



**«Розробка новітніх технологій біотестування для оцінки токсичності та ідентифікації класу забруднюючих речовин, що потрапляють у водні об'єкти внаслідок воєнних дій»**

**Володимир ЮРИШИНЕЦЬ,**  
заступник директора з наукової роботи  
Інституту гідробіології НАН України,  
д.б.н., професор

Інститут гідробіології НАН України



# Водні ресурси України під ризиком воєнних дій

Близько **63 000** річок  
(великих – 9, середніх – 87);  
Понад **20 000** озер  
**1095** водосховищ,  
8 з яких крупних  
(6 на Дніпрі та 2 на Дністрі);  
49444 ставків

!!!!!!

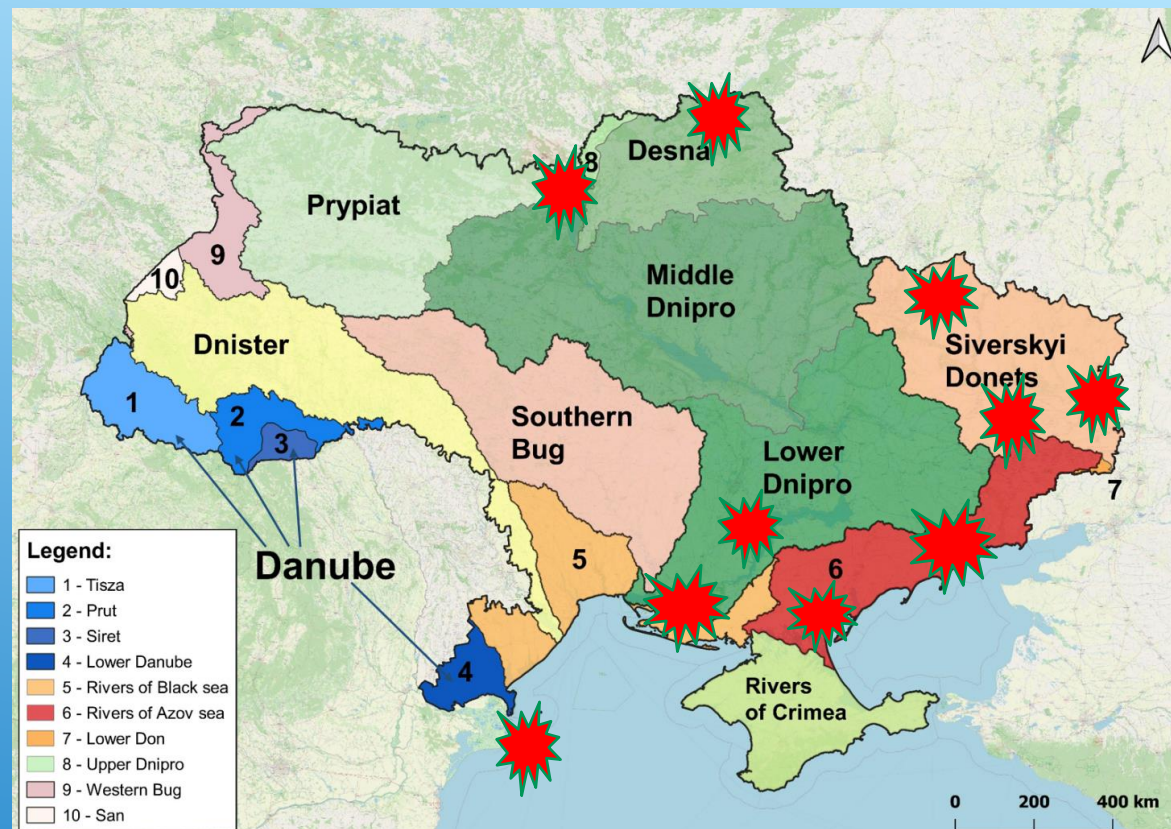
**50 569** гребель

близько **2 400** км захисних дамб

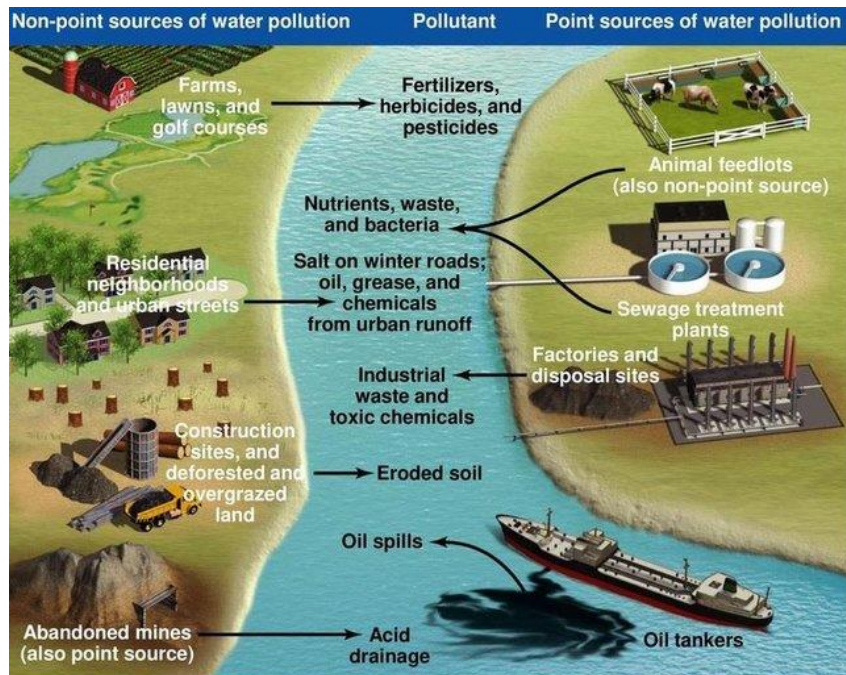
більше **1000** міських очисних

споруд

близько **500** хвостосховищ



# ГЛОБАЛЬНА ПРОБЛЕМА ЗАБРУДНЕННЯ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЇ ЗАБРУДНЮВАЧІВ



## Точкові та дифузні джерела забруднення

Непередбачуваний вплив воєнних дій

За приблизними оцінками на даний момент близько **100 тисяч** хімічних речовин використовуються щодня, а понад **50 мільйонів** хімічних речовин відомі та зареєстровані, зокрема, у реєстрах Хімічної Реферативної Служби (Chemical Abstracts Service, CAS).



Solutions ▾

## CAS REGISTRY®

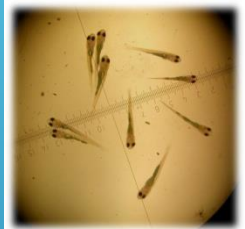
CAS REGISTRY, the CAS substance collection, is the premier source relied upon by scientists, manufacturers, regulators, and data scientists worldwide for accurate information on chemical substances.

Contact us

Комплексний хімічний моніторинг усіх цих хімічних речовин разом із величезною кількістю їхніх побічних продуктів і продуктів трансформації неможливий, і не вельми дієвий через обмежену доступність даних про вплив кожної речовини

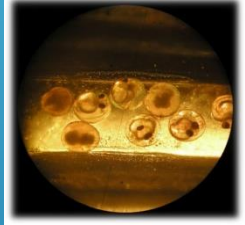
# Дослідження токсичності поверхневих і стічних вод, донних відкладів, твердих відходів та біологічно активних препаратів сільськогосподарського призначення.

А.с. № 1688813, А.с. № 49392051, Патент України № 3962

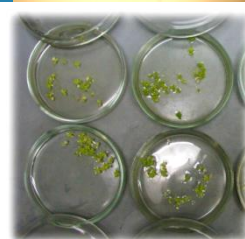


Дослідження проводяться на:

різних етапах онтогенезу риб: доросла риба, личинка, ікра (*Brahidanio rerio*, *Poecillia reticulata*, *Carasius auratus*);



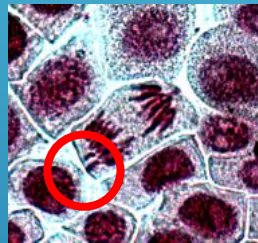
ракоподібних *Daphnia magna*, *Ceriodaphnia affinis*;



вищих водяних рослинах *Lemna minor*;



мікроводоростях *Scenedesmus quadricauda*



Дослідження генотоксичності: на апікальній меристемі корінців *Allium cepa*, *Lactuca sativa*



Досліди з цільними донними відкладами на *Chironomus riparius*



# Зруйнована дамба між р. Ірпінь та Київським ВОДОСХОВИЩЕМ

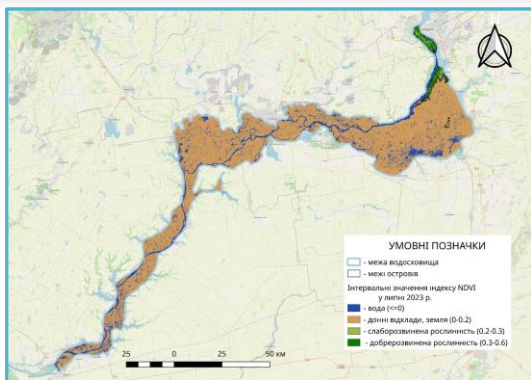


## Біотестування річок басейну р. Ірпінь (квітень 2024 р.)

<i>Станції відбору проб</i>	<i>Екологічний стан / висновок про токсичність</i>	
	<i>Вода</i>	<i>Донні відклади</i>
Ірпінь, виток	Добрий/Не токсично	Добрий/Не токсично
Буча на трасі М 06	Добрий/Не токсично	Недосягнення доброго / Помірно токсично
Бучанське водосховище	Недосягнення доброго / Помірно токсично	Недосягнення доброго/Токсично
р. Буча нижче водосховища	Добрий / Не токсично	Недосягнення доброго/ Помірно токсично
гірло р. Буча	Недосягнення доброго / Помірно токсично	Недосягнення доброго/Токсично
Ірпінь с. Стоянка	Добрий/Не токсично	Недосягнення доброго / Помірно токсично
Ірпінь с. Княжичі	Добрий/Не токсично	Добрий/Не токсично
гірло р. Рокач	Недосягнення доброго/ Помірно токсично	Недосягнення доброго/Токсично
р. Ірпінь с. Червоне	Добрий/Не токсично	Недосягнення доброго / Помірно токсично
р. Ірпінь с. Димидів	Недосягнення доброго / Помірно токсично	Недосягнення доброго/Токсично
Ірпінь с. Гута-Межигірська	Добрий/Не токсично	Недосягнення доброго / Помірно токсично
Ірпінь (Романівський міст)	Добрий/Не токсично	Недосягнення доброго / Помірно токсично
Ірпінь, нижче Гостомельського мосту)	Недосягнення доброго / Помірно токсично	Недосягнення доброго/Токсично
р. Горенка	Добрий/Не токсично	Добрий/Не токсично
оз. Блакитне	Добрий/Не токсично	Добрий/Не токсично
р. Мощунка	Добрий/Не токсично	Недосягнення доброго / Помірно токсично

# Характеристика води Р. Дніпро в районі м. Херсон за результатами біотестування

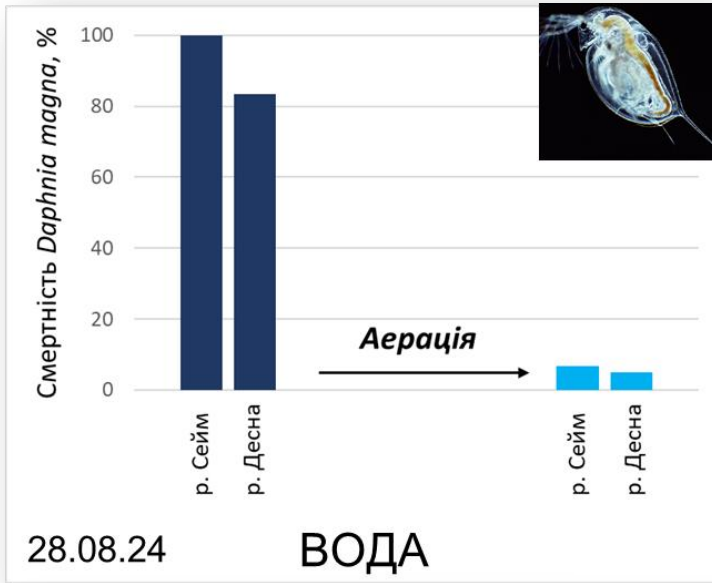
## КАХОВСЬКА КАТАСТРОФА



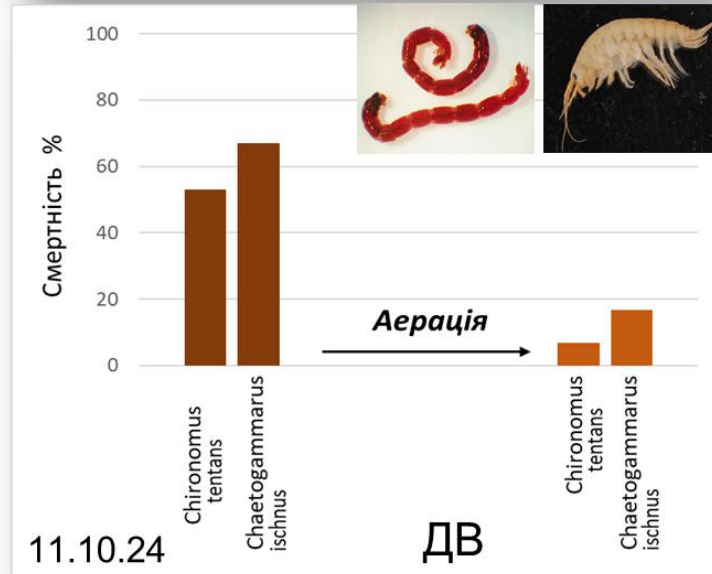
Дата	Місце відбору проби	Обробка проб	Смертність <i>Ceriodaphnia affinis</i> , %	Смертність <i>Daphnia magna</i> , %	Висновок про токсичність
12.06.2023	Херсон «Гідропарк»	Нативна	100	63,3	Гостро токсична
14.06.2023	Херсон вул. Стеблівська	Нативна	53,3	30,0	Гостро токсична
		Фільтрована 3–5 мкм	23,3	13,3	Помірно токсична
14.06.2023	Річпорт	нативна	60,0	33,3	Гостро токсична
		Фільтрована 3–5 мкм	26,7	13,3	Помірно токсична
14.06.2023	300 м. нижче причалу «Гідропарк»	Нативна	63,3	36,6	Гостро токсична
		Фільтрована 3–5 мкм	20,0	13,3	Помірно токсична
20.06.2023	Так само	Нативна	10,0	6,6	Не токсична
17.07.2023	Так само	Нативна	13,3	10,0	Не токсична
25.07.2023	Так само	Нативна	13,3	6,6	Не токсична
07.08.2023	Так само	Нативна	6,6	6,6	Не токсична
07.08.2023	Система питного водопостачання м. Херсон	Нативна	0	0	Не токсична
07.08.2023	Так само	Очищення засобами фільтрації	0	0	Не токсична
10.08.2023	300 м. нижче причалу «Гідропарк»	Нативна	13,3	6,6	Не токсична
17.08.2023	Так само	Нативна	10,0	6,6	Не токсична
29.08.2023	Так само	Нативна	6,6	0	Не токсична

# Забруднення Сейму та Десни (2024)

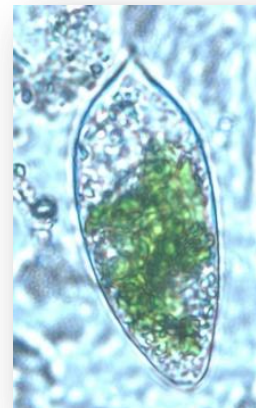
## Оцінка токсичності проб води і донних відкладів



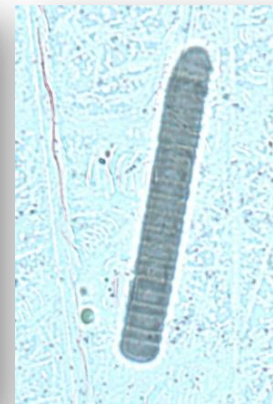
Загибель гідробіонтів (забруднення річок Сейм та Десна). Фото val.ua



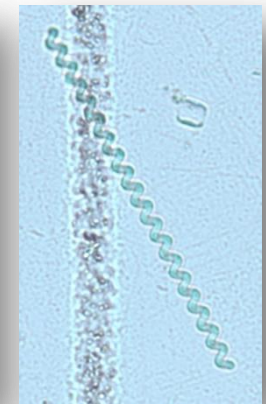
Водорості – індикатори органічного забруднення



*Euglena* sp.



*Oscillatoria* sp.



*Spirulina* sp.



# Проект НФДУ «Розробка уніфікованої тест-системи для оцінки токсичності та ідентифікації класу забруднюючих речовин, що потрапляють у водні об'єкти внаслідок воєнних дій» (конкурс Наука для зміцнення обороноздатності України)

**Мета:** на основі створення технології комплексної оцінки токсичності та ідентифікації класу забруднюючих речовин розробити прототип компактної лабораторії з біотестування води та донних відкладів водних об'єктів, у тому числі джерел водопостачання, які зазнають непередбачуваного негативного впливу, включно з воєнними діями.

## **Завдання:**

- 1) апробація методів, вибір найбільш оптимальних тест-об'єктів та умов проведення дослідження із використанням маркерних забруднювачів різних класів;
- 2) побудова алгоритму проведення комплексної оцінки. Попередня верифікація на маркерних забруднювачах.
- 3) Пошук технологічних рішень оптимізації апаратно-ресурсної організації мінілабораторії.
- 4) Апробація технології із використанням обраних технологічних рішень. Верифікація технології на маркерних забруднювачах та зразках води і донних відкладів з водних об'єктів, які зазнають забруднення речовинами різних класів.
- 5) Апробація роботи прототипу мінілабораторії та валідація технології комплексної оцінки спільно з потенційними кінцевими споживачами інноваційного продукту.

# Підбір чутливих тест-об'єктів

## Планктонти

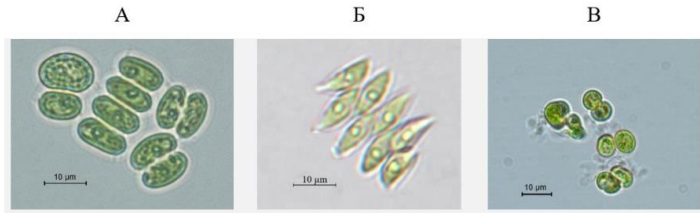


Рисунок 3 – Культури зелених мікроводоростей *D. brasiliensis* (А), *T. dimorphus* (Б) та *Ch. vulgaris* (В)

## Бентонти



Рисунок 2.6 – Зовнішній вигляд *Chaetogammarus ischnus* в лабораторній культурі (фото авторів)

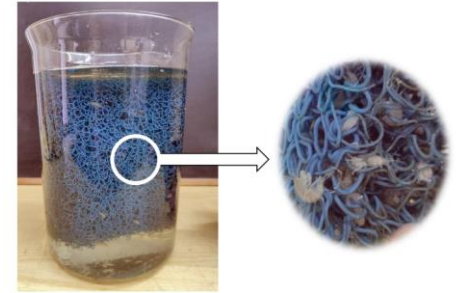


Рисунок 2.8 – Утримання культури *Chaetogammarus ischnus* в лабораторних умовах

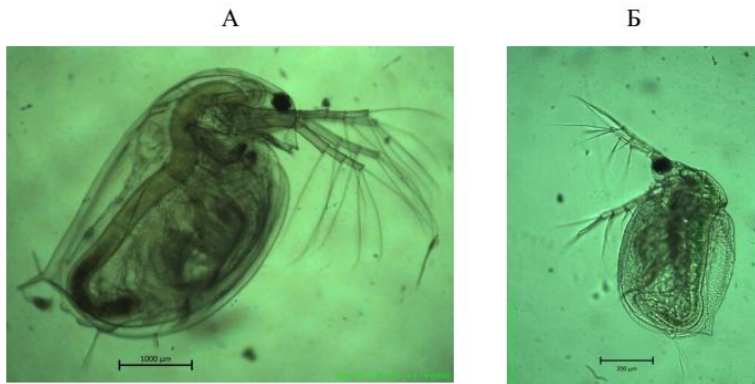


Рисунок 2.1 – Гіллястовусі ракоподібні у лабораторній культурі: *Daphnia magna* (А), *Ceriodaphnia affinis* (Б) (фото авторів)

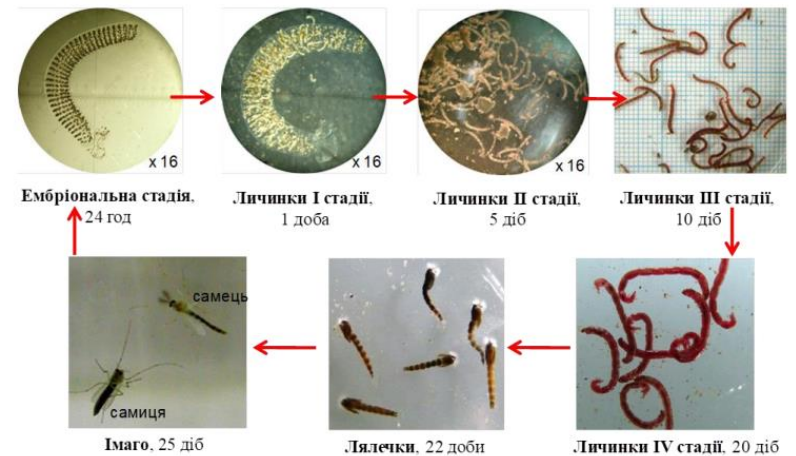
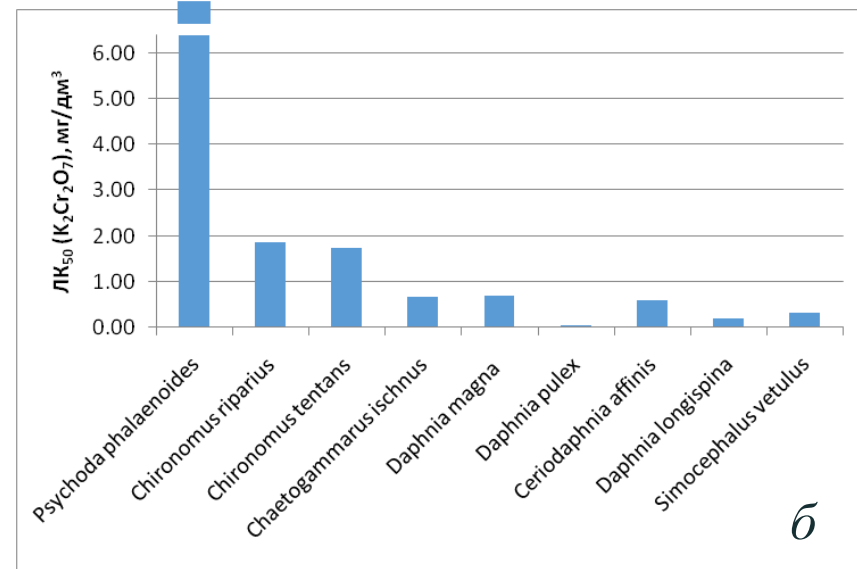
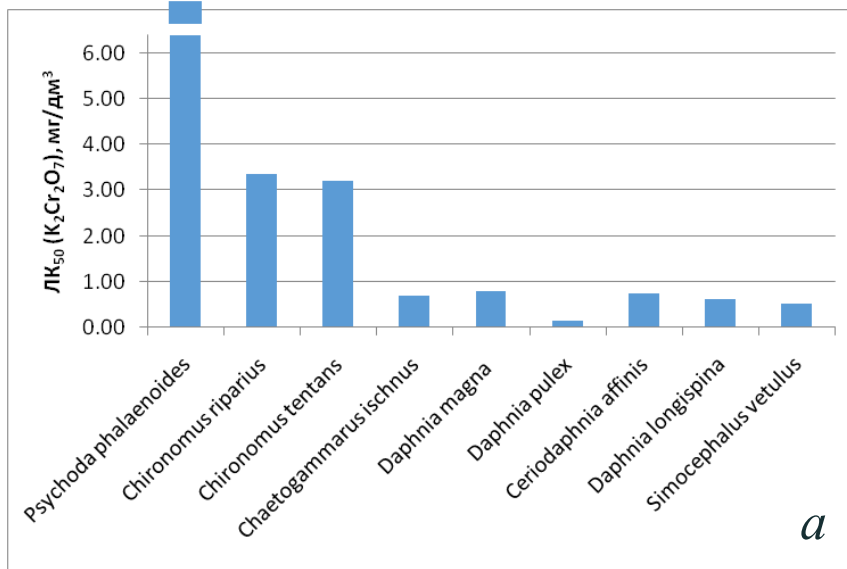
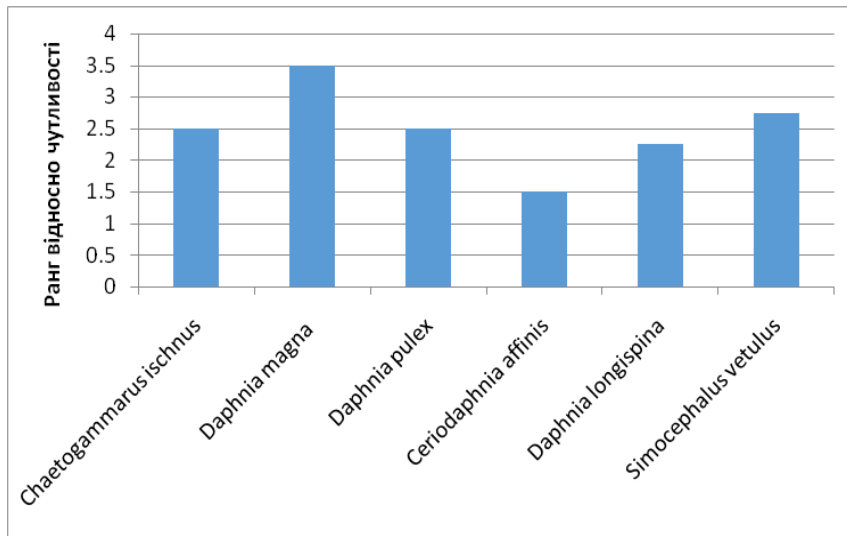


Рисунок 2.9 – Життєвий цикл *Chironomus riparius* (Гончарова та ін. 2019)

# Чутливість біотестів



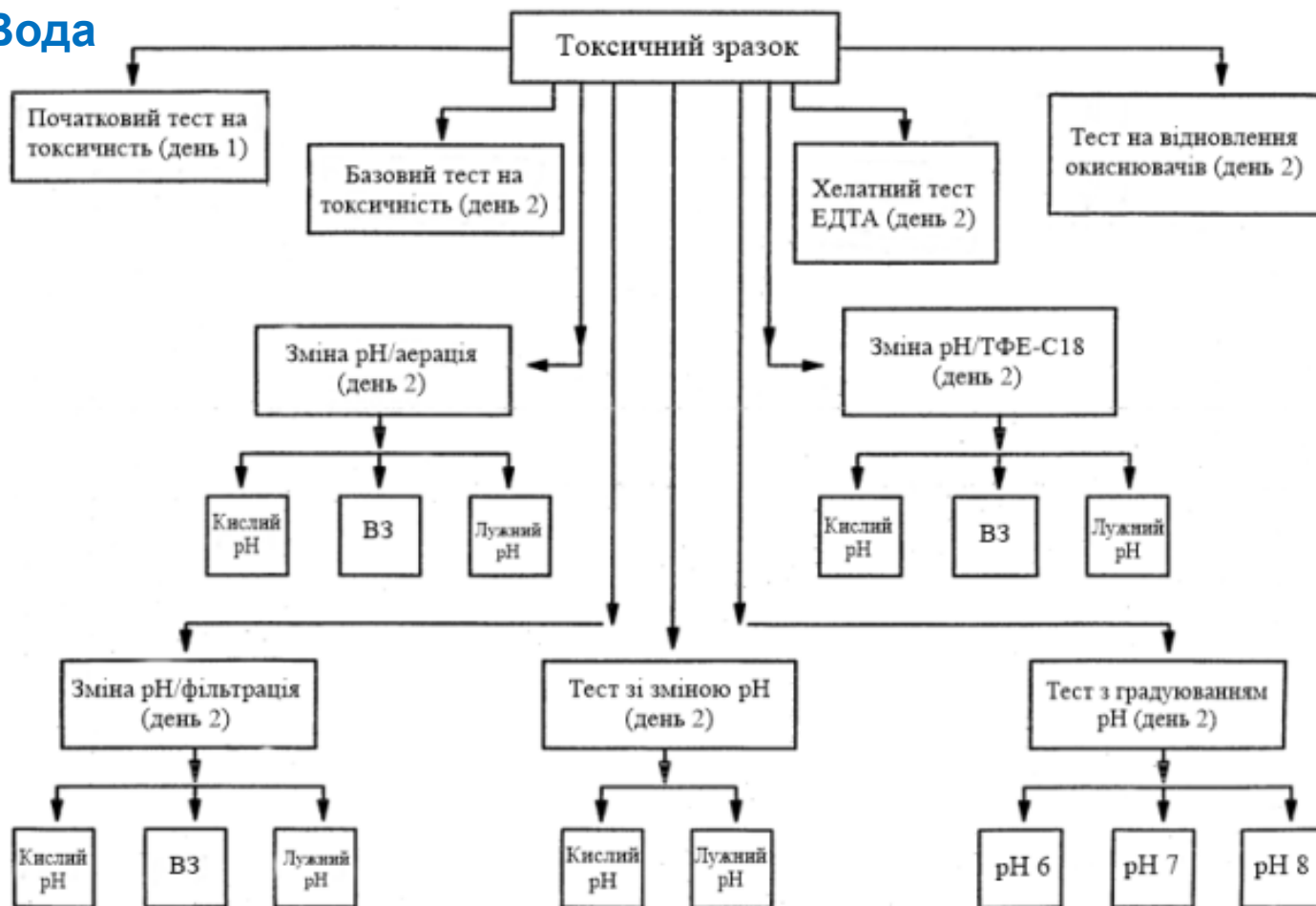
Величина ЛК<sub>50</sub><sup>24</sup> відносно K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> за 24 (а) та 48 (б) годин експозиції



Усереднений ранг досліджених видів ракоподібних відносно їхньої чутливості до маркерних забруднювачів (фенол, тринітрофенол, Pb<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>). Менше значення свідчить про вищу чутливість.

# Застосування методичних прийомів ТІЕ (Toxicity Identification Evaluation – Оцінка ідентифікації токсичності)

Вода



Примітка. V3 – рН вихідного зразка

Рисунок 4.1 – Схема проведення Фази I ТІЕ для поверхневих і стічних вод  
(приведено за EPA-600/6-91/003)

# Застосування методичних прийомів ТІЕ (Toxicity Identification Evaluation – Оцінка ідентифікації токсичності)

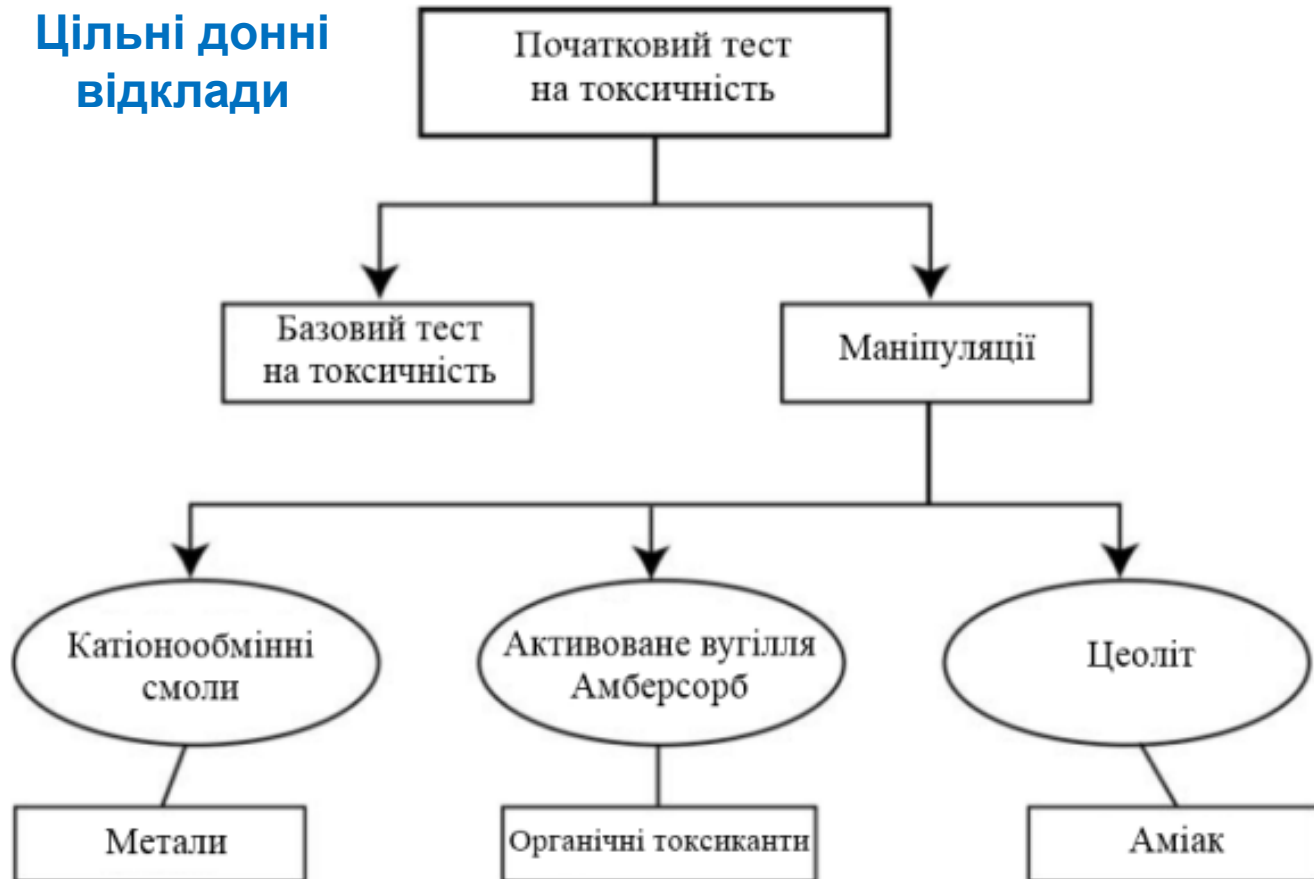
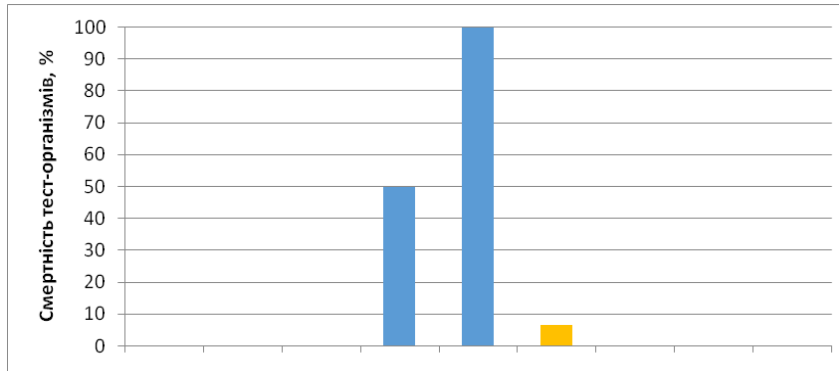


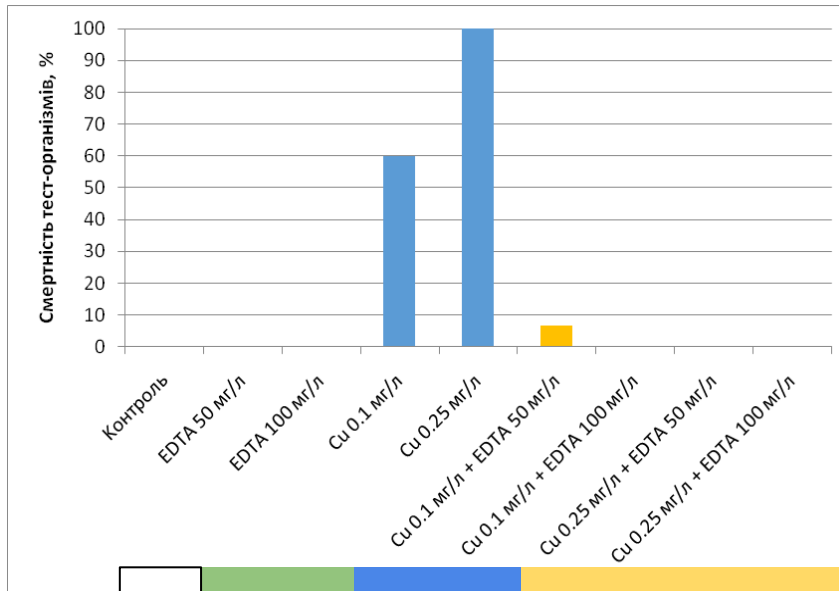
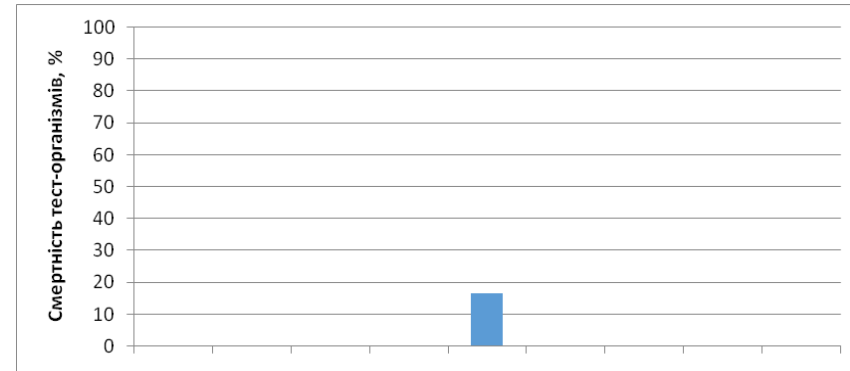
Рисунок 4.3 – Схема проведення ТІЕ-Фаза I для цільних прісноводних донних відкладів (приведено за EPA/600/R-07/080)

# Хелатний тест ЕДТА зі зразками води (модельний експеримент)

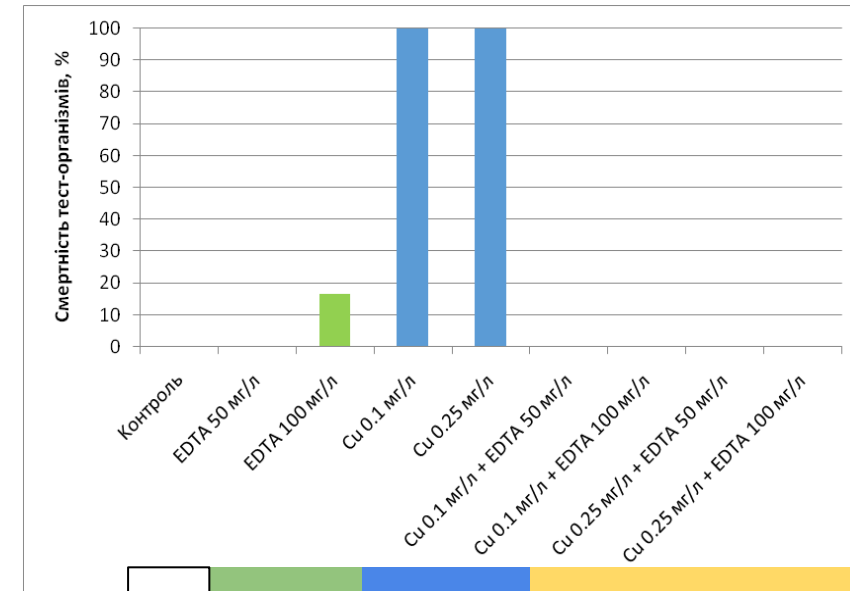
- Контроль (чиста вода)
- Холостий дослід (маніпуляція без додавання маркерного токсиканту)
- Позитивний контроль (додавання маркерного токсиканту)
- Дослід (результат проведення маніпуляції з маркерним токсикантом)



24 год експозиції



48 год експозиції

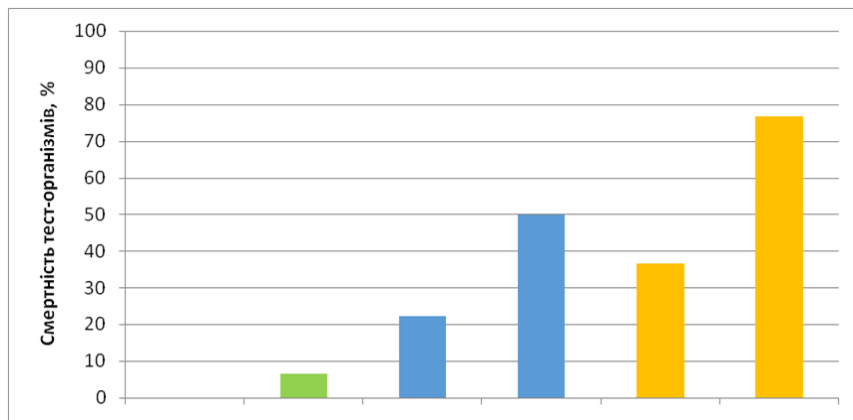


Смертність *Daphnia pulex*

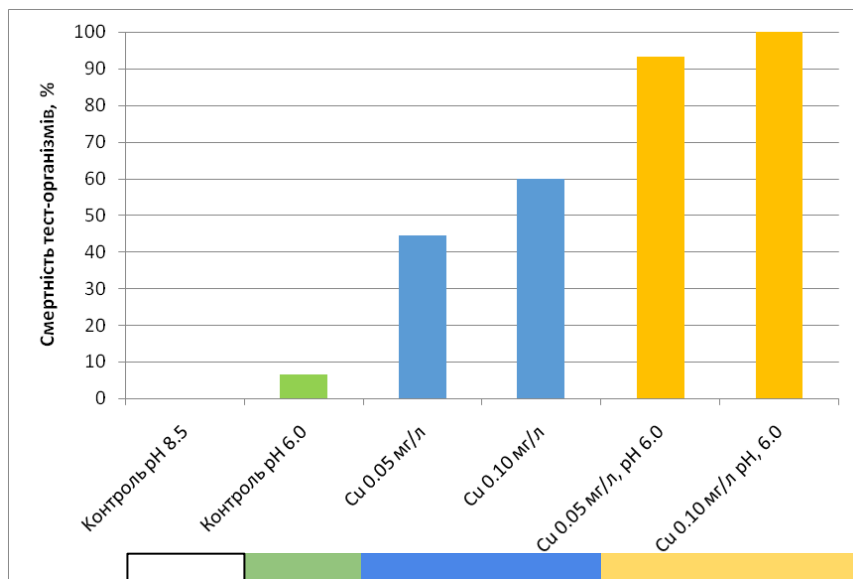
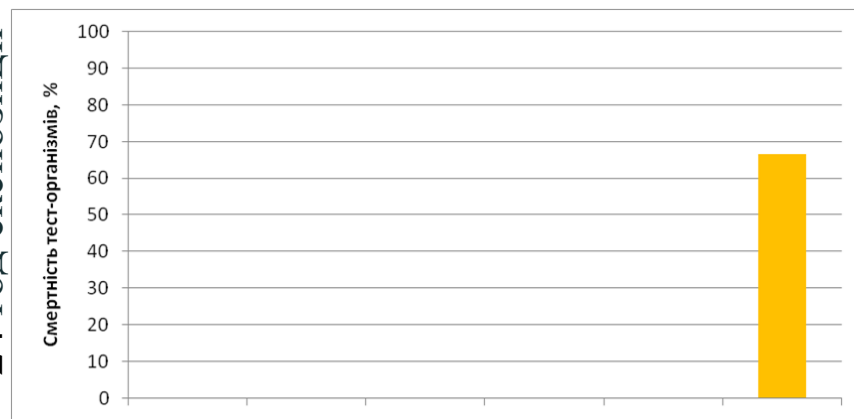
Смертність *Chaetogammarus ischnus*

# Тест з градуйованим рН зі зразками води (модельний експеримент)

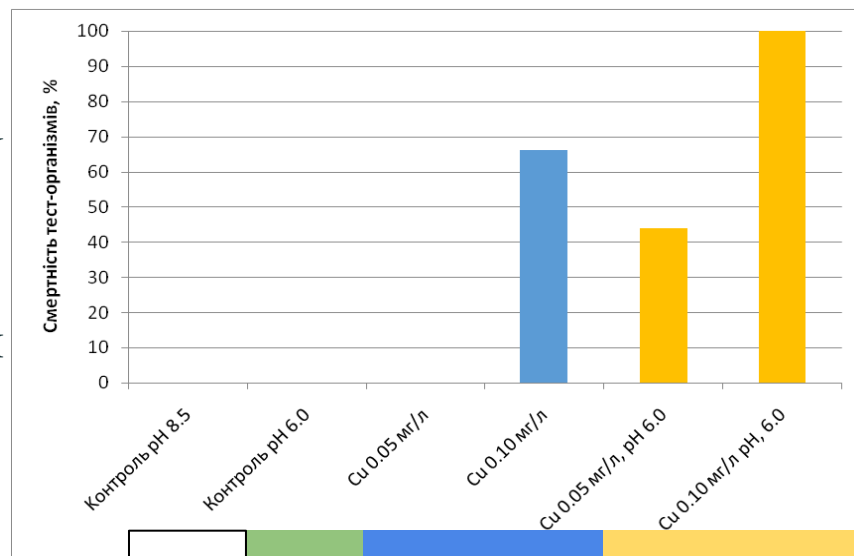
- Контроль (чиста вода)
- Холостий дослід (маніпуляція без додавання маркерного токсиканту)
- Позитивний контроль (додавання маркерного токсиканту)
- Дослід (результат проведення маніпуляції з маркерним токсикантом)



24 год експозиції



48 год експозиції

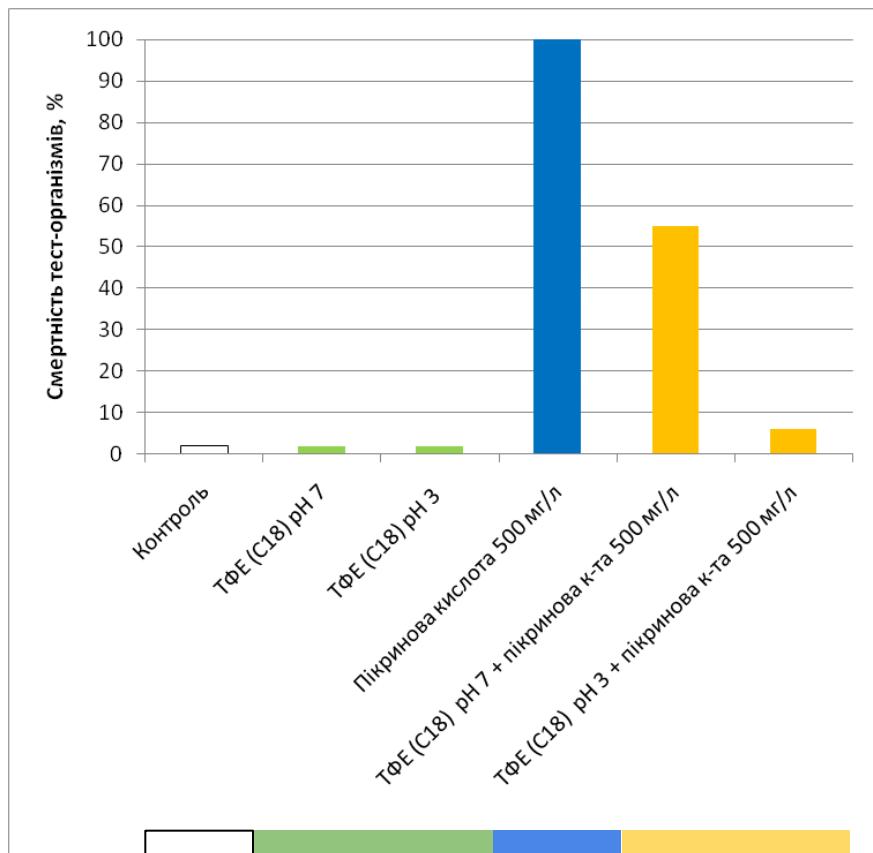


Смертність *Daphnia pulex*

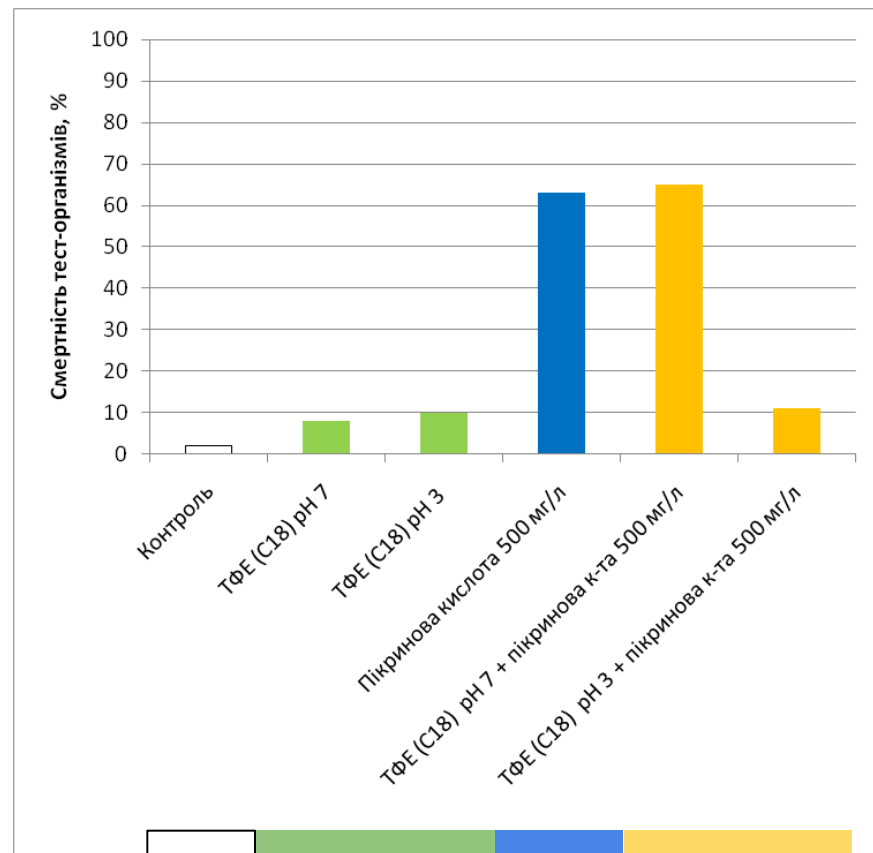
Смертність *Chaetogammarus ischnus*

# Тест з твердофазною екстракцією (С18) органічних забрудників з градуйованим рН зі зразками води (модельний експеримент)

- Контроль (чиста вода)
- Холостий дослід (маніпуляція без додавання маркерного токсиканту)
- Позитивний контроль (додавання маркерного токсиканту)
- Дослід (результат проведення маніпуляції з маркерним токсикантом)



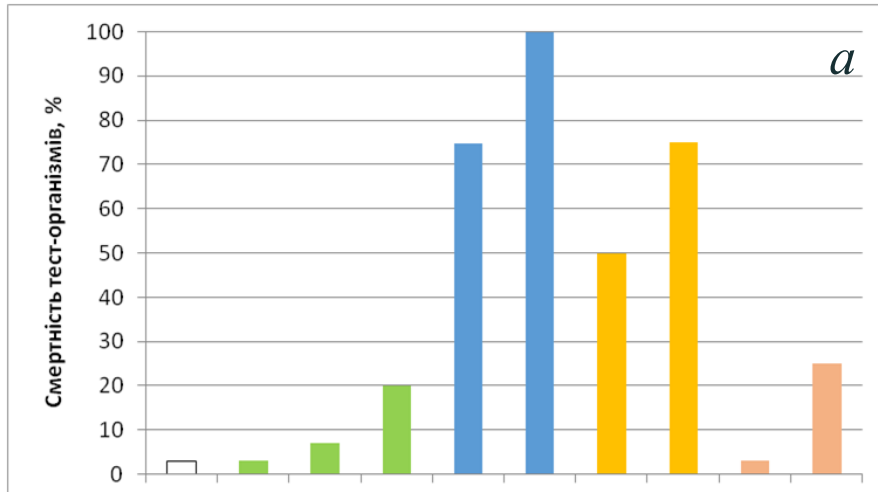
*Daphnia pulex*



*Chaetogammarus ischnus*

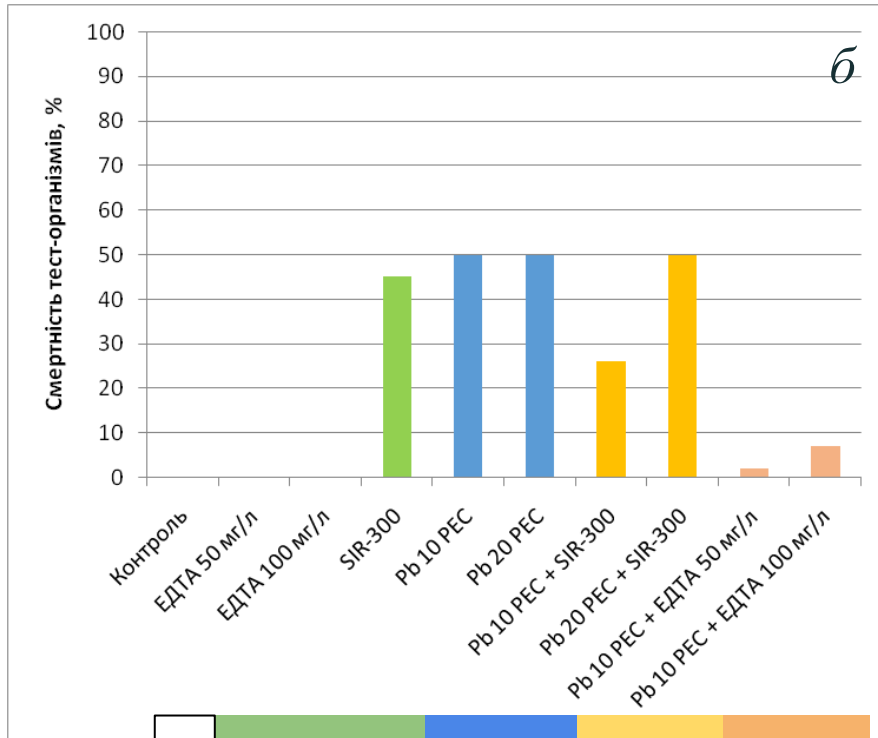


# Хелатний тест на катіонообмінній смолі SIR-300 та ЕДТА зі зразками цільних донних відкладів (модельний експеримент)



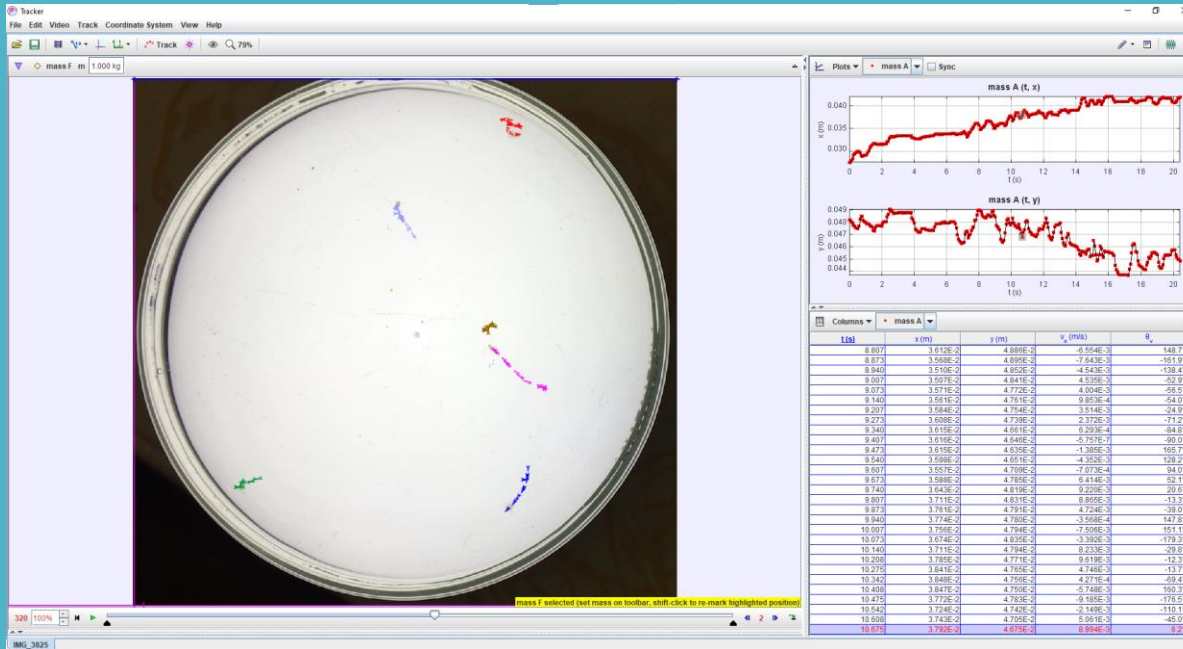
- Контроль (чистий субстрат)
- Холостий дослід (маніпуляція без додавання маркерного токсиканту)
- Позитивний контроль (додавання маркерного токсиканту)
- Дослід (результат проведення маніпуляцій з маркерним токсикантом)

Probable effect concentration (PEC) Pb<sup>2+</sup> 128 мг/кг сухої ваги ДВ

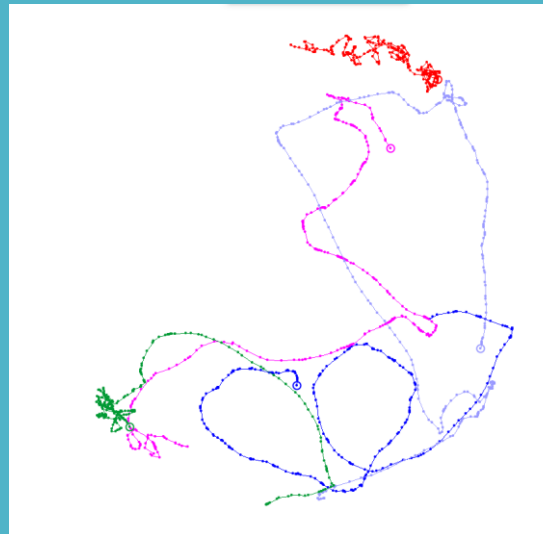


Смертність *Chaetogammarus ischnus* (a) та *Chironomus tentans* (б) за концентрації п्लумбуму 10 і 20 PEC

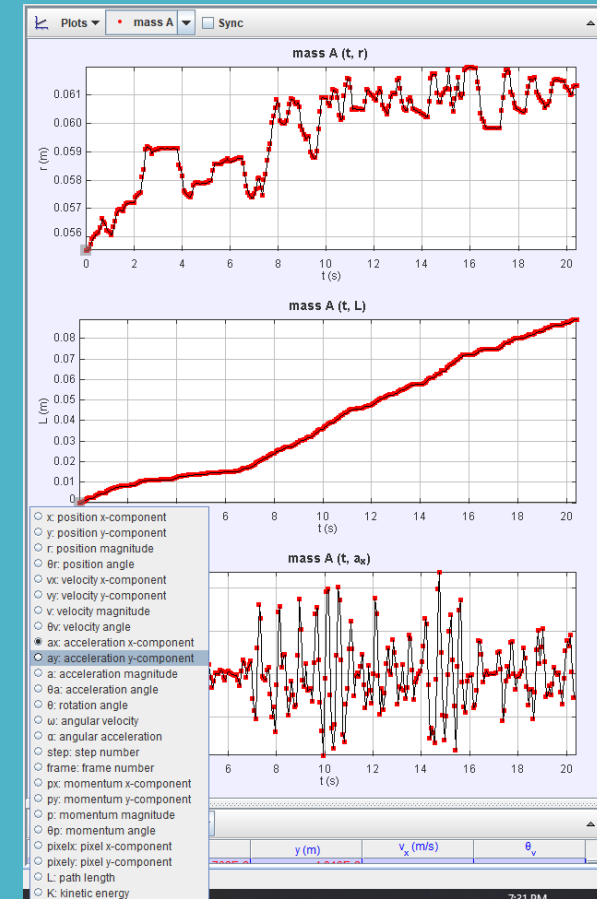
# Напів-автоматичний метод визначення параметрів руху *Daphnia magna* у програмі Tracker 6.3.0



Загальний вигляд інтерфейсу програми Tracker

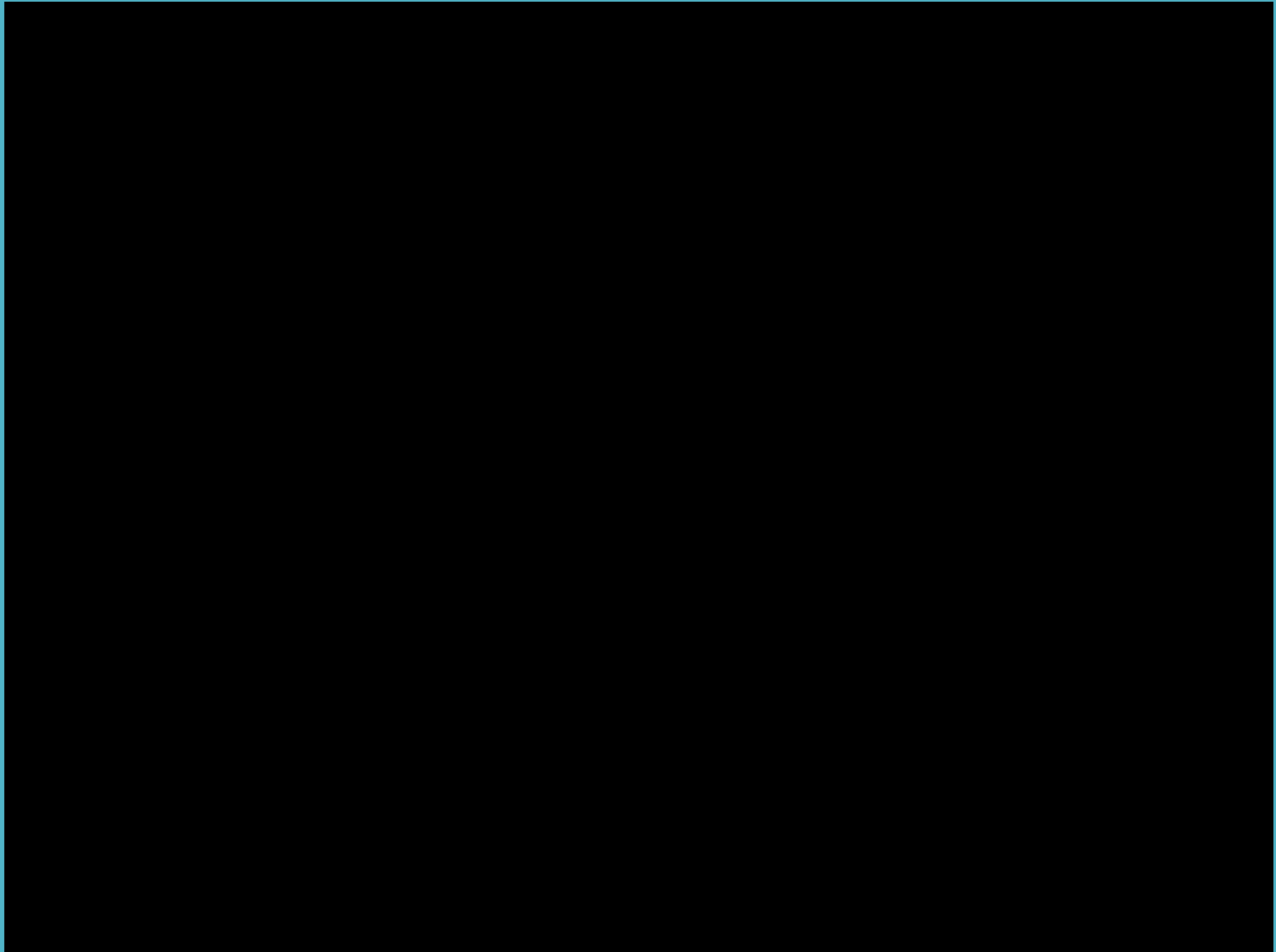


Візуалізація даних

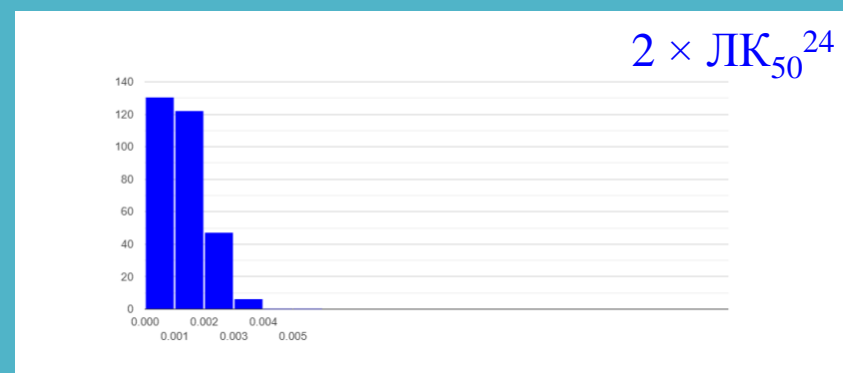
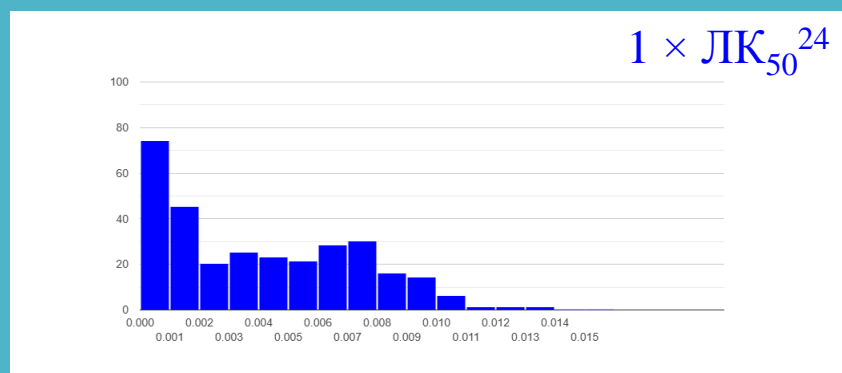
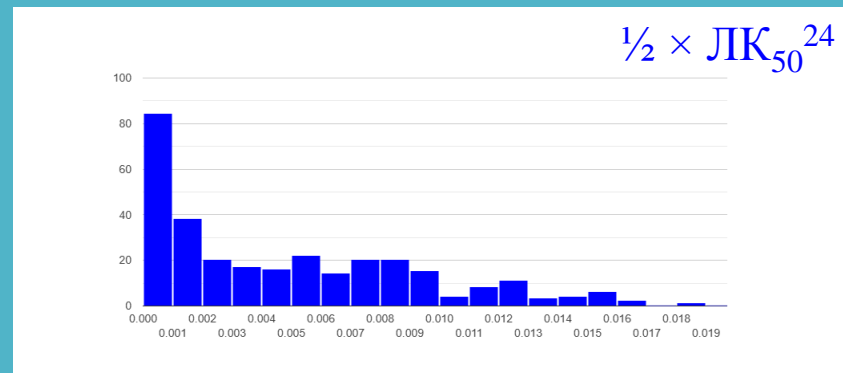
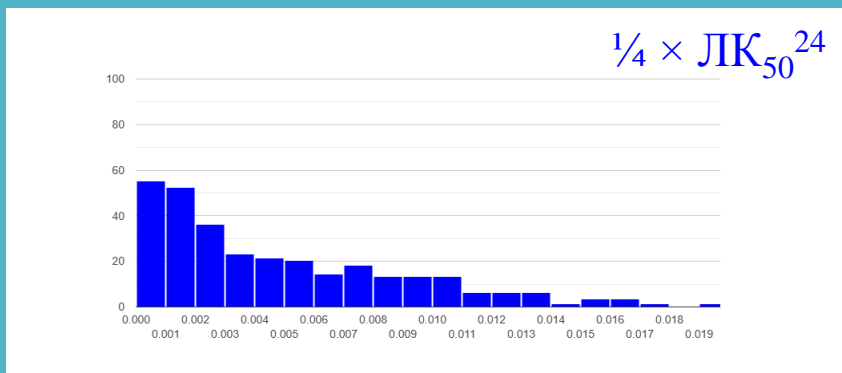
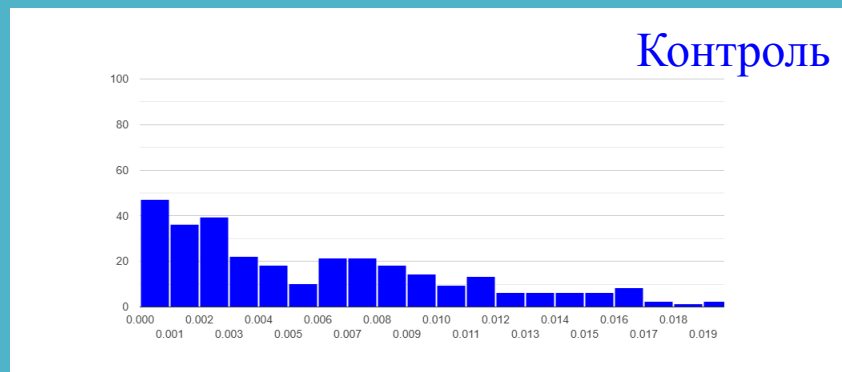


Широкі можливості аналізу руху за координатами

# Напів-автоматичний метод визначення параметрів руху *Daphnia magna* у програмі Tracker 6.3.0

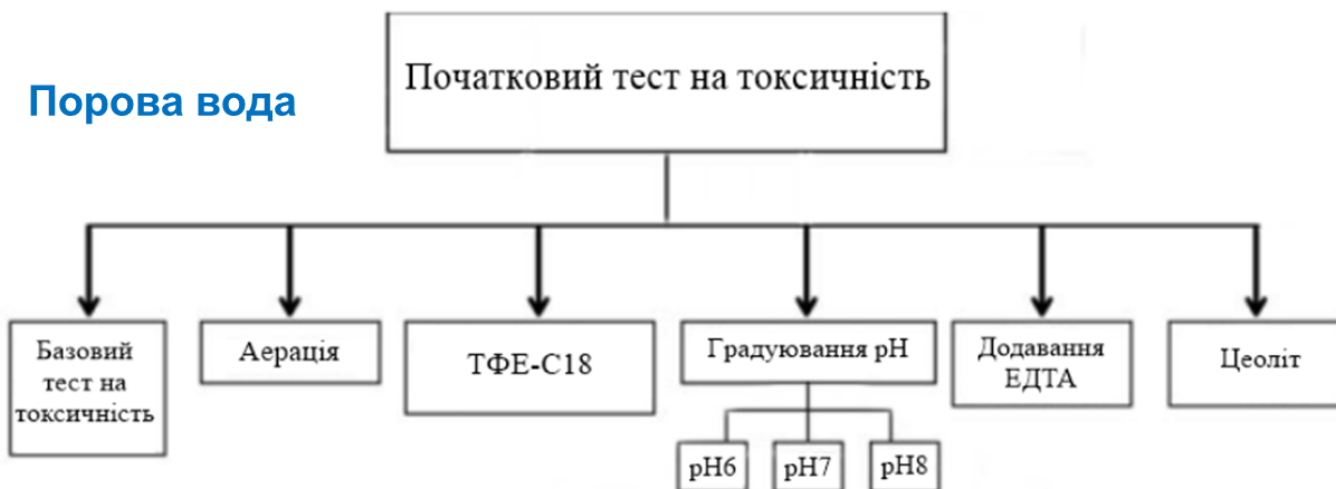


# Гістограми руху *Daphnia magna* у різних концентраціях референтного токсиканту ( $K_2Cr_2O_7$ ) через 8 год експозиції, вік особин 48 год, $n = 5$

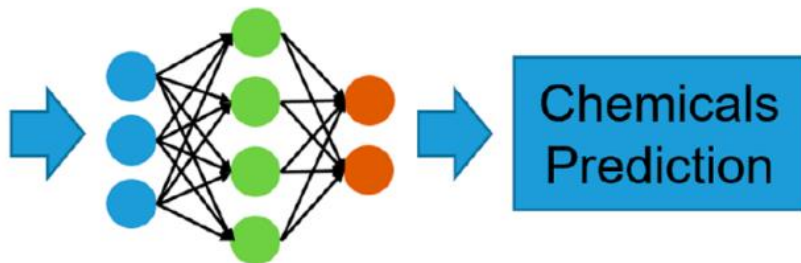
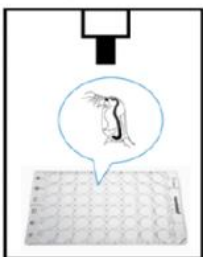


## Шляхи оптимізації процедури комплексної оцінки

- 1) експрес-тести з встановлення токсичності із застосуванням рухових реакцій тест-об'єктів;
- 2) зменшення тривалості експериментів;
- 3) зменшення об'ємів дослідних камер;
- 4) використання за основу схеми ТІЕ для порових вод.



Chemicals Exposure



Використання штучних нейронних мереж і машинного навчання при дослідженні рухових реакцій водяних безхребетних з метою ідентифікації класу забруднюючих речовин

*ДЯКУЮ ЗА  
УВАГУ!*

