C_{трБ}$ – номінальна молярна концентрація розчину трилону Б;

*k* – поправний коефіцієнт до номінальної молярної концентрації розчину трилону Б;

$M_{Ca}$ – молярна маса еквівалентна кальцію під час титрування, г/моль;

1000 – коефіцієнт перерахунку грамів в міліграми;

$V_{пр}$ – об’єм вихідної проби, см$^3$.

Масову концентрацію хлоридів визначали методом, що базується на осадженні хлорид-іонів розчином срібла азотнокислого у вигляді малорозчинного срібла хлористого у нейтральному середовищі [76]. Як індикатор використовували розчин калію хромовокислого, який реагує з надлишком іонів срібла, утворюючи важкорозчинний осад хромату срібла оранжево-цегляного кольору. Титрометричним методом вимірювали об’єм срібла азотнокислого, витрачений на осадження хлоридів з подальшим розрахунком за формулою 2.4.

$$\rho = \frac{(Vi - Vx) * c * k * M * 1000}{V\text{пр}} \quad , \qquad (2.4)$$

де: $V_i$ – об’єм розчину срібла азотнокислого, який витрачено на титрування проби, см$^3$;

$V_x$ – об’єм розчину срібла азотнокислого, який витрачено на титрування холостої проби, см$^3$;

с – номінальна молярна концентрація розчину срібла азотнокислого ($AgNO_3$) = 0,05 моль/дм$^3$ ;

k – поправний коефіцієнт до номінальної молярної концентрації розчину срібла азотнокислого;

М – молярна маса хлорид-іону (35,453 г/моль)

1000 – коефіцієнт для перерахунку грамів у міліграми;

$V_{пр}$ – об’єм вихідної проби, взятої для титрування, см$^3$

Масову концентрацію сульфатів визначали гравіметричним методом, що базується на утворенні малорозчинного осаду барію сірчанокислого при додаванні розчину барію хлористого до проби, що аналізується. Осад барію сірчанокислого відділяють фільтруванням, промивають, висушують та прожарюють при 800 ºС до постійної маси. Концетрацію сульфатів визначали за формулою 2.5 [77].

$$\rho = \frac{0{,}4115 * m * 1000}{V} \quad , \qquad (2.5)$$

де: 0,4115 – коефіцієнт для перерахунку з барію сірчанокислого на сульфати;

$m$ – маса осаду барію сірчанокислого, мг;

1000 – коефіцієнт перерахунку в мг/дм$^3$;

V – об’єм вихідної проби, взятий для осадження сульфатів, см$^3$

Нафтопродукти визначали за допомогою автоматичного аналізатора «Мікран» [78].

Фотоколориметричним методом визначали масову концентрацію амоній-іонів (довжина хвилі 425 нм), нітрит-іонів (довжина хвилі 520 нм), нітрат-іонів (довжина хвилі 413 нм) і Феруму (довжина хвилі 490 нм) [79–82].

Хімічне споживання кисню (ХСК) і біологічне споживання кисню (БСК) визначали титрометричним методом [83–84] із подальшим розрахунком за формулами:

$$\rho = \frac{8 * M_1 * (V_1 - V_2) * 1000}{V} \quad , \qquad (2.6)$$

де: 8 – молярний еквівалент кисню;

М – молярна концентрація розчину солі Мора, моль/дм$^3$;

$V_1$ – об’єм розчину солі Мора, який пішов на титрування холостої проби, $см^3$;

$V_2$ – об’єм розчину солі Мора, який пішов на титрування проби, $см^3$;

1000 – коефіцієнт перерахунку на $мг/дм^3$;

V – об’єм аліквоти проби, $см^3$[83].

$$\rho = \frac{8 * M_{(0,02)} * V_1 * 1000 * V_2}{V_2 - 2} \quad , \qquad (2.7)$$

де: 8 – молярний еквівалент Оксигену;

M – молярна концентрація розчину натрію сіркуватистокислого, $см^3$;

$V_1$ – об’єм розчину натрію сіркуватистокислого, який пішов на титрування, $см^{3;}$

$V_2$ – об’єм склянки, в яку відбиралась проба, $см^3$;

1000 – коефіцієнт перерахунку на мг $O_2/дм^3$;

50 – об’єм аліквоти, взятий для титрування, $см^3$;

2 – об’єм проби, який вилився із склянки при фіксації кисню, $см^3$.

Масову концентрацію розчинного кисню визначали титрометричним методом [85], масову концентрацію роданідів – фотоколиметричним методом (довжина хвилі 590 нм, кювети з робочою довжиною 10 мм) [86].

## 2.3 Визначення загальної токсичності зворотної води ПАТ «Запоріжсталь»

Для оцінки фітотоксичності води використано метод біоіндикації довкілля за допомогою «ростового тесту» [87].

Апробовано та порівняно дві рослинні тест-системи: огірок звичайний (*Cucumis sativus* L.) та пшениця м'яка (*Triticum aestivum* L.). *Cucumis sativus* L. відноситься до класу дводольних, має стрижневий добре розвинений головний корінь, що дозволяє прослідкувати динаміку розвитку проростків у залежності від ступеню забрудненості води. *Triticum aestivum* L. відноситься до класу однодольних. Обидва біоіндикатора характеризуються високою швидкістю проростання, що дозволяє провести експеримент у короткі сроки. Також, дію стресів можна вивчати одразу на великій кількості рослин при невеликій площі робочого місця (чашки Петрі, склянки тощо).

Основними параметрами для оцінки ступеня токсичності води були обрані: схожість насіння тест-об'єктів (%), довжина проростків і коренців. Критерієм фітотоксичності була частка зниження довжини проростків і коренців рослин порівняно із контролем (водогінна вода).

Сутність ростового тесту полягає в обліку енергії проростання насіння і змін морфометричних показників індикаторної культури, вирощеної на досліджуваних пробах води. Цей метод дозволяє оцінити не тільки гальмівну дію різних забруднювачів на рослини, але й стимулювальний ефект.

При оцінці токсичності води було використано метод «плаваючих дисків» [87]. У лабораторні склянки наливали досліджувані проби води об'ємом 500 мл. Насіння індикаторної культури (по 20 насінин *Cucumis sativus* L. та по 25 насінин *Triticum aestivum* L.) пророщували на спеціальних плаваючих кільцях з пінопласту, обтягнутих марлею. Повторюваність досліду триразова.

На перші кілька діб ємності з досліджуваними зразками накривали склом. Два-три рази на добу скло знімали на 10−15 хвилин для провітрювання. Облік проводили на 4-ту, 7-му і 10-ту добу.

На четверту добу ємності з насінням помістили на полицю, де протягом 10-ти годин підтримувалось постійне освітлення. Через 1 тиждень молоді рослини обережно звільнили із води та трохи підсушили на фільтрувальному папері. Потім проводили вимірювання довжини проростків і коренців.

Фітотоксичний ефект визначали у відсотках за двома параметрами – довжиною проростків і коренців за формулою

$$ФЕ = \frac{M_o - M_x}{M_o} * 100\% \quad , \qquad (2.8)$$

де: $M_o$ – значення біопараметра в посуді з контрольним субстратом;

$M_x$ – значення аналогічного біопараметра в посуді з пробами води, що досліджувались [89, 90]:

Отримані значення фітотоксичного рівня оцінювали за шкалою рівнів токсичності (табл. 2.1):

Таблиця 2.1 – Шкала рівнів токсичності [89, 91]

| Рівні пригнічення ростових процесів (фітотоксичний ефект), % | 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 |

## 2.4 Статистична обробка результатів досліджень

Після проведення морфометричних вимірювань для кожного з досліджуваних варіантів обчислювали середню довжину надземної і кореневої частин x±m. Достовірність різниці середніх арифметичних *t* розраховували за критерієм Стьюдента-Фішера [90]. Для встановлення меж

та величини інтервалу, у якому міститься дійсне значення вимірювальної величини вираховували середньоквадратичне відхилення:

$$\delta = \sqrt{\frac{\Sigma(x_i - M)^2}{n-1}}\ , \qquad (2.8)$$

де: $\Sigma(x\text{-}M)^2$ – сума квадратів відхилення результатів окремих вимірювань від середнього арифметичного,

n – число вимірювань.

При використанні вибіркової середньої для оцінки генеральної середньої необхідно знати похибку середнього арифметичного (стандартна похибка):

$$m = \frac{\delta}{\sqrt{n}}, \qquad (2.9)$$

Критерій Стьюдента-Фішера:

$$t = \frac{\overline{x_1} - \overline{x_2}}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}}, \qquad (2.10)$$

де: $\overline{x_1}$– середнє арифметичне значення показника в контрольному досліді;

$x_2$ – середнє арифметичне значення показника у досліджуваному зразку;

$m_1$ – помилка середнього арифметичного в контрольному досліді;

$m_2$– те ж у досліджуваному зразку

Якщо фактично встановлена величина $t$ більше або дорівнює критичному (стандартному) значенню $t_{st}$ робили висновок про існування статистично достовірної різниці між середніми арифметичними у

досліджуваному та контрольному варіанті. Якщо ж фактична величина *t* менша за $t_{st}$, різницю між середніми вважали статистично недостовірною.

Відсутність статистично достовірної різниці між середніми значеннями біопараметра в контрольній та досліджуваних пробах води свідчила про відсутність значних змін ростових процесів у тест-об’єктів, у порівнянні з контрольним варіантом.

Статистичну обробку експериментальних даних проводили за загальноприйнятими методиками [58] з використанням прикладного пакету програм Excel 2016.

# 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

## 3.1 Визначення хімічних та фізико-хімічних показників зворотної води ПАТ «Запоріжсталь»

Проведений хімічний аналіз відібраної води за 16 показниками (табл. 3.1), свідчить про значні відмінності хімічного складу проб води з різних об'єктів. Найбільша кількість хлоридів, солей кальцію та магнію була в пробах води після промивки фільтрів на очисних водогінних спорудах ПАТ «Запоріжсталь» (точка № 4) – 276,53 мг/дм$^3$, 60,12 мг/дм$^3$ та 20,67 мг/дм$^3$ відповідно. Так, показник сухого залишку перевищує в 2,5 рази показники дніпровської води і 1,9-2,4 рази показники інших проб. Кількість хлоридів у пробах з цієї ділянки перевищує показники природної води в 7,8 рази та в 4,9-7,8 рази більшою їх концентрація була в інших варіантах.

Як свідчать дані таблиці 3.1, у пробах зворотної води від зовнішнього охолодження технологічного обладнання доменного цеху (точка № 1) зареєстровано перевищення порівняно з іншими ділянками вмісту окремих показників: сульфати 65,84 мг/дм$^3$; нітрати 5,11 мг/дм$^3$ та азот амонійний 1,3 мг/дм$^3$; залізо загальне 2,01 мг/дм$^3$. Так, концентрація азоту амонійного в 1,8-5,4 рази перевищувала його вміст у воді інших варіантів; нітратів – у 1,3-2,5 рази, загального заліза – у 1,3-9,1 рази. Перевищення тих самих показників порівняно з контролем становило відповідно 5,0, 3,0 і 12,6 рази. Крім того, у пробах води з ділянки № 1 були виявлені роданіди.

У цілому, за показниками pH вода мала слабколужну реакцію. Набільші значення показників (pH=8,12) були зареєстровані у воді, що потрапляє до киснево-компресорного цеху (точка № 5).

Слід зазначити, що більш подібними за хімічним складом із контролем були проби води з ділянки № 3 (Північний випуск).

Таблиця 3.1 – Результати хімічного аналізу досліджуваної води

| Показник | Точка №1, мг/дм$^3$ | Точка №2, мг/дм$^3$ | Точка №3, мг/дм$^3$ | Точка №4, мг/дм$^3$ | Точка №5, мг/дм$^3$ | р. Дніпро, мг/дм$^3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| pH | 7,97 | 7,68 | 7,32 | 7,63 | 8,12 | 7,9 |
| Сухий залишок | 400 | 390 | 312 | 750 | 400 | 300 |
| Жорсткість | 4,5 | 4,4 | 3,8 | 4,7 | 4,0 | 3,5 |
| Кальцій | 58,1 | 56,11 | 46,09 | 60,12 | 50,1 | 46,09 |
| Магній | 19,4 | 19,4 | 18,24 | 20,67 | 18,24 | 14,59 |
| Хлориди | 56,7 | 53,2 | 35,45 | 276,53 | 42,54 | 35,45 |
| Сульфати | 65,84 | 57,61 | 53,5 | 61,72 | 45,26 | 53,5 |
| Нафтопродукти | 0,041 | 0,041 | 0,032 | 0,04 | 0,04 | 0,034 |
| Азот амонійний | 1,3 | 0,27 | 0,24 | 0,36 | 0,72 | 0,26 |
| Нітрити | 0,18 | 0,08 | 0,24 | менше 0,03 | 0,04 | 0,06 |
| Нітрати | 5,11 | 3,83 | 2,6 | 3 | 1,98 | 1,7 |
| Залізо загальне | 2,01 | 0,38 | 0,22 | 1,5 | 0,44 | 0,16 |
| ХСК | | | 20,9 | | | 21 |
| БСК | | | 2,9 | | | 2,9 |
| Розчинений кисень | | | 8,1 | | 8 | 8 |
| Роданіди | 0,1 | | 0,08 | | | |

На випуску зворотних вод повинні контролюватися усі інгрідієнти, що можуть потрапити до нього. Роданіди наявні у воді від доменного цеху, тому аналізували їх концентрацію лише у даній воді. ХСК, БСК та розчинений кисень, згідно нормативів, визначають у природних водах та безпосередньо на випуску зворотних вод комбінату (Північний випуск).

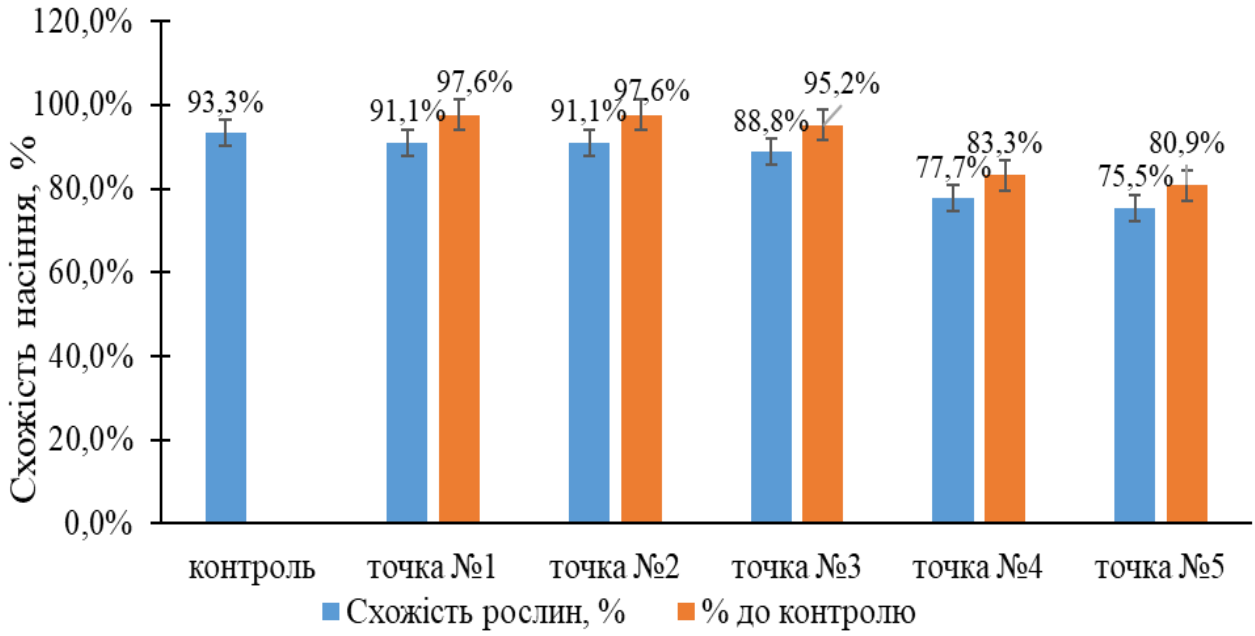
Проведений порівняльний аналіз отриманих даних хімічного складу зворотної води ПАТ «Запоріжсталь» за всіма показниками не перевищувала значень ГДС для води, що може бути використана в технологічних процесах повторно (додаток В). Проте, нами встановлені відмінності хімічного складу досліджуваної води порівняно з дніпровською водою, зокрема сухого залишку, хлоридів і pH, що, на нашу думку, у разі скидання такої води в р. Дніпро це може бути небезпечним для гібробіонтів.

## 3.2 Визначення загальної фітотоксичності зворотних вод ПАТ «Запоріжсталь» за допомогою «ростового тесту»

### 3.2.1 Визначення показників схожості насіння (%) тест-культур

Метод визначення фітотоксичності води заснований на здатності тест-об’єктів, зокрема, проростків огірка та пшениці реагувати на наявність різного роду забруднення води в якому пророщують насіння. Нами було обрано насіння огірка (*Cucumis sativus* L.) та пшениці (*Triticum aestivum* L.), адже дані тест-рослини мають підвищену чутливість до забруднення та їх часто застосовують для досліджень токсичності водних об’єктів [92]. Ці біоіндикатори відрізняються швидким проростанням насіння і майже сто відсотковою схожістю, яка помітно зменшується за присутності полютантів. Для визначення токсичності використовують переважно дрібне насіння з невеликим запасом поживних речовин [92]. Крім того, насіння даних видів рослин є найбільш зручними при використанні методу «плаваючих дисків».

За результатами наших досліджень було встановлена, що найвищій рівень схожості насіння огірка на 4-й день відмічався на воді з доменного і мартенівського цехів, а також точки № 3, де відсоток проростання до контролю становив 97,6 та 95,2 % відповідно (рис. 3.1, додаток Г). Нами встановлена гальмівна дія води на енергію проростаня насіння, що вирощувалось на воді з точок № 4 і № 5, де рівень пригнічення проростання насіння щодо контролю становив 85,4 і 82,9 %, а гальмівний ефект був відповідно 22,3 та 24,5 %.




*Cucumis sativus* L.

Рисунок 3.1 – Показники схожості насіння (%) *Cucumis sativus* L. на воді досліджуваних ділянок на 4-й день.

Аналіз результатів обліку кількості пророслого насіння, проведеного на 10-й день досліду (рис. 3.2, додаток Д), показав, що показники кардинально змінились. Так, схожість насіння в контрольній пробі становила 97,7 %, у пробах води з точок № 4 і № 5 – на рівні з контролем, у пробах води з ділянок № 1 і № 2 – 95,5 % до контролю

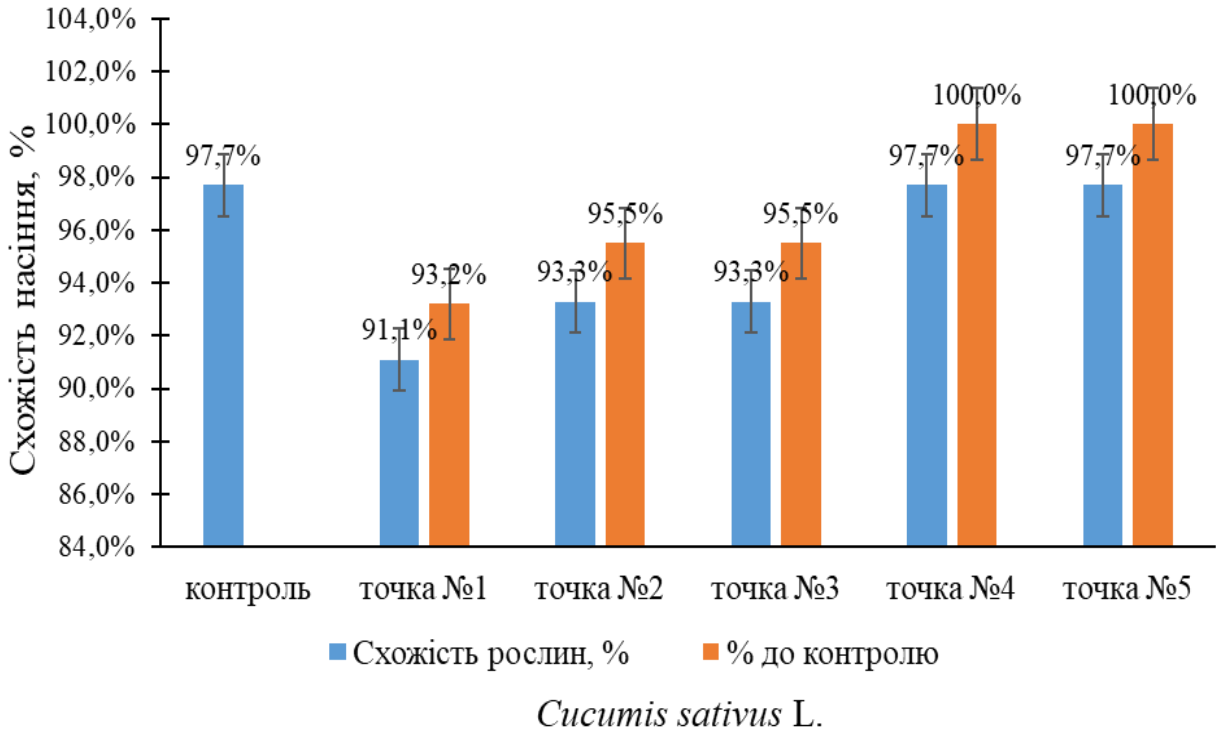



Рисунок 3.2 – Показники схожості насіння (%) *Cucumis sativus* L. на воді досліджуваних ділянок на 10-й день.

У рослин пшениці, що вирощувалися на пробах зворотної води, показники схожості насіння на 4-й день досліду були меншими порівняно з контролем і становили для точок № 1, № 2, № 5 і точки № 4 відповідно 81,3 і 88,0%, або 85,6 і 92,2 % до контролю. Гальмівний ефект відповідно становив 18,7 і 12,0%. Виключеням були результати схожості насіння, яке вирощувалось на воді з Північного випуску (точка № 3). Кількість насіння, що проросло становило 97,2 % до контролю, а гальмівний ефект – 2,8 % (рис. 3.3, додаток Г).

Аналіз результатів обліку кількості пророслого насіння пшениці, проведеного на 10-й день досліду (рис. 3.4, додаток Д), показав, що кількість пророслих насінин у контролі й пробах води з мертенівськго цеху не змінилась, тоді як в інших варіантах ми спостерігали стимулювальну дію досліджуваної води на процеси проростання насіння тест-культури: кількість пророслого насіння становила від 92,0 до 98 %, або 97,2 і 104,3% до контролю.

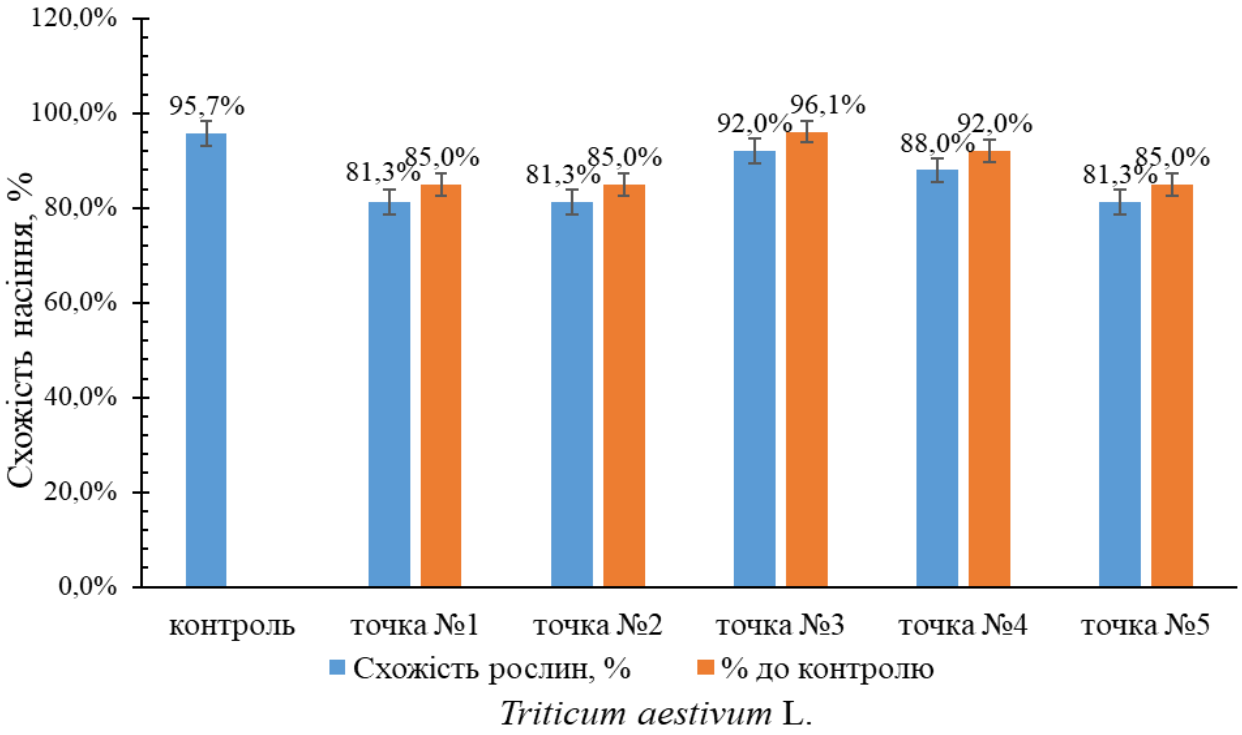



Рисунок 3.3 – Показники схожості насіння (%) *Triticum aestivum* L. на воді досліджуваних ділянок на 4-й день.

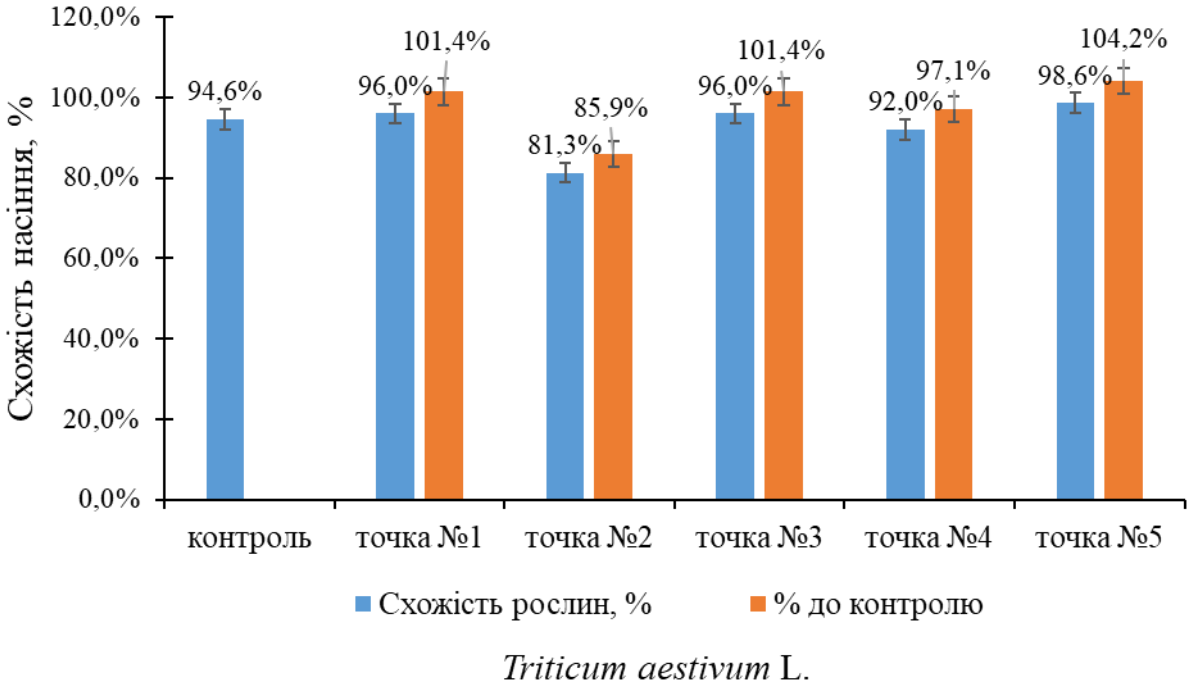



Рисунок 3.4 – Показники схожості насіння (%) *Triticum aestivum* L. на воді досліджуваних ділянок на 10-й день.

Отже, найбільшу гальмівну дію на проростання насіння тест-культури *Triticum aestivum* L. чинила зворотна вода від зовнішнього охолодження технологічного обладнання з мартенівського цеху: гальмівний ефект на 4-й і 10-й день досліду становив 18,7 %.

### 3.2.2 Визначення рівня токсичності зворотної води за морфометричними показниками тест-рослин

На основі визначення морфометричних параметрів тест-об'єктів встановлено, що відбувалось пригнічення ростових процесів лише кореневої системи *Cucumis sativus* L., довжина якої зменшувалась відносно контролю на 8,4-9,7 % (табл. 3.2). Проте, достовірною різниця з контролем була тільки за вирощування рослин на воді з доменного цеху (точка № 2), де довжина головного кореня огірка на 3,2 см або на 19,8 % була меншою за контроль.

Як свідчать дані табл. 3.3, досліджувана вода стимулювала ростові процеси фітоіндикатора *Triticum aestivum* L. як проростків, так і коренів. Так, довжина проростків у рослин, що вирощувались на воді з точок № 1, № 3, № 4 на 3,4-3,8 см перевищувала показники контрольних рослин, що становило відповідно 35,0, 39,1 і 34,5 %. Найбільший стимулювальний ефект спостерігався за вирощування пшениці на воді з киснево-компресорного цеху: довжина проростків і коренів переважала на 5,7 см і 4,8 см, морфометричні показники контрольних рослин, що становило 58,5 % і 37,1 % відповідно. Проте достовірною різниця з контролем була лише для параметра висоти проростків.

Вода з доменного цеху (точка № 2) стимулювала лише ростові процеси проростків, довжина яких перевищувала на 4,7 см (47,9 %) контрольні рослини, тоді як довжина коренців була на рівні з контролем (табл. 3.3, додаток Е).

Таблиця 3.2 – Морфологічні показники середньої довжини проростків і коренів тест-культури *Cucumis sativus* L., що вирощувалися на різних пробах води

| Варіант | Показник | Дисперсія, $\sigma^2$ | Середнє $\bar{x}\pm m$ | t – критерій (n=20) |
|---|---|---|---|---|
| Контроль (водогінна вода) | Довжина проростків, см | 15,2 | 7,96±0,45 | – |
| | Довжина коренців, см | 28,16 | 16,30±0,77 | – |
| Точка №1 | Довжина проростків, см | 15,19 | 8,7±0,61 | -1,0 |
| | Довжина коренців, см | 32,92 | 15,87±0,94 | 0,36 |
| Точка № 2 | Довжина проростків см | 15,38 | 7,82±0,61 | 0,19 |
| | Довжина коренців, см | 25,31 | 13,12±0,76 | 2,94* |
| Точка № 3 | Довжина проростків, см | 16,5 | 8,20±0,48 | -1,14 |
| | Довжина коренців, см | 30,2 | 15,70±0,52 | 0,65 |
| Точка № 4 | Довжина проростків, см | 15,77 | 8,45±0,51 | -0,7 |
| | Довжина коренців, см | 27,1 | 13,94±0,66 | 2,34* |
| Точка №5 | Довжина проростків, см | 15,56 | 8,8±0,59 | -1,14 |
| | Довжина коренців, см | 25,42 | 13,64±0,76 | 2,46* |

Таблиця 3.3 – Морфологічні показники середньої довжини проростків і коренів тест-культури *Triticum aestivum* L.

| Варіант | Показник | Дисперсія, $\sigma^2$ | Середнє $\bar{x}\pm m$ | t – критерій (n=25) |
|---|---|---|---|---|
| Контроль (водогінна вода) | Довжина проростків, см | 18,43 | 9,71±0,8 | – |
| | Довжина коренців, см | 24,95 | 12,92±2,0 | – |
| Точка №1 | Довжина проростків, см | 25,28 | 13,06±0,7 | -3,18* |
| | Довжина коренців, см | 33,02 | 16,23±0,7 | -1,55 |
| Точка № 2 | Довжина проростків, см | 27,51 | 14,37±1,12 | -3,4* |
| | Довжина коренців, см | 24,19 | 13,8±1,04 | -0,17 |
| Точка № 3 | Довжина проростків, см | 25,74 | 13,5±0,63 | -3,75* |
| | Довжина коренців, см | 31,83 | 16,1±0,92 | 0,7 |
| Точка № 4 | Довжина проростків, см | 24,87 | 13,1±0,6 | -3,4* |
| | Довжина коренців, см | 27,23 | 14,26±0,58 | -1,6 |
| Точка №5 | Довжина проростків, см | 30,45 | 15,4±2,3 | -2,3* |
| | Довжина коренців, см | 33,33 | 17,71±0,6 | -2,3* |

Примітка: * – статистично достовірна різниця між середніми арифметичними у досліджуваному та контрольному варіантах.

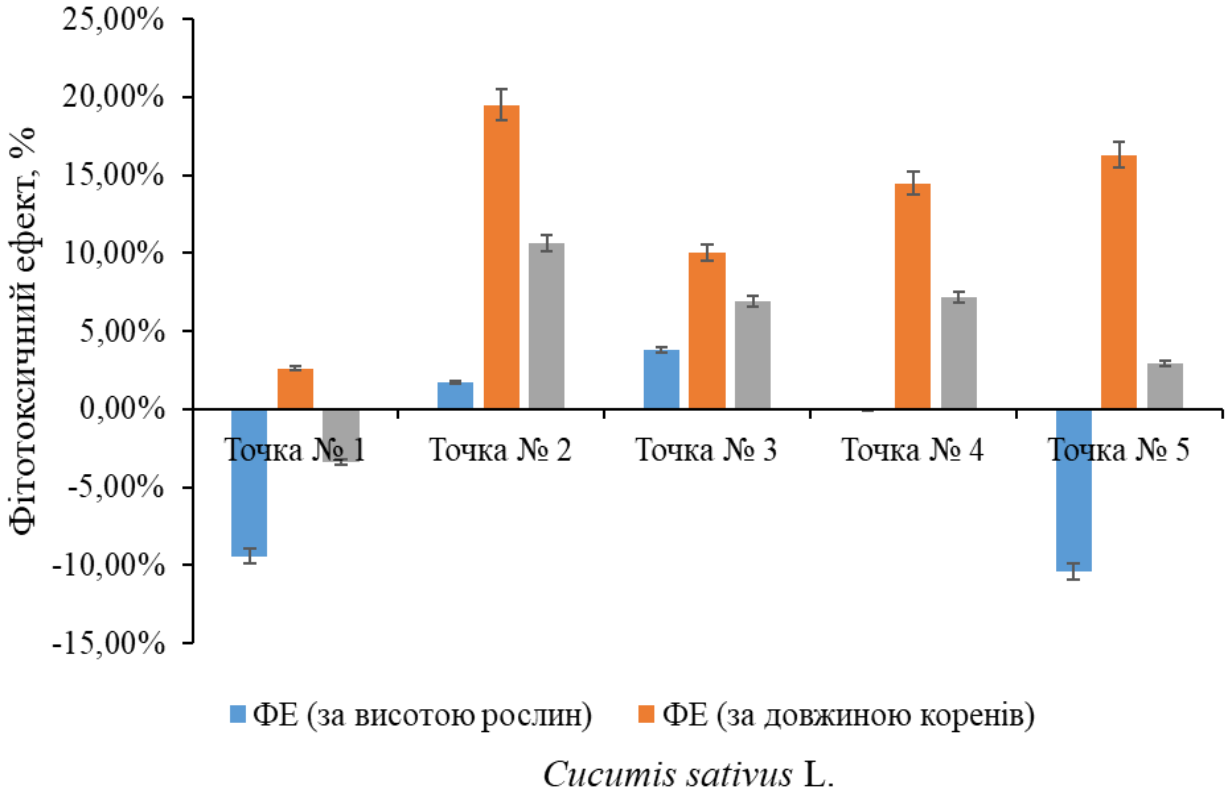



Рисунок 3.5 – Фітотоксичний ефект (%) досліджуваної води на тест-культуру *Cucumis sativus* L.

Аналіз отриманих результатів вивчення фітотоксичності досліджуваної води за морфометричними показниками свідчить про відсутність фітотоксичного ефекту за висотою проростків тест-культури *Cucumis sativus* L. і слабку гальмівну дію щодо коренів рослин (рис. 3.5). Так найменший фітотоксичний ефект за довжиною кореня (ФЕ=2,62) спостерігався за вирощування огірків на воді з доменного цеху, а найбільший (ФЕ=19,5) – на воді з мартенівського цеху (точка №2).

Досліджувана вода мала стимулювальну дію на ростові процеси як проростків, так і коренців пшениці (рис. 3.6). Найбільший стимулювальний ефект за довжиною проростків фітоіндикатора зафіксовано при вирощуванні на воді з точок № 2 і № 5 (відповідно 31,6 і 35,8%). За параметрами довжини коренів найбільші показники стимулювання були за вирощування на воді точок № 1 і № 5 (відповідно 20,2 і 29,4 %).

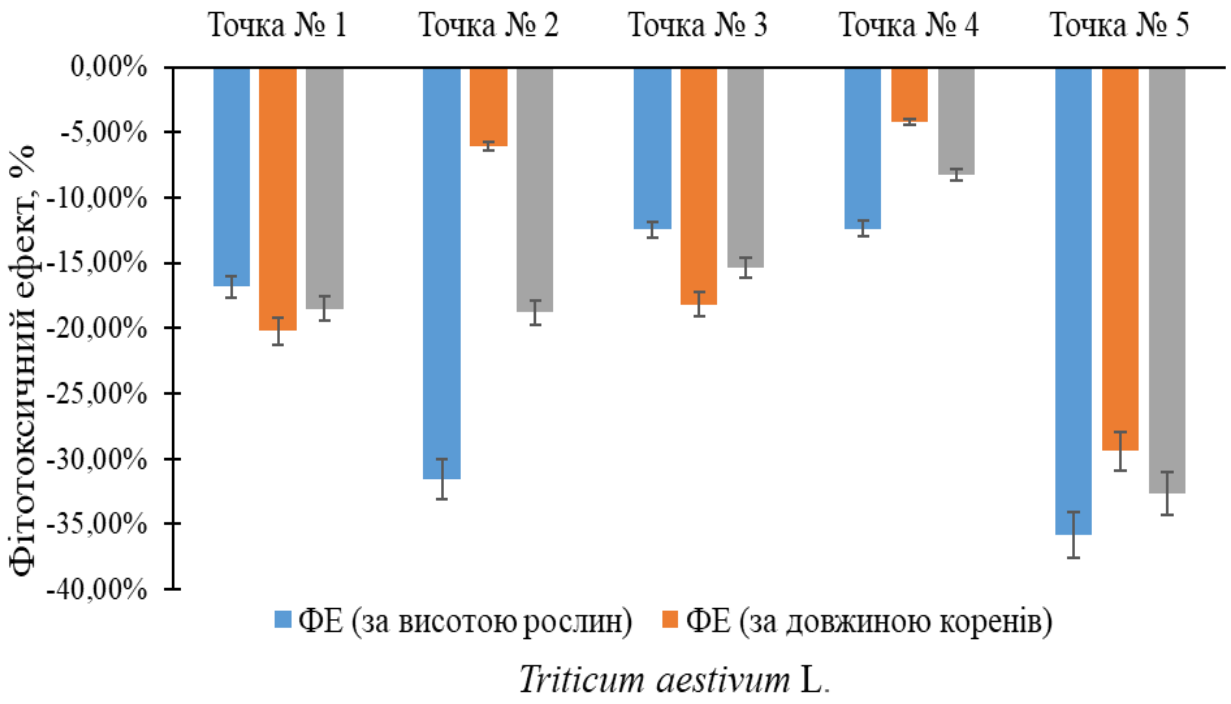



Рисунок 3.6 – Фітотоксичний ефект (%) досліджуваної води на тест-культуру *Triticum aestivum* L.

Порівняльний аналіз середніх значень фітотоксичного ефекту від дії досліджуваної води показав, що серед двох тест-обєктів більш чутливими до стресу виявилися рослини огірка (табл. 3.3). Так, фітоефект за двома параметрами становив від 2,94 до 10,63, що за шкалою токсичності відповідає слабкому рівню. Нами встановлена тенденція зниження фітотоксичності води в напрямку від точки № 2 до точки № 5. Виключенням були показники води з точки № 1, де спостерігався слабкий стимулювальний ефект. У цілому, слід зазначити більш сильне інгібування кореневої системи огірка, аніж проростків.

Дослідження [95] довели, що насіння огірка проростає швидше та краще на воді зі свердловин та з достатньою кількістю солей кальцію та магнію, але такою, що не перевищує вимоги СанПіну, тому що велика кількість солей, навпаки, справляє пригноблюючу дію.

Таблиця 3.4 – Середні показники фітотоксичності (%) зворотної води

| Параметр | Фітотоксичний ефект (%) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Точка № 1 | Точка № 2 | Точка № 3 | Точка № 4 | Точка № 5 |
| *Cucumis sativus* L. | | | | | |
| $ФЕ_{сер}$ | -3,41 | 10,63 | 6,92 | 7,21 | 2,94 |
| *Triticum aestivum* L. | | | | | |
| $ФЕ_{сер}$ | -18,52 | -18,80 | -15,30 | -8,27 | -32,61 |

Середні показники фітотоксичного ефекту, розраховані для тест-культури *Triticum aestivum* L., в усіх пробах води свідчать про слабку стимулювальну дію досліджуваної води – ФЕ за двома параметрами становив від -8,27 до 18,8. Найбільша стимулювальна дія на ростові процеси пшениці (ФЕсер=32,61) була зареєстрована при вирощуванні тест-культури на воді з оборотного циклу киснево-компресорного цеху (точка № 5). На нашу думку, це обумовлено тим, що вода, яка потрапляє до киснево-компресорного цеху, додатково розбавляється дніпровською водою.

Отже, за шкалою рівнів токсичності встановлено, що рівень токсичності води для тест-культури *Cucumis sativus* L. є слабким (фітотоксичний ефект не перевищує 20 %), тоді як для фітоіндикатора *Triticum aestivum* L., нами встановлено стимулювальний ефект за двома параметрами.

# 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Лабораторні дослідження проводилися в лабораторії Управління охорони навколишнього середовища ПАТ «Запоріжсталь»

В перший день я була ознайомлена із загальними вимогами щодо охорони праці згідно з інструкції з охорони праці для роботи студентів, лаборантів та інженерів в лабораторії відділу досліджень водного басейну.

Не допускаються до роботи в лабораторії особи, що не пройшли інструктаж з охорони праці і не оформлені документально в журналі реєстрації інструктажів.

Лаборант забов'язан знати та виконувати:

«Кардинальні правила охорони праці в промисловій безпеці ПАТ «Запоріжсталь»; вимоги нормативно-правових актів про охорону праці; справжню інструкцію; Закон України «Про охорону праці»; «Інструкцію з охорони праці №0.01 Загальні вимоги безпеки для усіх працівників ВАТ «Запоріжсталь»; «Інструкцію з охорони праці №0.24 при експлуатації персональних електронно-обчислювальних машин»; «Інструкцію з охорони праці № 0.25 при роботі зі спиртом етиловим технічним»; ««Інструкцію з охорони праці №0.30 для осіб з першою кваліфікаційною групою по електробезпеці»; «Інструкцію з охорони праці №0.45 з захисту від статичного струму»; «Інструкцію з охорони праці №0.51 з надання долікарської допомоги»; Правила внутрішнього трудового розпорядку робітників; «Положення про систему управління охороною праці в ВАТ «Запоріжсталь»; «Порядок проведення розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань та аварій на виробництві».

Лаборант зобов'язаний:

– користуватися засобами колективного та особистого захисту;

– проводити Аналіз Безпеки Виконання Робіт (АБВР) перед початком роботи, під час роботи та по закінченню роботи;

– відмовитись від виконання роботи, якщо вона не може бути виконана безпечно;

– зупинити роботу при виникненні небезпечної ситуації та провести повторний АБВР;

– піклуватись про особисту безпеку та здоров’я, а також про безпеку та здоров’я оточуючих людей в процесі виконання будь-яких робіт або від час знаходження на території комбінату;

– дотримуватися вимог нормативно-правових актів з охорони праці, передбачених колективним договором та правилами внутрішнього трудового розпорядку робітників;

– ознайомитися з реєстром ідентифікації небезпек та оцінки ризиків відділу та з реєстром ідентифікації небезпек та оцінки ризиків, відвідувачів структурних підрозділів під розпис;

– виконувати роботи у відповідності до затвердженого графіку або позапланові роботи за вказівкою начальника управління, начальника відділу;

– проходити в установленому порядку попередні та періодичні медичні огляди;

– знати та виконувати схеми безпечних маршрутів пересування по території комбінату, цехів;

– знаходитись тільки в місцях, пов’язаних з дорученою роботою, під час роботи бути уважним, не відволікатися;

– виконувати вимоги звукових, світлових сигналів, знаків безпеки та попереджувальних написів;

– своєчасно відходити на безпечну відстань з шляху транспорту,що рухається та транспортуємого вантажу;

– знати та виконувати правила особистої гігієни;

– вміти надавати першу медичну допомогу постраждалим у відповідності до вимог інструкції з охорони праці №0.51 з надання долікарської допомоги;

– вміти користуватися первинними засобами пожежогасіння;

– при нещасному випадку одразу сповістити безпосереднього керівника робіт або іншій повноважній особі підприємства (начальнику цеха) та прийняти заходи по надання необхідної допомоги потерпілому;

– при отриманні навіть незначної травми сповістити про це начальника відділу;

– працювати в справному, чистому спецодязі, спецвзутті та засобах індивідуального захисту (далі ЗІЗ) (в залежності від роду виконуваної роботи);

– тримати у порядку та чистоті своє робоче місце;

– працювати лише на справному обладнанні та користуватися справним хімпосудом;

– виконувати тільки ті роботи та тільки в тому об’ємі, який визначений завданням безпосереднього керівника.

Лаборанту забороняється:

– використовувати несправні та брудні ЗІЗ;

– використовувати ЗІЗ – туфлі кожані поза лабораторією;

– допускати знаходження сторонніх осіб у хімічному залі, ваговій, фотометричній та атомно-абсорбційній кімнаті;

– захаращувати проходи, робоче місце та робочий стіл у витяжній шафі;

– вживати алкогольні, наркотичні та токсичні речовини на території підприємства;

– працювати у прикрасах на руках, шиї, задля запобігання зачеплення за елементи конструкції, обладнання або інструменту, яке може привести до травмування;

– під час руху по території комбінату, структурних підрозділів, а також при виконанні виробничого завдання використовувати мобільний зв'язок у особистих цілях;

– курити у невстановлених місцях.

Лаборанту при виконанні робіт необхідно застосовувати потрібний за нормами спецодяг, спецвзуття, та інші засоби індивідуального захисту. Перед початком робіт необхідно завжди проводити аналіз безпеки виконання робіт [96].

Перед початком роботи кожного дня проводилися такі заходи щодо охорони праці: за 20 хвилин до початку виконання робіт провітрювали лабораторію, одягали спецодяг, перед проведенням експериментальних та дослідницьких робіт разового характеру, що пов’язані з використанням високої напруги, хімічних реактивів проводили цільовий інструктаж та обов’язково зареєстрували інструктаж у відповідному журналі [97].

Після закінчення роботи потрібно: забруднений посуд – вимити, використані реактиви і розчини – нейтралізувати і знезаразити, оглянути приміщення, вимкнути електроживлення і тільки після цього зачинити його [99].

Також, окремим інструктажем мене ознайомили з основними правилами пожежної безпеки в даній лабораторії. Пожежна безпека повинна забезпечуватися: системою запобігання пожежі та системою пожежного захисту. Небезпечними чинниками пожежі, що впливають на людей, є:

– відкритий вогонь і іскри;

– підвищення температури повітря, предметів;

– токсичні продукти горіння;

– дим;

– зниження концентрації кисню;

– завалення й ушкодження споруд чи установок;

– вибух.

Настільні лампи, радіоприймачі, обчислювальні машини тощо дозволяється включати в мережу за допомогою штепсельних з’єднань промислового виробництва. Всі електроустановки повинні мати захист від струму короткого замикання та інших відхилень від нормальних режимів роботи, що можуть привести до виникнення пожежі. Переносні

електросвітильники повинні бути напругою не вище 36 В, виконані з дотриманням правил електробезпеки і пожежної безпеки (ППБУ 5.1.10). Забороняється користуватися відкритим вогнем та легкозаймистими матеріалами.

У лабораторіях, де використовуються легкозаймисті рідини (ЛЗР), горючі рідини (ГР) і гази, необхідно передбачити централізоване забезпечення і роздачу їх на місця, застосовуючи закриту безпечну тару. Всі роботи, пов’язані з можливістю використання токсичних і пожежо- та вибухонебезпечних речовин, повинні проводитись тільки в витяжних шафах, обладнаних вентиляцією. Відпрацьовані ЛЗР і ГР необхідно збирати в спеціальну герметичну тару, яка в кінці роботи видаляється з приміщення для утилізації. Посуд з під ЛЗР і ГР, після закінчення дослідів, повинен терміново промиватися пожежобезпечними розчинами.

У приміщенні на видному місці на відстані 1,6 м від рівня підлоги повинні бути вивішені:

1) табличка з прізвищем відповідального за протипожежну безпеку;

2) план евакуації людей та матеріальних цінностей на випадок пожежі;

3) місцезнаходження первинних засобів пожежогасіння.

Приміщення повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння (вогнегасники, пожежний інвентар та інструменти) залежно від площі приміщення та його призначення [99].

У лабораторії повинен бути порошковий або вуглекислотний вогнегасник. Технічне обслуговування, робота і зберігання вогнегасників здійснюється згідно з паспортними даними заводу-виробника.

Вогнегасник повинен мати:

1) інвентарний номер;

2) пломби на устрою ручного пуску;

3) бирки і маркувальні написи на корпусі, красне сигнальне забарвлення згідно державного стандарту.

До засобів пожежогасіння повинен бути забезпечений вільний доступ.

Використання засобів пожежогасіння не за призначенням категорично забороняється. При виявленні пожежі необхідно організувати:

1) негайний виклик пожежної охорони по телефону 101, зазначити точну адресу і місце пожежі, що горить, наявність у приміщенні людей, своє прізвище та організувати зустріч пожежної машини;

2) сповістити про пожежу ланку пожежогасіння комбінату та штаб цивільної оборони;

3) оповістити про пожежу людей, що знаходяться в будинку;

4) відключити від енергопостачання прилади та обладнання;

5) вжити заходів з евакуації людей і матеріальних цінностей з урахуванням дотримання техніки безпеки; приступати до гасіння пожежі первинними засобами пожежогасіння, а при неможливості здійснення даних дій, вийти з приміщення, щільно закрити за собою двері і діяти відповідно до розпоряджень командира ланки пожежогасіння;

6) під час пожежі необхідно утримуватись від відкриття вікон та дверей, щоб запобігти приливу свіжого повітря, що сприятиме швидкому поширенню вогню. Після прибуття підрозділів пожежної охорони з числа керівників гасіння пожежі зобов’язана надати старшому підрозділу пожежної охорони всі необхідні відомості про осередок пожежі.

Усі положення пожежної безпеки, зазначені вище, виконуються в даній лабораторії [100].

Статистична обробка проводилась на комп’ютері. Розпочинаючи працювати на ПК, необхідно пам’ятати, що це дуже складна апаратура, яка потребує акуратного й обережного ставлення до неї, високої самодисципліни на всіх етапах її експлуатації.

Напруга живлення ПК (220 В) є небезпечною для життя людини. Тому, незважаючи на те що в конструкції комп’ютера передбачена достатня ізоляція від струмопровідних ділянок, необхідно знати та чітко виконувати ряд правил техніки безпеки.

Забороняється:

1) торкатися екрана і тильного боку дисплея, дротів живлення та заземлення, з'єднувальних кабелів;

2) порушувати порядок увімкнення й вимикання апаратних блоків;

3) класти на апаратуру сторонні предмети;

4) працювати на комп'ютері у вологому одязі та вологими руками;

5) палити в приміщенні, де знаходяться комп'ютери.

У разі появи запаху горілого, самовільного вимикання апаратури, незвичних звуків треба негайно повідомити про це обслуговуючий персонал та вимкнути комп'ютер. Не можна працювати на комп'ютері при недостатньому освітленні, високому рівні шуму тощо.

Під час роботи за комп'ютером потрібно дотримуватись таких правил: документи для роботи повинні знаходитись перед монітором, бажано на спеціальній підставці, щоб уникнути маси непотрібних рухів очей, навантаження на зап'ястки рук можна зменшувати, якщо тримати їх при наборі прямо. Можна використовувати м'які підставки для зап'ястків, на яких вони будуть відпочивати в перервах між набором тексту. Не тримайте курсор подовгу на одному місці, доведено, що очам комфортно, якщо погляд спрямований на екран трохи вниз (центр екрана нижче рівня очей на 10-29 см), оптимальна відстань між очима та екраном 50-65 см [68–100].

Перша медична допомога може бути надана на місці ураження самим потерпілим (самодопомога) чи його товаришем (взаємодопомога). Це – тимчасова зупинка кровотечі, накладання стерильної пов'язки на рану або опікову поверхню, штучне дихання, непрямий масаж серця, уведення заспокійливих ліків, гасіння одягу, що загорівся, транспортна іммобілізація, надівання протигаза, виведення (винесення) потерпілого із зараженого місця, часткова санітарна обробка.

Перша допомога при опіках. Опіки виникають під дією високих температур. Опіки від світлового випромінювання, полум'я, кип'ятку і гарячої пари називаються термічними, й від дії на шкіру і слизові оболонки сильних кислот і лугів, які спричинюють не тільки місцеве ураження, а й

загальне отруєння організму.

Залежно від глибини ураження шкіри і тканин тіла розрізняють чотири ступені опіків: легкий (I) – почервоніння шкіри; середньої тяжкості (II) – утворення пухирів; тяжкий (III) – змертвіння всієї товщини шкіри; надзвичайно тяжкий (IV) – обвуглювання тканин тіла.

При великих (понад 10-15% поверхні тіла) опіках II–III ступенів виникає важке загальне ураження організму – опікова хвороба, яка нерідко ускладнюється опіковим шоком. Особливістю опікового шоку є його довготривалість (24-72 години).

При опіках насамперед потрібно погасити одяг, якщо він горить, для чого на ураженого слід накинути пальто, ковдру тощо. Потім необхідно дати потерпілому випити теплої підсоленої води. Обпечену частину тіла звільняють від одягу, обрізаючи і залишаючи на місці ті його шматки, що прилипли до тіла. Не можна розрізати або роздушувати пухирі, торкатись обпаленої поверхні руками, змазувати її жиром, маззю чи іншими речовинами. На опікову поверхню накладається стерильна пов’язка.

При великих опіках, які займають значну поверхню тіла, ураженого слід загорнути в чисте простирадло, вжити всіх необхідних заходів для запобігання шоку і терміново транспортувати його до медичного закладу.

Перша допомога при кровотечі. Існує декілька способів тимчасової зупинки кровотечі: накладання давлючої пов’язки; надання кінцівці, ділянці тіла підвищеного положення; пальцьове притиснення головних артеріальних стовбурів при їх пошкодженні до найближчої кістки; максимальне згинання суглоба пошкодженої кінцівки; кругове перетягування кінцівки еластичним джгутом [100].

Таким чином, знання дисциплін «Охорона праці» допомогло мені уникнути небезпечних випадків та травмування.

# ВИСНОВКИ

1. За результатами хімічного аналізу якості зворотних вод встановлено, що отримані показники не перевищували нормативів ГДС, затверджених для ПАТ «Запоріжсталь». Проте, показник сухого залишку у воді з ділянки № 4 перевищував у 2,5 рази показники дніпровської води і 1,9-2,4 рази показники інших проб, а кількість хлоридів – у 7,8 та в 4,9-7,8 рази відповідно.

2. Встановлено гальмування схожості насіння тест-культур на 4-й день за пророщування на воді з ділянок № 4 і № 5, де рівень пригнічення проростання насіння *Cucumis sativus* L. щодо контролю становив 85,4 і 82,9 %, (гальмівний ефект 22,3 і 24,5 %) відповідно, тоді як гальмівний ефект схожості *Triticum aestivum* L. в усіх варіантах, крім Північного випуску, становив 12,0–18,7%.

3. Встановлено пригнічення ростових процесів корінців тест-культури *Cucumis sativus* L. при вирощуванні на воді з мартенівського цеху (ФЕ=19,5), що може бути зумовлено наявністю в досліджуваній воді хімічних елементів, які не входять до переліку компонентів, що визначаються.

4. Найбільш чутливою тест-системою щодо токсичності зворотної води за показниками схожості насіння є *Cucumis sativus* L., що дає змогу використовувати її як первинний тест-параметр для оцінки загальної токсичності води.

# ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. З огляду на те, що дафнії, зокрема *D. magna*, які використовуються в лабораторії комбінату, є організмами середньої чутливості до токсикантів і велике значення має чергування безстатевих та статевих поколінь та іншні особливості життєдіяльності, рекомендуємо застосовувати при біоіндикації якості зворотних вод «ростовий тест», як більш експресний, економічний та точний.

2. Рекомендовано в якості тест-системи для оцінки токсичності води використовувати *Cucumis sativus* L., який є найчутливішим до забруднення, що дає змогу використовувати схожість його насіння як первинний тест-параметр для оцінки загальної токсичності як природних, так і зворотних вод.

3. Результати досліджень можуть бути використані для моніторингу забруднення водних об’єктів, а також при викладанні дисциплін «Фізико-хімічні методи очистки стічних вод», «Біологічні методи очистки стічних вод», «Біотехнологічні аспекти раціонального природокористування», «Біоіндикація».

# ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Клименко М.О. Моніторинг довкілля: підручник. Київ: Академія, 2006. 360 с.

2. Березина Н.А. Экология растений: учеб. пособие для студ. высш. учеб. Заведений. Москва : Академия, 2009. 400 с.

3. Бигон М. Экология. Особи, популяции и сообщества: в 2-х т., Т. 1 [Пер. с англ.]. Москва : Мир, 1989. 667 с.

4. Мелехова О. П., Сарапульцева Е. И., Евсеева Т. И., и др. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учеб. пособ. 2-е изд., испр. Москва : Академия, 2008. 288 с.

5. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем: пер. с нем. / под ред. Р. Шуберта. Москва : Мир, 1998. 350 с.

6. Кучерявий В.П. Екологія : Підручник. Львів : Світ, 2001. 500 с.

7. Про Загальнодержавну програму «Питна вода України» на 2006–2020 роки : Закон України від 20.10.2011 р. № 3933 VI. URL : https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3933-17

8. Коломийцева М. Г., Габович Р. Д. Микроэлементы в медицине. Москва, 1970. 170 с.

9. Габович Р. Д., Попович Н. А. Пищевая токсикология как раздел гигиены питания и учебный курс. *Гигиена и санитария*. 2013. №1. С.42–45.

10. Онищенко Г. Г. Актуальные проблемы реализации в России решения ООН о провозглашении десятилетия 2005–2015 г. международной декадой «Вода для жизни». *Гигиена и санитария*. 2005. № 4. С. 3–6.

11. Лосева М. И., Карева Н. П. Минеральный состав питьевой воды и здоровье населения: навч. посіб. Новосибирск, 1985. С. 21–24.

12.Лопатин С. А., Нарыков В. И., Раевский К. К. и др. Современные проблемы водоснабжения мегаполисов. *Гигиена и санитария*. 2005. №4. С. 20–25.

13. Цапко В.В. Гигиеническое обоснование к использованию подземных вод УССР для питьевого водоснабжения и их санитарная охрана: автореф. дис. д-ра мед. наук. Киев, 1970.

14. Шевелев Ф.А., Орлов Г.А. Водоснабжение больших городов зарубежных стран: підручник. Москва, 1987. 150 с.

15. Шпаков Е.А., Проблемы санитарной охраны водоемов: навч. Посібник. Пермь, 2008. 67 с.

16. Kiene Ul., Kirillin I. G., Brademann B. et al. Monitoring von Wetter, Limnologie und Sedimentbildung zum Prozessverständnis der Warvenablagerung im Tiefen See (Klocksiner Seenkette). *Tagung Norddeutscher Geologen*. Ung-heft, 2015. P. 90–91.

17. River watch. Manual for public environmental monitoring. SPb.: *Friends of the Baltics* / Coa- lition Clean Baltics, 2015. 32 p.

18. Водна стратегія України на період до 2025 року (наукові основи) / За наук. ред. М.І. Ромащенка, М.А. Хвесика, Ю.О. Михайлова. Київ, 2015. 46 с.

19. Бешлей З. М., Бешлей С. В., Баранов В. І., Терек О. І. «Використання рослинних тест-систем для оцінки токсичності техногенно забруднених субстратів». *Вісник Харківського національного аграрного університету*. 2014. №1. С. 97–102.

20. Губачов О. І., «Особливості використання рослин для біотестування грунтів з метою визначення рівня екологічної безпеки промислових територій». *Науковий вісник КУЕІТУ*. 2010. С. 164–171.

21. Мелехова О. П. и др., Биологический контроль окружаючей среды: биоиндикация и биотестирование: підручник. Москва, Росия: Академия, 2007. 146 с.

22. Меженский В. Н., Растения-индикаторы: підруч. Москва, Росия: Сталкер, 2004. 236 с

23. Валерко Р. А., «Особливості біотестування антропогенно забруднених грунтів з метою їх екотоксичної оцінки». *Вісник Харківського національного університету*, 2013. № 2. С. 262–265.

24. Глухов О. З. Фітоіндикація метал пресингу в антропогенно трансформованому середовищі: навч. посібник. Донецьк: Норд-Прес, 2006. 360 с.

25. Гродзинский Д. М. Биофизика растения: Монография. Київ: Наукова думка, 1972. 256 с.

26. Гродзинський Д. М. Радіобіологія: підручник. Київ: Либідь, 2001. 448 с.

27. Гуральчук Ж. З. Фітотоксичність важких металів та стійкість рослин їх дії: монографія. Київ: Логос, 2006. 208 с.

28. Евгеньев М. И. Тест-методы и екология. *Соросовский образовательный журнал.* 1999. № 11. С. 29 – 34.

29. Захаров В. М. Мориторинг здоров’я среды на охраняемых территориях. Москва: Центр экологической политики России, 2001. 78 с.

30. Злобін Ю.А. Основи екології: підручник. Київ : Лібра, 1998. 248 с.

31. Исидоров В. А. Введение в химическую экотоксикологию: учеб. пособие, СПб : Химиздат, 1999. 144 с.

32. Кассандрова О. Н. Обработка результатов наблюдений: практическое руководство. Москва: Наука, 1970. 109 с.

33. Корте Ф., Бахадир М., Клийн В., Лай Я.П., Парлар Г., Шойнерт И. Экологическая химия: учеб. пособие. [Пер с нем. Ф. Корте]. Москва: Мир, 1997. 396 с.

34. Лакин Г. Ф. Биометрия: учеб. пособие для спец. вузов. 4-е изд.; перераб. и дополненное. Москва : Высшая школа, 1990. 352 с.

35. Опекунова М. Г. Биоиндикация загрязнений : учебное пособие: Издательство Санкт- Петербургского университета, 2004. 266 с.

36. Прокопов В. О. Питна вода України: медико-екологічні та санітарно-гігієнічні аспекти. Київ : Медицина, 2016. 400 с.

37. Санитарные правила охраны поверхностных вод от загрязнения : СанПіН 4630-88. Чинний від 01.01.1989. Москва: Министерство здравоохранения СССР, 1988. 70 с.

38. Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання : ДСТУ 4808:2007. Чинний від 05.07.2007. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 39 с.

39. Прокопов В.О., Тетенева И.А., Тарабарова С.Б., Мартіщенко Н.В., Некрасова Л.С. и др. Комплексній мониторинг р. Днепр: итоги исследования качества воді и прогноз его изменения. *Гигиена населенных мест*. 2001. № 8. С. 203–207.

40. Прокопов В. О. Наукові та практичні питання забезпечення населення України якісною питною водою. *Гігієнічна наука та практика на рубежі століть: збірник матеріалів. XIV з'їзду гігієністів України.* Дніпропетровськ, 2004. Том.1. С. 109–111.

41. Сташук В. А., Яковенко Ю.П. Оцінка сучасного стану водних ресурсів України. *Вода і водоочисні технології*. 2006. № 1 (17). С. 6–9, 50–51.

42. Плитман С. И., Новиков Ю. В., Тулакина Н. В. и др. К вопросу корректировки гигиенических нормативов с учетом уровня жесткости питьевых вод. *Гигиена и санитария*. 1989. №7. С. 7–10.

43. Lundkvist S. Water Conservation in Sweden. *J. Water Poll. Control Fed*. 1990. Vol. 47, №4. P. 673–674.

44. Алексеев Н. А., Гриль Н. Ф., Коссов А. Ф. и др. Гигиеническая характеристика подземних вод четвертичных отложений Запорожской области. *Гигиена населенных мест*. Киев, 2013. Вып.19. С. 63–67.

45. Новиков Ю. В., Ноаров Ю. А., Плитман С. И. Роль жестких вод, в предупреждении сердечно – сосудистых заболеваний. *Гигиена и санитария*. 1980. № 9. С. 69–70.

46. Штанников Е. В., Сумовская А. Е., Объедкова Г. Ю. Изучение эмбриотоксического и тератогенного действия воды повышеной минерализации. *Гигиена и санитария*. 1985. № 9. С. 19–20.

47. Романенко Н. А., Новосильцев Г. И., Рахманин Ю. А. Современное состояние и задачи санитарно – протозоологических исследований воды. *Гигиена и санитария*. 1992. №2. С. 22–25.

48. Новиков Ю. В., Плитман С. И., Левин А. И. и др. Состояние здоровья населения в связи с использованием мягких маломинерализованных вод для питья. *Гигиена и санитария*. 1980. №12. С. 3–6.

49. Зарубин Г. П., Лысогорова И. К. Железо в питьевой воде и его гигиеническое значение. *Современные проблемы гигиены и эпидемиологии*. Москва, 1983. С. 16–20.

50. Palmer A. K., Readshaw M.A., Neuff A. M., Assessment of the Teratogenic Potential of Surfactants. *Toxicology*. 1995. Vol. 3 №1. P. 91–106.

51. Magos L. Mercury and Mercurials. *Brit. med. Bull.* 2015. Vol. 31. P. 241–245.

52. Siogren T., Zondgren, Morbus Alzheimer and morbus Pick: monograph. Stockholm, 1982. 245 p.

53. Martin R.B. Aluminium in Chemistry, Biology and Medicin: textbook. New York, 2017. 250 p.

54. Варламова О. В., Анохин А. Н., Сынзыныс Б. И. Информационно-справочная система «экология и токсикология алюминия». *Гигиена и санитария*. 2004. №3. С. 73–75.

55. Срусевич Е. А., Будеев И. А., Гужов В. К. Минеральный состав воды и здоровье населения: учеб. пособие. Новосибирск, 2016. С. 47–51.

56. Кондратюк В. А., Козюра С. А. Санитарно – гигиеническая характеристика питьевых вод с разным минеральным составом. *Гигиена населенных мест*. Киев, 1982. Вып. 21. С. 77–80.

57. Гаранько Н. М. Оцінка якості питної води за допомогою методів біотестування. *Екологія довкілля та безпека життєдіяльності*. 2003. № 5. С. 34–37.

58. Malik A. Environmental Deterioration and Human Health: Natural and anthropogenic deter- minants. *Dordrecht Heidelberg*, London, New York: Springer, 2014. P. 3–4.

59. Стецюк Л. М. Використання методів біоіндика- ції та біотестування для оцінки стану водних екосистем. Вісник національного університету водного господарства та природокористування. Випуск. 2 (62). «Сільськогосподарські науки». 2013. С. 175–181.

60. Гончарук В. В. Некоторые характеристики цитотоксичности и генотоксичности водных растворов полигексаметиленгуанидина. *Доповіді НАН України.* 2002. № 3. С. 167–170.

61. Олькова А. С. Биотестирование в научно-исследовательской и природоохранной практике России. *Успехи современной биологии*. 2014. N 6. С. 614–622.

62. Tortajada C. Water Demand Management in Singapore: Involving the Public. *Water Resour Manage*, 2013. Vol. 27. P. 2729–2746.

63. Biedunkova O. Comparative analysis of the sea- sonal dynamics of bioaccumulation of toxicants in different types hydroecosystem. *British Journal of Science, Education and Cultur*e. No. 1 (5). Vol. III. London: London University Press, 2014. 440 p.

64. Genotoxicity evaluation of water soil leachates by Ames test, comet assay, and preliminary Tradescantia micronucleus assay. *Environmental Monitoring and Assessment April*. 2008. Vol. 139 (1-3). P. 107–118.

65. Екологія, здоров'я, безпека. URL : https://www.zaporizhstal.com/vidpovidalnist/zdorovya-bezpeka-ekologiya/ekologiya-zdorovya-bezpeka/

66. Проект нормативів гранично допустимих скидів забруднюючих речовин із зворотними водами у водний об’єкт для ПАТ «Запоріжсталь» Випуск Північний. Запоріжжя : ТОВ НВЦ «Запоріжгідропроект», 2019 р.

67. ПАО «Запорожсталь». Строительство оборотного цикла для улавливания, очистки и возврата сточных вод с территории района

доменных печей (Северный выпуск) в производство : проект. Харьков : ГП «УкрНТЦ» «Энергосталь», 2016. 107 с.

68. Толочко А. И., Славин В. И., Супрун Ю. М., Хайрутдинов Р. М. Утилизация пылей и шламов в черной металлургии. Челябинск : Металлургия, 1990. 152 с.

69. Красавцев Г. Н., Ильичев Ю. И., Кашуба А. И. Рациональное использование и защита водных ресурсов в черной металлургии. Москва : Металлургия, 1989. 288 с.

70. Регламент ОВС. Запоріжжя : ПАТ «Запоріжсталь», 2018. 13 с.

71. Цеховая технологическая инструкция оборотного цикла кислородно-компрессорного цеха, цеха водоснабжения. Запорожье : ПАО «Запорожсталь», 2015. 32 с.

72. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Санітарно-гігієнічні основи спеціальності» (для студентів 3, 4 курсів денної та заочноїформ навчання за напрямами підготовки 6.060103 «Гідротехніка (Водніресурси)», 6.060101 «Будівництво» спеціальностей «Раціональне використанняі охорона водних ресурсів», «Водопостачання та водовідведення») Харк. нац.ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова / уклад.: О.О. Ковальова, О.В. Булгакова. Харків : ХНУМГ, 2014. 46 с.

73. Методика визначення масової конфентрації сухого залишку (розчинених речовин) гравіметричним методом. МВВ №081/12-0109-03. Київ, 2003.

74. СЭВ. Унифицированные методы исследования качества вод. Жесткость. Моска, 1987.

75. Методика виконання вимірювань масової концентрації кальцію та магнію титрометричним методом. МВВ №081/12-0644-09. Київ, 2009.

76. Методика вимірювань масової концентрації хлоридів титриметричним методом. МВВ №081/12-0653-09. Київ, 2009.

77. Методика вимірювань масової концентрації сульфатів гравіметричним методом. МВВ №081/12-0007-01. Київ, 2002.

78. Методика выполнения измерений массовой концентрации нефтепродуктов в воде автоматическим анализатором «Микран». МВВ №081/12-57-00. Одесса, 2000.

79. Методика вимірювань масової концентрації амоній-іонів фотоколориметричним методом з реактивом Неслера. МВВ №081/12-0106-03. Київ, 2003.

80. Методика фотометричного визначення нітрит-іонів з реактивом Грісса в поверхневих та очищених стічних водах. КНД 211.1.4.023-95.

81. Методика вимірювань масової концентрації нітрат-іонів фотоколориметричним методом. МВВ №081/12-0651-09. Київ, 2009.

82. Методика вимірювань масової концентрації заліза загального фотоолориметричним методом з роданідом. МВВ №081/12-0175-05. Київ, 2005.

83. Методика виконання вимірювань хімічного споживання кисню біхроматним окисленням. МВВ №081/12-0019-01.

84. Методика виконання вимірювань біохімічного споживання кисню. МВВ №081/12-0014-01.

85. Методика виконання вимірювань масової концентрації розчиненого кисню методом йоодометричного титрування за Вінклером. МВВ №081/12-0008-01. Київ, 2002.

86. Методика виконання вимірювань масової концентрації роданідів фотоколориметричним методом. МВВ №081/12-0313-06. Київ, 2006.

87. Горова А. І. Біоіндикація. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт студентами напряму 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». Дніпропетровськ : Національний гірничий університет, 2014. 76 с.

88. Дударєва Г. Ф., Дубова О. В., Войтович О. М. Фітоіндикація навколишнього середовища: навчально-методичний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра напрямів підготовки «Біологія», «Екологія,

охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». Запоріжжя : ЗНУ, 2016. 91 с.

89. Бешлей З. М., Бешлей С. В., Баранов В. І., Терек О. І. Використання рослинних тест-систем для оцінки токсичності техногенно забруднених субстратів. *Вісник Харківського національного аграрного університету*. Харків, 2014. Вип. 1. С. 97–102.

90. Савченко П. С., Дятловицкая Ф. Г., Ярошенко В. А., Альбова Е. А. Методы химического и микробиологического анализа воды. Киев : Госмедиздат УССР, 1961. 198 с.

91. Черниш Є. Ю. Методичні вказівки до лабораторних занять із дисципліни «Біотехнології» за темою «Біоіндикація та біотестування стану навколишнього середовища». Суми : Сумський державний університет, 2015. 29 с.

92. Туровцев В. Д., Краснов В. С. Биоиндикация : учеб. пособие. Тверь : Твер. гос. ун-т, 2004. 260 с.

93. Лисовицкая О. В., Терехова В. А. Фитотестирование: основные методы, проблемы лабораторного метода и современные решения. *Доклады по экологическому почвоведению*. 2010. Том 1, №13. С. 1–18.

94. Czerniawska-Kusza I., Ciesielczuk T., Kusza G., Cichon A. Comparison of the Phytotoxkit microbiotest and chemical variables for toxicity evaluation of sediments. *Environmental Toxicology.* 2006. Vol. 21. P. 367–372.

95. Лыгин С. А., Плотникова А. А. Влияние химического состава на прорастание семян огурца. *Инновации в науке.* Новосибирск, «СибАК», 2017. № 4 (65). С. 5–7.

96. Инструкция по охране труда для лаборанта химического анализа № 60.02. 2017 г.

97. Винокурова Л. Е. Васильчук М. В., Гаман М. В. Основи охорони праці. Київ : Наук. думка, 2001. 289 с.

98. Лунячек В. Є. Охорона праці і пожежна безпека в закладах освіти. Харків: Гімназія, 2000. 123 с.

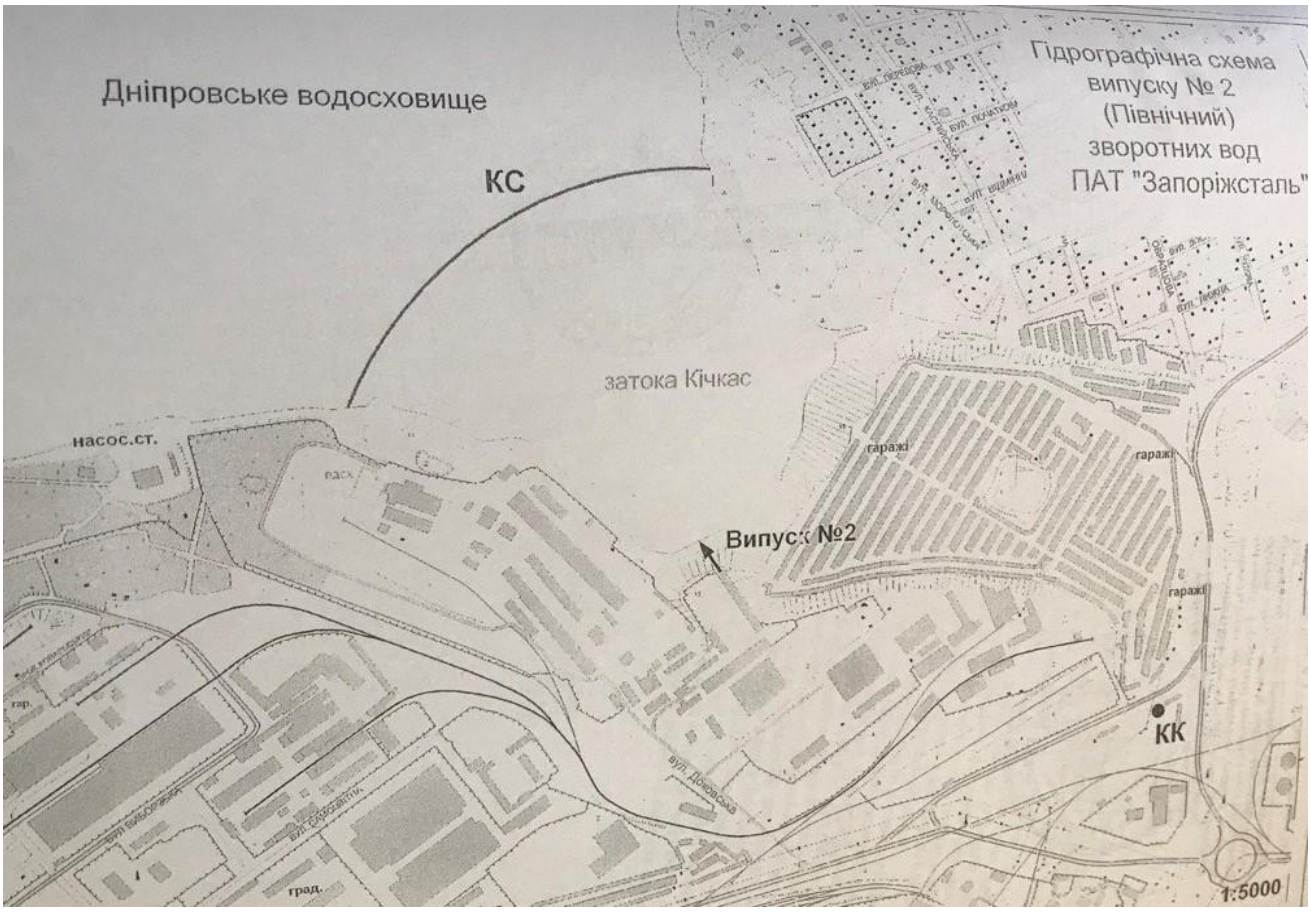
99. Трахтенберг І. М., Коршун М. М., Чебанова О. В. Гігієна праці та виробнича санітарія. Київ : Либідь, 1997. 62 с.

100. Правила пожежної безпеки в Україні / Під ред. Л. Е. Вінокурова. Київ : Укрархбудінформ, 1995. 195 с.

# ДОДАТКИ

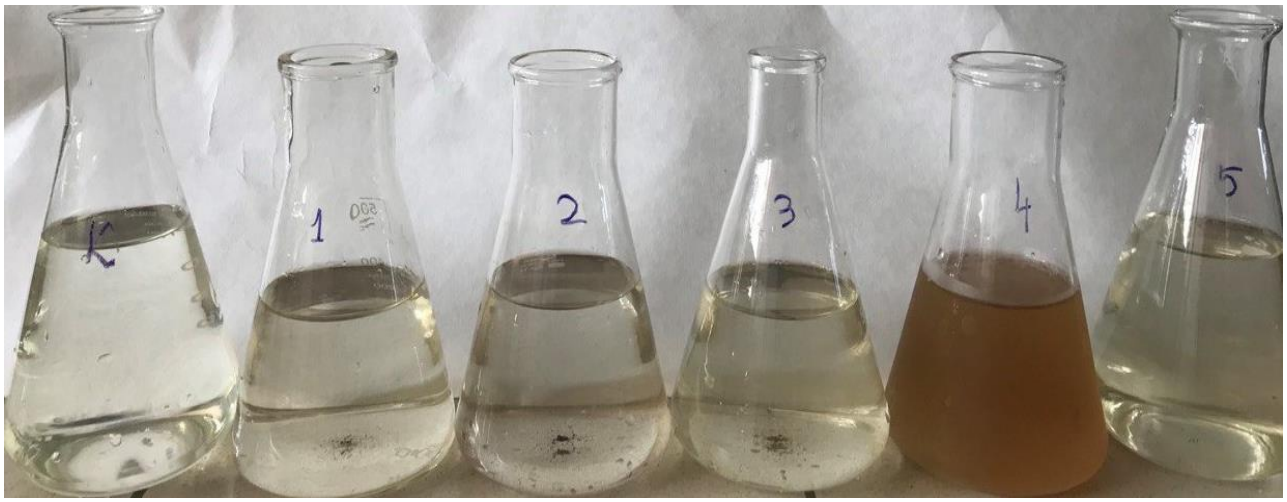
## Додаток А

Гідрографічна схема випуску №2 (Північний) зворотних вод ПАТ «Запоріжсталь»



Додаток Б

Проби зворотних вод Північного випуску, відібраних для аналізу



Додаток В

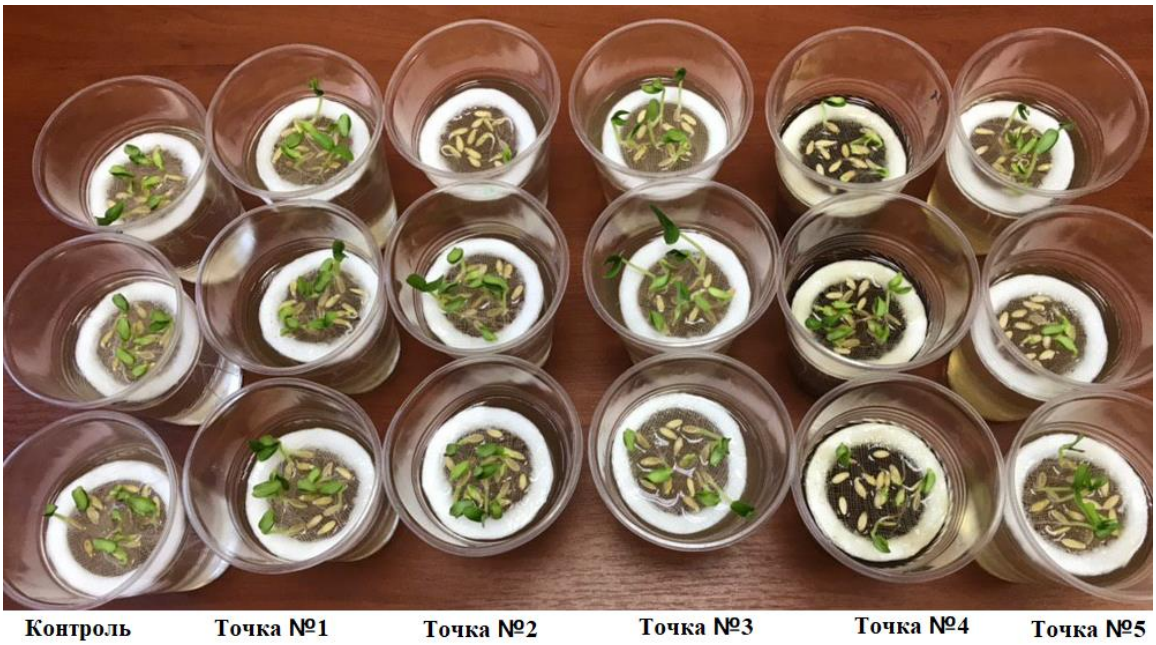
Нормативи ГДС для зворотних вод ПАТ «Запоріжсталь»

| Найменування речовини | Допустима концентрація, мг/л |
|---|---|
| Азот амонійний | 0,7400 |
| $БПК_5$ | 3,500 |
| Залізо загальне | 0,3000 |
| Кальцій | 74,1500 |
| Магній | 20,6700 |
| Мінеральний склад | 450,000 |
| Нафтопродукти | 0,2500 |
| Нітрати | 4,1000 |
| Нітрити | 0,5800 |
| Роданіди | 0,1500 |
| Сульфати | 89,7000 |
| Хлориди | 67,0000 |
| ХПК | 38,0000 |
| Завислі речовини | 12,0000 |

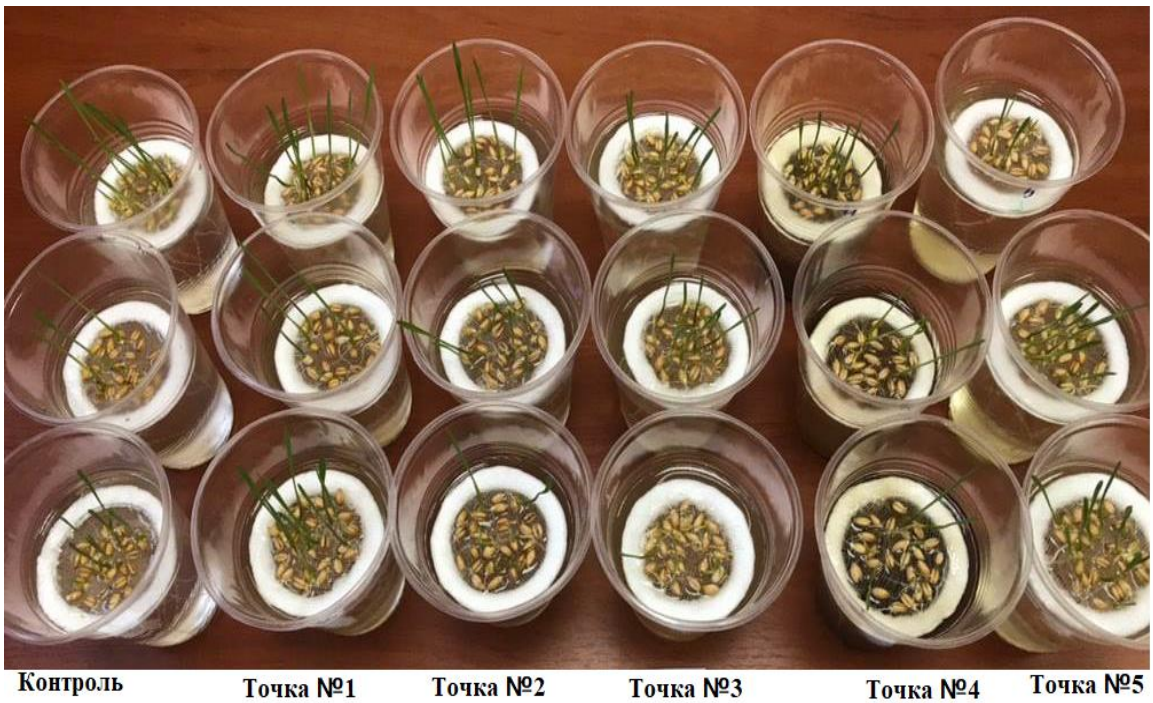
Додаток Г

Схожість тест-рослин *Cucumis sativus* L. і *Triticum aestivum* L.

на 4-й день експерименту




*Cucumis sativus* L.

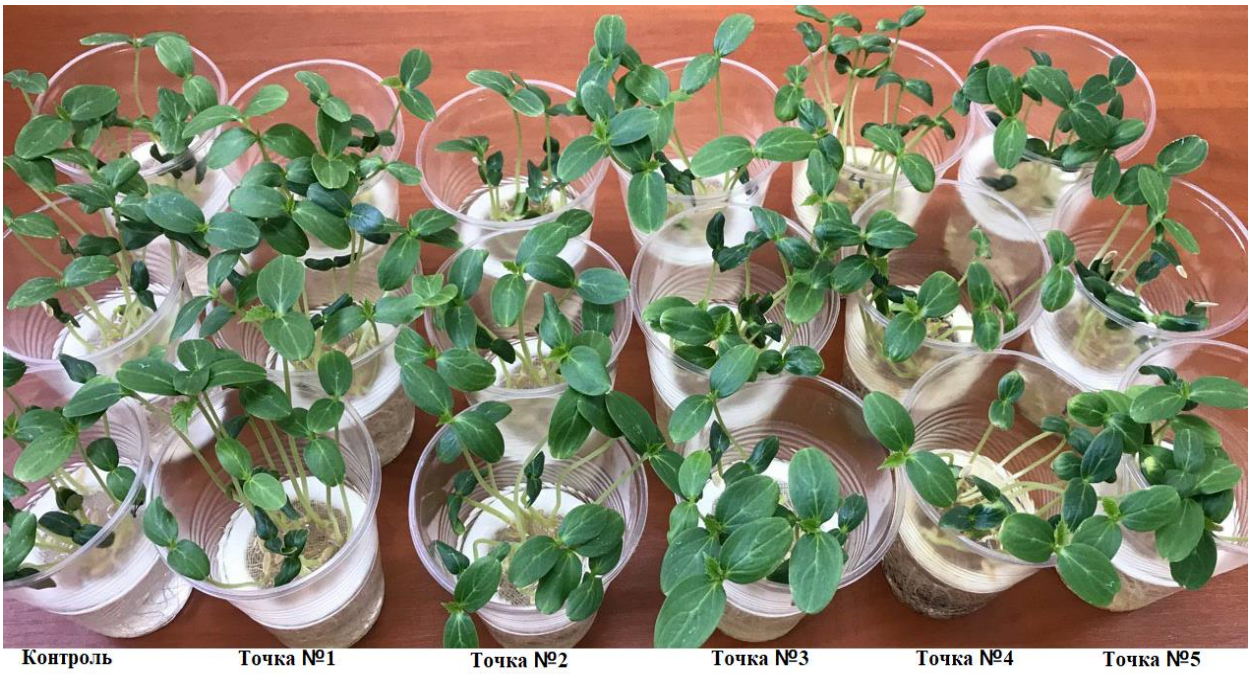



*Triticum aestivum* L.

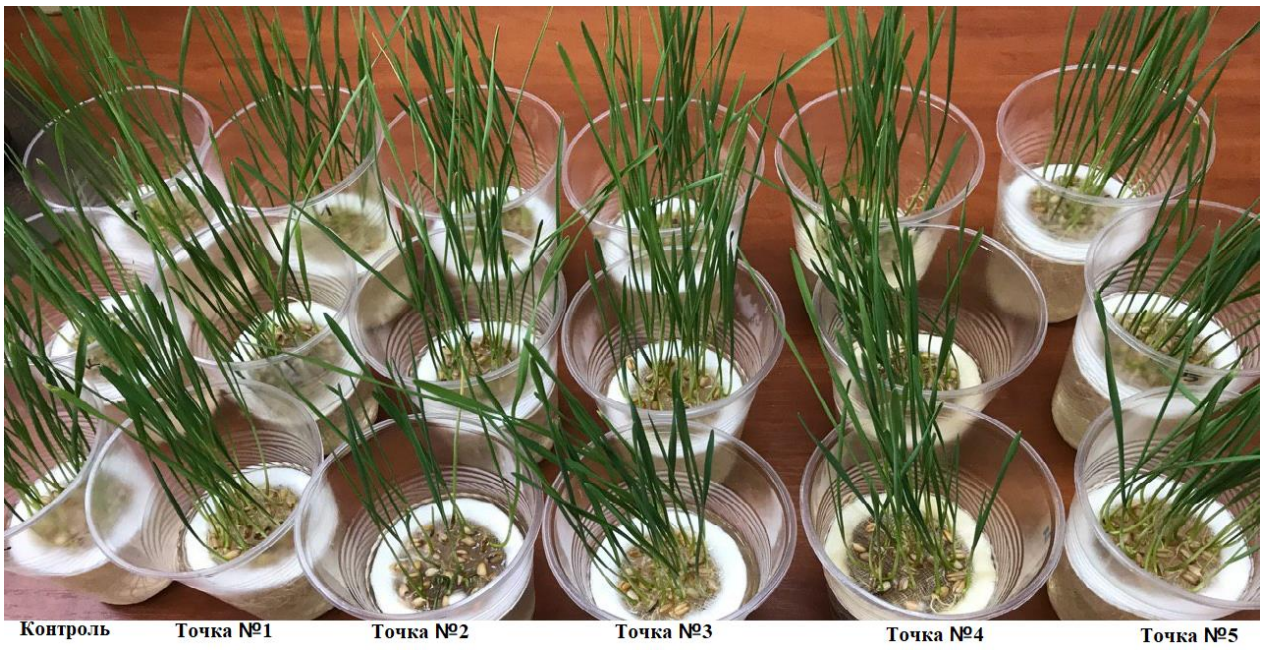
Додаток Д

Схожість тест-рослин *Cucumis sativus* L. і *Triticum aestivum* L.

через 10 днів експерименту



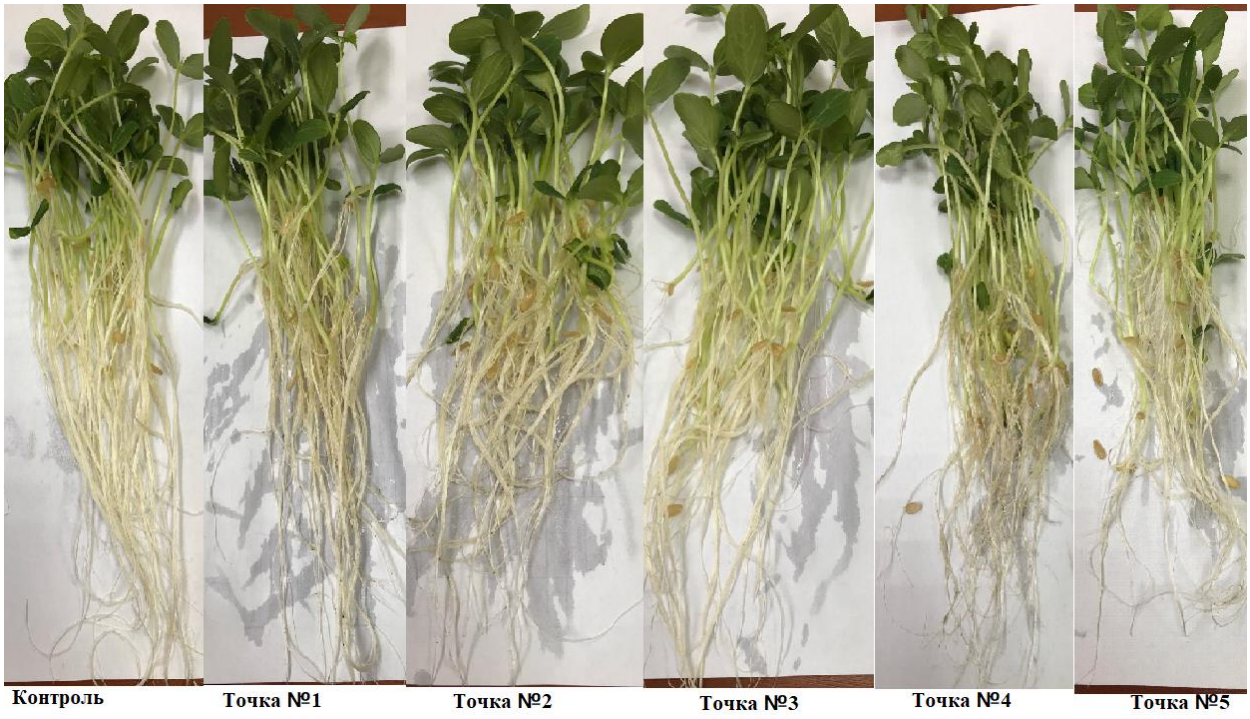

*Cucumis sativus* L.



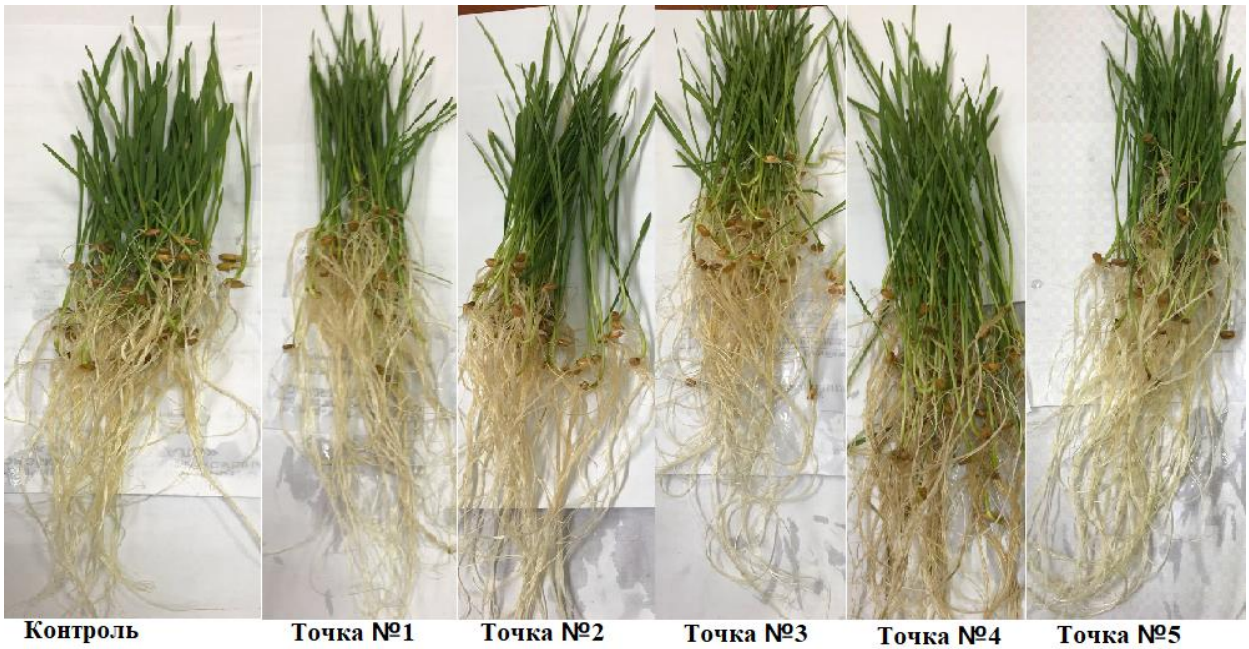

*Triticum aestivum* L.

Додаток Е

Довжина стеблової та кореневої системи тест-культур через 10 днів експерименту




*Cucumis sativus* L.




*Triticum aestivum* L.