**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**БІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра загальної та прикладної екології і зоології**

**Кваліфікаційна робота**

**магістра**

на тему: Чутливість індикаторних організмів до забруднення води нафтопродуктами.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Виконав : | студент | 2 | курсу, групи | 8.1019 |
| спеціальності  | 101 Екологія |
| освітньо-професійної програми «Екологія та охорона навколишнього середовища» |
| Коршняков Едуард Валентинович  |
|  |
| Керівник |  доцент, Домбровський К.О. |
|  |  |
| Рецензент |  доцент, к.б.н. Воронова Н.В, |

Запоріжжя – 2020

**ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

|  |
| --- |
| Біологічний факультет |
| Кафедра загальної та прикладної екології і зоології |
| Рівень вищої освіти магістр |
| Спеціальність 101 Екологія |
| Освітньо-професійна програма Екологія та охорона навколишнього середовища  |

|  |  |
| --- | --- |
| **ЗАТВЕРДЖУЮ** |  |
| Завідувач кафедри загальної та прикладної екології і зоолоії, д.б.н., проф.  |
| О.Ф. Рильський  |
| «\_\_\_\_» |  | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ | \_\_\_\_\_\_\_\_року |

|  |
| --- |
| **ЗАВДАННЯ**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ  |
| Коршнякова Едуарда Валентиновича |
| 1. Тема роботи | Чутливість індикаторних організмів до забруднення води нафтопродуктами  |
| керівник роботи | Домбровський Констянтин Олегович доц. |
| затверджена наказом ЗНУ від | « | 13 | » | 07 | 2020 р. | № | 1027-с |
| 2. Строк подання студентом роботи | «16» грудня 2020 року |
| 3. Вихідні дані до роботи: | Матеріали експериментальних досліджень; особливі спостереження; літературні посилання авторів |
| 4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно |
| розробити): вивчити особливості реакції макрозообентосу на забруднення водойми нафтопродуктами; встановити найбільш придатні організм для індикативного контролю вмісту забруднення водойми нафтою. |
| 5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень): \_ таблиці. |

6. Консультанти розділів роботи

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Розділ | Прізвище, ім’я, по-батькові та посада консультанта | Підпис, дата |
| завдання видав | завдання прийняв |
| 4 | Притула Н.М. |  |  |

7. Дата видачі завдання 1 вересня 2019 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| №з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітки |
| 1. | Огляд літературних джерел.  | грудень 2019 | Виконано |
| 4. | Проведення дослідження та апробація результатів  | січень- вересень 2020 | Виконано |
| 5. | Оформлення кваліфікаційної роботи | грудень 2020 | Виконано |
| 6. | Рецензування кваліфікаційної роботи | грудень 2020 | Виконано |
| 7. | Захист кваліфікаційної роботи | грудень 2020 | Виконано |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Студент |  |  |  | Е.В. Коршняков |
| Керівник роботи |  |  |  | К.О. Домбровський |
| **Нормоконтроль пройдено** |
| Нормоконтролер |  |  |  | Н.В. Притула |

**РЕФЕРАТ**

В роботі 59 сторінка, 7 таблиць, , було використано 53 літературних джерел, із них 21 іноземною мовою.

Об’єктом дослідження водне середовище забруднене нафтопродуктами

Предметом дослідження є реакція організмів на вміст у середовищі існування нафтопродуктів.

Методами дослідження було біотестування з адопомогою макрофіту та зообентосу наявності у водному середовищі нафтопродуктів

Метою кваліфікаційної роботи було з’ясувати можливість використання при біотестуванні забруднення води ряску малу та ракушкового ракоподібного *Cypridosis vidua*.

 Теоретично та експериментально визначеноВсі апробовані показники фітотесту із використання *Lemna minor* та *Cypridopsis vidua* може бути використано для розроблення  експрес-методики щодо визначення токсичності води забрудненої мастильно-охолоджуючою рідиною. Найбільш індикативними показниками для визначення присутності у водному середовищі відпрацьованої мастильно-охолоджуючої рідини для *Lemna minor* є ростові параметри надводної частини, а саме кількість листців у рослини. Зафіксовано пригнічення росту всіх досліджуваних показників при біотестуванні розчинів досліджених нафтопродуктів. Біотестування водного середовища на присутність мастильно-охолоджуючої рідини за допомогою *Cypridopsis vidua* є більш ефективним, ніж за допомогою *Lemna minor* через надто чутливу реакцію ракоподібних на вміст нафтопродуктів у середовищі існуванні. Метод біотестування водного середовища за допомогою *Cypridopsis vidua* є більш доцільними для використання за умови незначної токсичності, й порівняльним аналізом з іншими тест-об’єктами.

РЯСКА МАЛА, *CYPRIDOPSIS VIDUA*, *LEMNA MINOR*, НАТФОПРОДУКТИ, НАФТА.

**abstract**

In page 59, 7 tables, 53 literature sources were used, 21 of them in a foreign language.

The object of study is the aquatic environment contaminated with petroleum products

The subject of the study is the reaction of organisms to the content in the habitat of petroleum products.

The research methods were biotesting with the help of macrophyte and zoobenthos presence of petroleum products in the aquatic environment

The purpose of the qualification work was to find out the possibility of using duckweed and shellfish Cypridosis vidua in biotesting of water pollution.

Theoretically and experimentally determined All tested phytotest parameters using Lemna minor and Cypridopsis vidua can be used to develop a rapid methodology for determining the toxicity of water contaminated with lubricating and cooling fluid. The most indicative indicators for determining the presence in the aquatic environment of spent coolant for Lemna minor are the growth parameters of the surface part, namely the number of leaves in plants. Inhibition of growth of all investigated indicators at biotesting of solutions of the investigated oil products is fixed. Biotesting of the aquatic environment for the presence of lubricating coolant with Cypridopsis vidua is more effective than with Lemna minor due to the overly sensitive response of crustaceans to the content of petroleum products in the environment. The method of biotesting the aquatic environment with Cypridopsis vidua is more appropriate for use with low toxicity, and comparative analysis with other test objects.

SMALL DUCKWEED, CYPRIDOPSIS VIDUA, LEMNA MINOR, PETROLEUM PRODUCTS, PETROLEUM.

ЗМІСТ

[ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ 7](#_Toc58692148)

[ВСТУП 8](#_Toc58692149)

[1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ 12](#_Toc58692150)

[1.1 Шляхи потрапляння нафти та нафтопродуктів до навколишнього природного середовища 12](#_Toc58692151)

[1.2 Аналіз впливу нафтопродуктів на водні екосистеми 20](#_Toc58692152)

[2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ 33](#_Toc58692153)

[2.1 Методика проведення досліджень за допомогою *Lemna Minor* 33](#_Toc58692155)

[*2.2* Методика проведення вимірювань за допомогою *Cypridopsis vidua* 34](#_Toc58692156)

[3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА 38](#_Toc58692157)

[3.1 Ряска мала в оперативному контролі токсичності водного середовища 38](#_Toc58692158)

[3.2 Cypridopsis vidua як тест-модель для оцінки токсичності відпрацьованої мастильно-охолоджуючої рідини 43](#_Toc58692159)

[4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ 46](#_Toc58692160)

[ВИСНОВКИ 53](#_Toc58692161)

[ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ 54](#_Toc58692162)

# ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

НПЗ – Нафтопереробний завод

ЛОС– Летючі органічні сполуки

ТЕЦ–Теплоелектроцентраль

НС– Навколишнього середовища

НП–Нафтопродукти

ГДК– Гранично допустимі концентрації забруднюючих речовин

ГДВ– Гранично допустимі викиди

ГДС– Граничнодопустимий скид

ГДК м.р.– Максимально разові ГДК

ГДК с.д.– середньодобові ГДК

ОДК– орієнтовно допустимої кількості

ГДР– Гранично-допустимі речовини

МОР– Мастильно-охолоджувальна рідина

LID– це експериментально встановлена найменша кратність розведення водної витяжки, що викликає зміна тест-реакції (в даному випадку іммобілізацію) не більше ніж у 10% особин, що тестується популяції Cypridopsis vidua по порівняно з контролем протягом 96-годинної експозиції.

# ВСТУП

Людство проживає на планеті Земля, контактує з нею , а також використовує її природно-ресурсний потенціал задля своїх потреб. Так людина здавна навчилась використовувати гідросферу, розселюючись поблизу відкритих водойм, використовуючи її у різних галузях свого життя. З перебігом часу й стрімким розвитком ,як соціального устрою так і науково-технічного прогресу, людина навчилась використовувати гідросферу більш масштабніше та не раціоналізовано, незважаючи на екологічні аспекти.

Нищівні промислові виробництва, які використовували природний потенціал Землі не зволікаючи на неможливість відновності та антропогенний вплив який вони завдавали, призводили до еколого-технологічних катастроф, деградації та занепаду біосфери. Найбільший вплив промисловість справляла на гідросферу, через те що велика частка технологічних процесів прямо чи частково, якщо не використовує то забруднює водні басейни Землі.

На сьогодні світові лідери та провідні вчені усього світу наполягають на тому щоб скорочувати вплив людства на навколишнє природне середовище. Вже зараз у ряді країн світу стоїть проблема із забезпеченням прісною водою населення, та ще більшою проблемою є забезпечення чистою та якісною водою. Світові лідери не погоджуючись із таким становищем, створюють та підписують цілу купу нормативно-правових актів, в середині країни та між собою, для взаємодії у досягненні поставлених цілей.

Поки у світі тривають бюрократичні зміни, людство вже зараз потерпає від антропогенного навантаження на гідросферу. Великі промислові корпорації, середні та малі підприємства, а також безпосередньо кожна людина забруднює гідросферу у ході своєї життєдіяльності. Найбільший антропогенний вплив чинять важкі метали та органічні сполуки котрі в більшості своїй потрапляють в навколишнє середовище з промисловими скидами, техногенними аваріями та іншими шляхами котрі супроводжуються життєдіяльності людини.

Через те що людству досі важко відмовитись від вичерпних корисних копалин, добування котрих чинить на навколишнє середовище не менше ніж їх використання та перетворення, воно повинно виснажувати природний потенціал Земної кулі, для задоволення своїх потреб. Для будь-якої продукції потрібна сировина та енергія, котрі виснажливо добуваються із надр. На сьогодні основним джерелом енергію у світі є нафта та її похідні продукти перетворення й побічна сировина котра видобувається разом з нею. Зараз основним джерелом використання нафти є енергетичний комплекс, вторинними шляхом використання як сировина для подальшої переробки. Тільки за 2019 рік було видобуто більше 1000 мільйонів барелів нафти, що більше на 15% у порівнянь з 2018 роком. Такий великий об’єм видобутку «чорного золота», свідчить про неготовність людству відвернутись від шкідливого та не екологічного виду палива. Видобуток такого виду енергоносію чинить значний тиск на довкілля, але основний негативний вплив настає у разі несанкціонованого потрапляння її до навколишнього природного середовища, що несе за собою великий екологічний тиск.

Розливи нафти у навколишньому природному середовищі є еколого-технологічною катастрофою, що призводить до скороченню численності популяції біоти, деградації екосистеми чи її повному знищенню. Також негативний вплив йде не тільки через розливи нафтопродуктів у довкіллі, перевищення допустимо граничних концентрацій скидів спричиняє негативний впливи на усі елементи екосистеми, що призводить до її повільного руйнуванню.

Дивлячись на усі ці фактори впливу важливо створити можливість для оперативного контролю та аналізу навколишнього середовища щодо присутності нафтопродуктів у ньому, та можливого перевищення.

Актуальність дослідження кваліфікаційної магістерської роботи: зумовлена необхідністю оперативного контролю стану екосистем природних водних об’єктів від антропогенного навантаження.

**Метою** кваліфікаційної роботи було з’ясувати можливість використання при біотестуванні забруднення води ряску малу та ракушкового ракоподібного *Cypridosis vidua*.

Для досягнення мети були поставлені такі **завдання**:

1. встановити особливості морфологічних показників *Lemna minor* при біотестуванні води забрудненою мастильно-охолоджуючою рідиною;
2. проаналізувати доцільність використання ракушкових ракоподібних в якості тест-об’єктів при дослідження токсичності води забрудненою мастильно-охолоджуючою рідиною;
3. встановити клас та небезпечність відпрацьованої мастильно-охолоджуючої рідини заводу АТ «Мотор Січ» за допомогою тестування.
4. встановити найбільш придатні тест-об’єкти для індикативного контролю забруднених водойм мастильно-охолоджуючою рідиною.

Наукова новизна: встановити біоіндикативну можливість водної рослини *Lemna minor* та ракушкового ракоподібного *Cypridosis vidua* як тест-об’єктів для водного середовища, що забруднено відпрацьованою мастильно-охолоджуючою рідино.

**Об’єкт дослідження**: водне середовище забруднене нафтопродуктами.

**Предмет дослідження**: реакція організмів на вміст у середовищі існування нафтопродуктів.

Результати даної роботи свідчать про те що вибрані тест-об’єкти можливо використовувати для оперативного контролю стану екосистеми.

**Практичне значення одержаних результатів**: результати одержані в даній роботі можливо використати в польових та лабораторних умовах для оперативного контролю стану водної екосистеми для визначення присутності нафтопродуктів в таких екосистемах за допомогою даних тест-об’єктів

За матеріалами дослідження опубліковано друкованих праць: 2 тези за матеріалами даних наукових конференцій.

# ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

## Шляхи потрапляння нафти та нафтопродуктів до навколишнього природного середовища

Небезпечний вплив на довкілля виявляється на всіх стадіях освоєння нафтових родовищ: буріння свердловин, налагодження та експлуатація родовищ, ліквідація свердловин і обладнання по закінченні експлуатації родовищ, консервації родовища видобутку. На всіх етапах вплив йде на ґрунтово-рослинний покрив, атмосферне повітря, поверхневі та підземні води. У деяких випадках є ймовірність зміна ландшафтів та подальше перетворення екосистем й мікроклімату на цій території, спостерігається негативна дія на рослинний й тваринний світ та, в цілому, на здоров'я людини, не тільки працівників підприємства та й на населення в містах проживання поруч із свердловиною. Характер та інтенсивність впливу нафтової галузі на всі компоненти довкілля залежать від багатьох факторів і визначаються кількістю та токсичністю забруднюючих речовин, які надходять у природне середовище, технологіями які використовуються для добування із надр, використання інженерно-оперативних методів для недопущення та зменшення впливу під час експлуатації й ймовірної загрози.

Під час спорудження свердловин потенційними забруднювальними речовинами є: промивні рідини та тампонажні розчини; бурові стічні води і буровий шлам; пластові флюїди; продукти згоряння палива в двигунах внутрішнього згоряння та котельнях; паливно-мастильні матеріали та інші відходи спорудження свердловин, котрі мають можливість опинитись в навколишньому середовищі. Основні забруднюючі компоненти відходів буріння – нафта та нафтопродукти, забруднення якими може викликати серйозні наслідки.

На етапі буріння утворюються різні категорії стічних вод із великої кількості локалізованих джерел. При умові зведення об’ємів стічних вод до мінімуму та належного контролю за ефективністю очистки та не перевищення вмісту забруднюючих речовин у стічних водах

Одним із перших процесів, що виникають при проникненні у пласт залягання, є перетікання підземних вод з одних горизонтів в інші. Причинами такого явища є: відсутність яких-небудь ізоляційних мостів між різноманітними водоносними горизонтами або їхнє неправильне положення; порушення герметичності мостів, а також затрубних кілець, обсадних колон; аварійні ситуації. Перетікання високомінералізованих підземних вод може відбуватися по стовбурах свердловин довгі роки після їхньої консервації, викликаючи поступове забруднення прісних підземних вод. Щілини сприяють розвитку техногенного карсту, особливо в солях і соленосних відкладеннях.

Вилив фонтанування свердловинних вод викликає забруднення літосферних порід і ґрунтових вод. Якщо врахувати, що на стадії пошуків і розвідки на кожній площі створюється декілька свердловин, споруджуються комори для скидання технічної води, дегазації бурових розчинів і ін., то цілком очевидно забруднення зони аерації і підземної гідросфери за рахунок проникнення на глибину різноманітних нафтопродуктів, нафти й ін.

Виходячи із вищесказаного ми можемо зробити висновок, що при добуванні нафти основний вплив на навколишнє природнє середовище йде при етапах буріння та початку видобування. Під час цих етапів нафта може потрапити до підземних та поверхневих вод, включитись у природній кругообіг речовин, змінивши його.

Основні цілі видобування нафти є її використання як енергетичну сировину, що є економічно не раціональним та використання її як сировину для отримання продукції на її основі.

Нафта як сировина використовується для одержання наступних первинних продуктів перетворення: гасу, бензину, мазуту, солярового і мастильних масел, вазеліну, парафіну, нафтового бітуму, гудрону, коксу. Шляхом переробки первинних продуктів одержують вторинні нафтопродукти: крекінг-бензин, ефір, бензол, толуол та ін. (усього більше 250 видів).

Перероблення нафти як сировини починається з її зневоднення та знесолення і очищують від піску та інших домішок шляхом тривалого відстоювання в підігрітому стані. Воду відокремлюють термохімічним або електричним способом. При термохімічному способі в нагріту до 50-70ºС нафтову емульсію водять деемульгатори. При електричному способі впливають на емульсію електричним полем високої напруги. При використанні таких методів у повітря, як побічний продукт, виділяються леткі органічні сполуки та інші полютанти, котрі змішуються із газопиловим потоком та проходять очистку й викидаються в атмосферу із мінімальною концентрацією, де у подальшому вони акумулюються та випадають у вигляді атмосферних опадів.

Основними відходами процесу переробки нафтопродуктів є стічні води, тверді відходи та газоподібні викиди.

Стічні води. Водопостачання нафтопереробних заводів (НПЗ) складається з декількох різних систем, що відрізняються один від одного своїм призначенням і відповідно якістю вихідної води, а також складом відхідної води та утворюваних нею стоків. Кількість споживаної установками води залежить від конкретної технології переробки нафти або її фракцій, а також від повітряного охолодження (екологічно більш пріоритетним) для конденсації або охолодження потоків.

Водяний пар використовують на установках переробки нафти як робоче тіло для теплообміну, в результаті чого він перетворюється на конденсат, забруднений нафтопродуктами і іншими речовинами. Після чого потрапляє до каналізаційної мережі.

В каналізаційну мережу заводу скидають воду і забруднений конденсат тільки з незамкнутих систем водопостачання. Залежно від того, чим вони забруднені на НПЗ, існують дві ізольовані одна від одної системи:

1. виробничо-зливова каналізація для відведення та очищення виробничих та зливових вод, забруднених нафтопродуктами;
2. забірник для очистки стічних вод, забруднених нафтою, нафтопродуктами, реагентами, солями та іншими органічними і неорганічними речовинами (у вигляді емульсій і розчинів).

В стоках міститься велика кількість неорганічних солей, тому вони (навіть після очисних споруд) не можуть бути повернуті в систему оборотного водопостачання НПЗ.

Таким чином НПЗ є потенційними джерелами потрапляння нафти, нафтопродуктів та побічних продуктів виробництва до навколишнього природнього середовища, через стічні води підприємства, газові емісії та під час техногенно-екологічних катастроф.

Транспортування видобутої нафти та виробництва нафтопродуктів відбувається магістральними трубопроводами, або по морю в спеціальних танкерах.

Трубопроводів для транспортування нафти вже прокладено - 400 тис. км. По морях і океанах в даний час ходить 6000 танкерів, що перевозять 3 млрд. т нафти. Близько 57% танкерів експлуатується 15 років. Це значить, що вони вже підлягають ремонту і списанню. Звідси велика аварійність на морському транспорті, коли не тільки гинуть люди, на дно йдуть величезні матеріальні цінності, але й відбувається забруднення поверхні Світового океану.

Аварія танкерів відбувається не тільки через вплив природних факторів, що неминуче і створює якийсь постійний «аварійний фон», але і з суб'єктивних причин. По-перше, океанські і морські дороги перенасичені транспортними засобами, ефективно управляти такою структурою людині стає вже не під силу. По-друге, умови жорстокої конкуренції за фрахт і відповідно гонитва за дешевизною експлуатації суден диктують зменшення чисельності екіпажів за рахунок автоматизації судів. По-третє, з тих же причин спрощується технологія будівництва суден, що для нафтоналивних кораблів вкрай небезпечно.

З безлічі причин емісії нафти в навколишнє середовище розливи нафти при нештатних ситуаціях на трубопровідному транспорті заслуговують особливої уваги, через те що за обсягом розливу і завданої довкіллю збитку, іноді перевищують наслідки аварій з танкерами, теж відбуваються з гнітючою закономірністю. Їх причиною є як обов'язковий для будь-якої складної системи "аварійний фон", так і порушення технології та контролю за якістю в процесі виливки труб і будівництва трубопроводів, несвоєчасний та неякісне обслуговування, недоброякісна експлуатація та інші чинники. Найбільш вразлива частина трубопроводів – переходи через ріки, канали, озера і водосховища, де найчастіше відбуваються втрати нафти і нафтопродуктів в обсягах. Слід зазначити, що високу аварійність при транспортуванні нафти і нафтопродуктів обумовлює значний амортизаційний знос устаткування.

Існують специфічні аспекти негативного впливу трубопровідного транспорту на довкілля – перш за все, значна смуга землі, по якій проходить траса, відчужується на користь цього виду транспорту. При будівництві паралельно трасі трубопроводу ще й лінії електромережі смуга відчуження значно розширюється. Найбільш небезпечне будівництво трубопроводів у північних районах. Ці трубопроводи мають великі довжини, і в умовах вічної мерзлоти не можуть бути надійно покладені в траншеї, як у середніх широтах. Проблема полягає також і в тому, що транспортовані по трубопроводах нафта та газ несуть тепло, яке викликає танення ґрунту біля трубопроводу. Втративши опору, трубопровід просідає і руйнується, спричиняючи забруднення нафтою великих площ. У багатьох випадках виникають пожежі нафти чи газу, які супроводжуються відчутними матеріальними збитками та значним забрудненням навколишнього середовища. Вийти з цього становища можливо двома шляхами: або підйомом трубопроводу над землею на стояках, або надійною теплоізоляцією труб.

Тобто основними факторами при транспортуванні нафти є технологічна ненадійність засобів переміщення органічної сировини, недотримання норм і правил на всіх етапах транспортування.

Забруднення навколишнього середовища нафтою і нафтопродуктами відбувається в результаті їх втрат при зберіганні в резервуарних парках. У зв'язку з цим важливим завданням під час експлуатації резервуарних парків є збереження якості та кількості продукту, що зберігається.

Вирішення цього завдання вимагає забезпечення максимальної герметизації всіх процесів зливу, наливу та зберігання. Основна частка втрат від випаровування припадає на резервуари.

Усі втрати нафти і нафтопродуктів класифікуються на такі види: кількісні втрати відбуваються в результаті витоків розливів, неповного зливу транспортних ємностей і резервуарів.

Ці втрати стають можливими при негерметичності стінок і днищ резервуарів, несправності запірної арматури, недотриманні технології проведення операцій і несправності контрольно-вимірювального обладнання. До втрат слід віднести і неповний слив нафтопродуктів, особливо в'язких, що походять через конструктивні дефекти транспортних ємностей (недостатній ухил днища ємності до зливного патрубку), налипання нафтопродуктів і утворення плівки на стінках ємності, для стікання якої необхідно додатковий час.

Якісно-кількісні втрати відбуваються при випаровуванні нафти і нафтопродуктів.

В результаті випаровування з нафти втрачаються легкі вуглеводні, які можуть потрапляти до навколишнього середовища через негерметичність ємностей зберігання.

Масла, мазути і мастила практично не випаровуються і відповідно з цієї причини не втрачають якості.

Втрати від випаровування відбуваються при витісненні пароповітряної суміші з газового простору резервуарів і транспортних ємностей в атмосферу внаслідок:

1. заповнення резервуара нафтопродуктом (так звані втрати від «великих подихів»);
2. підвищення тиску в газовому просторі вище тиску спрацьовування дихального клапана в результаті добових температурних коливань газового простору і поверхні нафтопродукту і за рахунок зміни тиску атмосферного повітря («малі дихання»);
3. додаткового насичення газового простору парами нафтопродукту після закінчення викачування («зворотний видих»);
4. вентиляції газового простору при наявності двох і більше отворів в даху або корпусі резервуара, розташованих на різних рівнях.

Оскільки в процесі випаровування губляться найбільш легкі фракції, то тиск насичених парів нафтопродукту (відповідно і випаровуваність) буде тим менше, чим більше часу займає процес доставки нафтопродукту від його виробника до споживача, тобто чим довший процес зберігання. Тому питомі втрати нафтопродуктів при зберіганні або інших технологічних операціях в досить віддалені моменти часу будуть різні.

Якісні втрати виникають в результаті змішування, забруднення, обводнення, окислення нафтопродуктів.

Погіршення якості нафтопродукту в результаті змішування відбувається при послідовній перекачуванні по одному трубопроводу різних за властивостями нафтопродуктів, а також при заповненні ємностей, що містять залишки нафтопродукту іншого сорту. При цьому можливе переведення частини нафтопродукту в більш низький сорт, тобто зменшення його кількості.

Крім того, варто виділити ще дві групи втрат вуглеводневої сировини, що характеризують природний збиток і безповоротні втрати при аваріях.

Під природним збитком розуміються втрати, що є наслідком недосконалості існуючих на даний час засобів і технології прийому, зберігання, відпуску та транспорту продуктів. При цьому допускається лише зменшення кількості при збереженні якості в межах заданих вимог. Природний збиток може бути також обумовлений зміною фізико-хімічних властивостей нафтопродукту або впливом метеорологічних факторів.

Втрати, що викликані порушеннями вимог стандартів, технічних умов, правил технічної експлуатації, зберігання відносять до аварійних чи наднормативних втрат. До аварійних втрат відносять також втрати, викликані природними: стихійними лихами або дією сторонніх сил.

Основними джерелами потрапляння нафти до навколишнього середовища під час зберігання є розливи за рахунок недосконалості системи зливу та зберігання, механічні пошкодження резервуарів для зберігання та місць з’єднання та зливу.

Найбільший вплив на забруднення навколишнього середовища нафтопродуктами належить промисловості і транспорту, які використовують похідні нафти в якості пального.

Забруднення навколишнього середовища водним транспортом, крім розглянутих вище забруднень у випадках аварій суден при транспортуванні нафти і нафтопродуктів, відбувається і в умовах звичайної експлуатації. При цьому основними джерелами забруднення є суднові двигуни, і насамперед головна енергетична установка, а також вода, використана для миття вантажних танків, і баластна вода, що зливається за борт із вантажних танків. Енергетичні установки суден забруднюють відпрацьованими газами передусім атмосферу, звідки токсичні речовини частково або майже повністю потрапляють у води морів, річок, океанів.

При згоранні 1 кг бензину при середніх швидкостях і вантажах виділяється приблизно 300-310 г токсичних компонентів (225 г оксиду вуглецю, 35 г оксидів азоту, 20 г вуглеводнів, 1,5-2,02 г оксиду сірки, 0,8-1 г альдегідів, 1-1,5 г сажі тощо). При згоранні 1 кг дизельного палива виділяється близько 80-100 г токсичних компонентів (20-30 г оксиду вуглецю, 20-40 г вуглеводнів, 10-30 г оксиду сірки, 0,8-1 г альдегідів, 3-5 г сажі тощо).

У той час як автомобільний транспорт забруднює повітря в основному вуглеводнями, промислові підприємства викидають в атмосферу органічні сполуки самих різних класів. Особливо широкий асортимент забруднювачів постачають підприємства хімічної та нафтохімічної промисловості, у викидах яких часто присутні компоненти вихідної сировини, проміжні та кінцеві продукти синтезу.

Найбільшу питому вагу в сумарній емісії летючих органічних сполуки (ЛОС) промисловими підприємствами мають, мабуть, вуглеводні, які широко використовуються в якості сировини і розчинників.

Значні кількості вуглеводнів потрапляють в міське повітря і з газами, що відходять з теплових електростанцій і ТЕЦ, які працюють як на рідкому, так і на твердому паливі. Гази, що утворюються при спалюванні рідкого палива (нафта, мазут та ін.), містять високотоксичні ароматичні вуглеводні (бензол, толуол, етилбензол, ксилоли та ін.), менш токсичні парафіни нормальної будови C7-C40, а також токсичні похідні вуглеводнів з атомами сірки , азоту і кисню.

Крім розглянутих, існують неконтрольовані емісії, викликані різними витоками, недоліками технологічних схем і обслуговування обладнання, порушеннями технологічного процесу, аваріями, а також випаром газоподібних і летючих речовин з технологічної системи водопостачання і стічних вод. В результаті з численних джерел в повітря міст і промислових регіонів надходять різні вуглеводні і їх похідні, забруднюючи атмосферу, воду і ґрунт і погрожуючи здоров'ю населення.

## Аналіз впливу нафтопродуктів на водні екосистеми

Нафта – екологічно небезпечна речовина, яка, потрапивши у компоненти НС (ґрунт, воду), істотно впливає на всі життєві процеси, що проходять у них. Так, потрапивши у ґрунтове середовище, нафта і НП знижують дихальну активність і процеси мікробного самоочищення, змінюють співвідношення між окремими групами природних мікроорганізмів та напрямки метаболізму, пригнічують процеси азотфіксації, нітрифікації, руйнування целюлози, зумовлюють нагромадження важкоокиснювальних продуктів.[8.9.21] Нафтові забруднення представляють подвійну загрозу. Перш за все вони отруйні. За їх концентрації більше 0,05 мг/л псуються смакові якості води, вона набуває неприємного присмаку нафти. За концентрації більше 0,5 мг/л гине риба, а при їх вмісті у воді 1,2 мг/л – планктон і бентос [22,47]. Це без того що уся біота водного середовища потрапляє в безкисневу пастку, та гине без доступу кисню із зовні. Також страждає й прибережна зона , якщо нафтова пляма досягне його. Адже водними масивами ця нафта прибивається на узбережжя . Тим самим перешкоджуючи шлях потрапляння біоти до свого середовища існування. При потраплянні на водну поверхню, наприклад, 40 літрів нафти, формується пляма, що може розтікатись на площу до 1 км 2 , утворюючи суцільну нафтову плівку, що стає перешкодою для нормального газообміну у водному середовищі. При цьому змінюються процеси розчинення і виділення кисню, вуглекислого газу, теплообміну, міняється відбивна здатність (альбедо) морської води. Термін розкладання такого забруднення може досягати 10–12 років [3,14,27]. Відомо, що нафтове забруднення Світового океану найбільш розповсюджене явище. Від 2 до 4 % водяна поверхня Тихого й Атлантичного океанів постійно покрита нафтовою плівкою[4]. Форми знаходження, поведінка нафти в морському середовищі, її вплив на морські екосистеми дуже складні, різноманітні і динамічні через багатокомпонентність нафти. Порівняльна оцінка токсичного впливу основних компонентів забруднення морського середовища показує, що найбільшу небезпеку для морських екосистем та біоресурсів представляє саме нафтове забруднення, оскільки об’єм нафти і НП, що надходять у океан, більш ніж на порядок перевищує надходження інших токсикантів разом узятих. Вуглеводні нафти відносять до найбільш поширених токсикантів. Їх присутність багаторазово реєструвалася не тільки в морській воді, гідробіонтах, але і в деяких районах світового океану (наприклад, у Північній Атлантиці поле нафтового забруднення стало практично безперервним) [5,6,31].

Основний вплив на поверхневі води суші відбувається в наслідок перетину водного об’єкту и скиду стічних воду в це середовище.

Стічні води котрі можуть містити домішки, котрі можуть забруднювати компоненти екосистеми із котрими вони контактують.

Нафта і нафтопродукти діють на водну фауну в декількох напрямах:

1. поверхнева плівка нафти затримує дифузію газів з атмосфери у воду і порушує газовий обмін водоймища, створюючи дефіцит кисню;
2. маслянисті речовини, покриваючи поверхню зябер тонкою плівкою, порушують газообмін і приводять до асфіксії риб;
3. водорозчинні з'єднання легко проникають в організм риб;
4. при концентрації нафти 0,1 мг/л м'ясо риб набуває неусувного “нафтового” запаху і присмаку;
5. донні відкладення нафти підривають кормову базу водоймищ і поглинають кисень з води.

Присутність нафтопродуктів у водному об'єкті приводить до пригнічення водної флори і фауни за рахунок загального погіршення якості води (зміни величини рН, кольоровості, появи специфічного присмаку і запаху). Ці зміни обумовлені наявністю у водному середовищі як нафтопродуктів, так і продуктів їх хімічного і біохімічного окислення, токсичність яких часто перевищує токсичність початкових нафтопродуктів.

Вуглеводні, що знаходяться у водному об'єкті, вступають в складні взаємодії з екосистемою: з одного боку, нафта впливає на біоту як токсикант, а з іншою – гідробіонти впливають на нафту, здійснюючи процес її трансформації.

Відомо, що екологічна небезпека нафтопродуктів залежить від процесу перерозподілу фракцій, що відбувається в часі, за рахунок випаровування, розчинення, хімічного і біохімічного окислення, емульгування, сорбування, температури і інших чинників. Основним результатом перерозподілу фракцій є зміна співвідношення між водорозчинною і нерозчинною складовими нафти у водному середовищі.

Водорозчинна фракція нафти містить переважно легкі аліфатичні і моноядерні ароматичні вуглеводні, співвідношення між якими дуже швидко (протягом перших годин) міняється у бік переважання останніх.

Ступінь токсичності і кумулятивний ефект нафти і нафтопродуктів знаходяться в прямій залежності від їх розчинності у воді. Оскільки найбільш розчинними є ароматичні вуглеводні, то і найбільш токсичними в ряду є ароматичні вуглеводні.

Додавання додаткових подвійних або потрійних зв'язків також сприяє підвищенню розчинності і, отже, токсичності вуглеводнів. Нафта і нафтопродукти надають певний токсичний ефект на фітопланктон.

Негативний вплив нафтопродуктів, особливо плівкових, в концентраціях 0,001 – 10 мг/дм3 позначається на розвитку вищої водної рослинності (макрофітів).

Токсична дія нафти і нафтопродуктів на зоопланктон відмічається при концентрації 0,001 мл/дм3 . При концентрації нафтопродуктів на рівні 0,1 мг/дм3 зоопланктон гине.

Для водних організмів нафта і нафтопродукти є високотоксичними речовинами і відносяться до групи нервово-паралітичних отрути.

Вуглеводні нафти є в основному згубними на ранніх стадіях розвитку гідробіонтів і не приводять до швидкого і масового вимирання дорослих організмів. Для ікри, молоді риб і ракоподібних згубною виявляється концентрація нафти всього лише в 0,1 – 0,01 мг/дм3 , тоді як на дорослі організми така концентрація не дає токсичну дію.

Наркотичний ефект, що викликається у гідробіонтів нафтою і нафтопродуктами, пов'язаний з розчинною складовою, а необоротна токсична дія – з важкими фракціями, які викликають порушення газового і водного обмінів, процесів фільтрації, ушкоджують зовнішні оболонки, проникають всередину організму, викликаючи пошкодження хромосом.

Особливістю вуглеводнів нафти є їх здатність вільно переходити з травного тракту до кров’яного русла і упроваджуватися в жирову тканину, що створює небезпеку транспорту вуглеводнів нафти в загальних трофічних зв'язках гідробіоценозів і проникнення цих речовин в організм людини.

Гранично допустима концентрація нафтопродуктів (у розчиненому і емульгованому стані) для води водних об'єктів господарсько-питного і культурно-побутового використання дорівнює 0,3 мг/дм3 , для рибогосподарських водних об'єктів – 0,05 мг/дм3 [3, 8].

Морські ссавці, які в першу чергу виділяються наявністю хутра (морські видри, полярні ведмеді, тюлені, новонароджені морські котики) найчастіше гинуть від розливів нафти. Забруднене нафтою хутро починає сплутуватися і втрачає здатність утримувати тепло і воду. Дорослі тюлені і китоподібні (кити, морські свині і дельфіни) виділяються наявністю жирового шару, на який впливає нафта, підсилюючи витрату тепла. Крім того, нафта може викликати роздратування шкіри, очей і перешкоджати нормальній здібності до плавання.

Велика кількість нафти, що потрапила в організм, здатна привести до загибелі полярного ведмедя. Проте тюлені і китоподібні витриваліші і швидко переварюють нафту. Нафта, що потрапила в організм, може викликати шлунково-кишкові кровотечі, ниркову недостатність, інтоксикацію печінки, порушення кров'яного тиску. Пари від випаровувань нафти ведуть до проблем органів дихання у ссавців, які знаходяться біля або в безпосередній близькості з великими розливами нафти.

Морські видри і тюлені особливо уразливі до розливів нафти із-за щільності розміщення, постійного перебування у воді і впливу на теплоізоляцію хутра.

Риби піддаються дії розливів нафти у воді при вживанні забрудненої їжі і води, а також при зіткненні з нафтою під час руху ікри. Загибель риби, виключаючи памолодь, відбувається звичайно при серйозних розливах нафти. Отже велика кількість дорослої риби у великих водоймищах від нафти не загине. Проте сира нафта і нафтопродукти відрізняються різноманітністю токсичної дії на різні види риб. Концентрація 0,5 мільйонної частки або менше нафти у воді здатна привести до загибелі форелі. Майже летальний ефект нафта надає на серці, змінює дихання, збільшує печінку, уповільнює зростання, руйнує плавники, приводить до різних біологічних і клітинних змін, впливає на поведінку.

Токсичність нафти і нафтопродуктів для риб коливається в широких межах. Гостре отруєння більшості видів риб наступає при концентрації емульгованих нафтопродуктів 16 – 97 мг/л. Неочищена бакинська нафта викликає загибель осетрових при концентрації 100 - 200 мг/л, а при 50 мг/л спостерігається зниження їх зростання і розвитку. З костистих риб до нафти чутливіша памолодь жереха і судака, для яких токсичні концентрації її перевищують 60 мг/л. Стійкіші сом, сазан і вобла. Вони гинуть при концентраціях 200 мг/л. Средньолетальна концентрації нафтових фракцій, в яких переважають толуол, бензол і ксилол, складають для карасів 19,8 мг/л (експозиція 48 годин). Бензин і дизельне паливо токсичні для памолоді форелі в концентраціях 40 – 100 мг/л.

Личинки і памолодь риб найбільш чутливі до дії нафти, розливи якої можуть погубити ікру риб і личинки, що знаходяться на поверхні води, а памолодь – в дрібних водах.

Безхребетні є хорошими індикаторами забруднення від скидів через свою обмеженість в пересуванні. Вплив розливів нафти на безхребетні може тривати від тижня до 10 років. Це залежить від виду нафти; обставин, при яких відбувся розлив і його впливи на організми. Колонії безхребетних (зоопланктон) у великих об'ємах води повертаються до колишнього (до розливу) стану швидше, ніж ті, які знаходяться в невеликих об'ємах води. Це відбувається із-за великого розбавлення викидів у воді.

Токсична дія нафти і нафтопродуктів на зоопланктон наголошувалася при концентрації 0,001 мл/дм3 . При концентрації нафтопродуктів, на рівні 0,1 мг/дм­3, зоопланктон гине.

Для водних організмів нафта і нафтопродукти є високотоксичними речовинами і відносяться до групи нервово-паралітичних отрути.

* 1. Аналіз нормативно-правової бази та нормування забруднення нафтопродуктами

Однією з важливих частин природоохоронного законодавства являється система екологічних стандартів. Під стандартизацією розуміють встановлення єдиної і обов'язкової для всіх об'єктів даного рівня системи норм і вимог. Стандарти можуть бути державними, галузевими і заводськими. Важливішими екологічними стандартами є нормативи якості навколишнього середовища.

Для визначення стану навколишнього середовища і впливу того або іншого забруднювача на живі організми і здоров'я людини визначена система соціоекологічних нормативів: гранично допустимі концентрації забруднюючих речовин (ГДК), гранично допустимі викиди (ГДВ) в атмосферу, граничнодопустимий скид (ГДС) шкідливих речовин у водойми; гранично допустиме екологічне навантаження на природні об'єкти та інші.

Гранично допустима концентрація (ГДК) – це максимальна концентрація речовини в навколишньому середовищі, при якій не спостерігається прямого або опосередкованого шкідливого впливу цієї речовини на організм людини. ГДК підрозділяють на максимально разові та середньодобові.

Максимально разові ГДК – (ГДК м.р.) застосовують для працюючих у забруднених приміщеннях, а середньодобові ГДК – ( ГДК с.д.) для зон житлової забудови. Ця різниця пов'язана з тим, що на підприємствах до роботи допускають здорових людей, які пройшли медичний огляд та більш стійких до дії на організм шкідливих речовин. Таким чином, ГДК м.р. більші, ніж ГДК с.д. Гранично допустимі викиди (ГДВ) – це кількість шкідливих речовин , яка не повинна перевищуватися під час викиду в повітря за одиницю часу, щоб концентрація забруднювачів повітря на межі санітарної зони не була вищою від ГДК.

З метою контролю за якістю газодимових викидів підприємств проводиться інвентаризація джерел забруднення атмосфери, а також екологічна паспортизація всіх об'єктів, які забруднюють довкілля.

 Визначення рівня забруднення ґрунту потрібне для вирішення питання про небезпеку поширення забруднення у суміжні середовища та у напрямі впливу на людину, а також про доцільність проведення спеціальних робіт із санації ґрунту.

Небезпечним вважається рівень забруднення ґрунту, який перевищує межу потенціалу самоочищення. Інакше кажучи, ґрунти вважаються забрудненими, коли концентрація нафтопродуктів у них досягає такого значення, за якого починаються негативні екологічні зміни в навколишньому середовищі: порушується екологічна рівновага в ґрунтовій екосистемі, гине ґрунтова біота, падає продуктивність або настає загибель рослин, відбувається зміна морфології, водно-фізичних властивостей ґрунтів, знижується їх родючість, створюється небезпека забруднення підземних і поверхневих вод у результаті вимивання нафтопродуктів з ґрунту і їх розчинення у воді. Тому першочерговим завданням під час виконання аналізу рівня забрудненості ґрунтів є визначення допустимих або безпечних норм умісту цього типу забруднення. Основною проблемою є власне те, що таких загальноприйнятних нормативів немає.

У Європі прийнято вважати верхнім безпечним рівнем вмісту нафтопродуктів в ґрунті 1–3 г/кг, початком серйозної екологічної шкоди −20 г/кг і вище. У країнах ближнього зарубіжжя граничнодопустимі концентрації (ГДК) нафтопродуктів у ґрунті не розроблені, за винятком Татарстану (Росія). Для Татарстану ГДК нафтопродуктів у ґрунті становить 1,5 г/кг, що відповідає транслокаційному (фітоакумуляційному) показнику шкідливості. Використовують також міграційний водний показник шкідливості (13,1 г/кг), міграційний повітряний (більше 5 г/кг) і загально-санітарний (більше 5 г/кг).

В Україні ГДК нафти і продуктів її переробки в ґрунті не визначена, є лише посилання на орієнтовно допустиму концентрацію (ОДК) 0,2 г/кг у "Методиці визначення збитку, обумовленого забрудненням і засміченням земельних ресурсів у результаті порушення природоохоронного законодавства".

У РД 41-5804046-200-91 "Охорона навколишнього середовища при будівництві розвідувальних і експлуатаційних свердловин на нафту і газ" визначена ОДК для ґрунту – 4 г/кг, який широко використовується для аналізу забрудненості ґрунтів нафтопродуктами. Цей показник дещо завищений, й орієнтування на нього не може гарантувати отримання об’єктивних оцінок, особливо зважаючи на те, що кларк вмісту нафтових вуглеводнів у ґрунті в європейських країнах коливається у межах 0,01–0,5 г/кг, а у великих містах України досить звичні показники 1–3 г/кг. На територіях, прилеглих до підприємств переробки, видобування та зберігання нафтопродуктів, фон досягає 6 г/кг.

 Ураховуючи фізико-географічні умови України (клімат, типи і склад ґрунту, рослинність та ін.), а також характер землекористування, які впливають на процеси самоочищення у разі забруднення нафтопродуктами, В.І. Соловйов пропонує прийняти такі ступені градації забруднення ґрунтів нафтою і нафтопродуктами (з урахуванням кларку): – незабруднені – до 1,5 г/кг; – слабозабруднені – від 1,5 до 5,0 г/кг; – середньозабруднені – від 5,0 до 13,0 г/кг; – сильнозабруднені – від 13,0 до 25,0 г/кг; – дуже сильно забруднені – більше 25,0 г/кг. Результати відповідного дослідження свідчать, що слабке забруднення може бути ліквідоване у процесі самоочищення ґрунту протягом наступних 2–3 років, середнє – протягом 4–5 років. Початком серйозного екологічного ушкодження є забруднення ґрунту нафтою в концентраціях, що перевищують 13 г/кг, оскільки за цих умов починається міграція нафтопродуктів у підземні води, істотно порушується екологічна рівновага у ґрунтовому біоценозі.

* 1. Екологічні засади біоіндикаційних досліджень

Основний принцип біоіндикації – це пошук індикатора , відповідного фактора та системи , яку індикують. У з в’язку з цим проведення біоіндикаційних досліджень потребує чіткого уявлення про суть , мету, і спосіб цієї операції. Процес біоіндикації складається з таких процедур:

1) вибір індиката або об’єкта індикації;

2) вибір способу та масштабу вимірювання його величини чи зміни;

3) пошук індикатора і доведення його зв’язку з цим фактором;

4) розробка шкали зміни індикаторних ознак;

5) визначення ступеня кореляції між цими фактором та індикатором ,їх зміною [8,27].

Об’єктами біоіндикації, залежно від конкретних завдань екологічного дослідження, можуть виступати різні групи живих організмів – тварини, рослини і мікроорганізми.

Тварини в цій якості цікаві як об’єкт, фізіологічно близький людині. За їх реакцією можна передбачати санітарні наслідки забруднень не тільки для природи, але і для людей.

Мікроорганізми – найбільш швидко реагуючі біоіндикатори, вони також найкраще підходять для екотоксикологічних експериментів і розшифровки біохімічних механізмів дії окремих забруднювачів на живий організм.

Рослинам відводиться особливе місце при біоіндикаторній оцінці стану навколишнього середовища. У зв’язку з автотрофним характером метаболізму рослини дуже чутливо реагують на забрудненість навколишнього середовища, виявляючи високу чутливість, особливо до дії газоподібних токсикантів, а також важких металів. На відміну від тварин, рослини, як наземні, так і багато прісноводних, міцно пов’язані зі своїм місцеперебуванням, що полегшує завдання обліку чинників, що діють на рослинний організм з боку кореневої системи, і дозволяє широко використовувати рослини з метою фітоіндикації і контролю забруднення як повітряного середовища, так і ґрунту та гідросфери. Разом з тим, зважаючи на автотрофність і прикріпленість більшості рослин на субстраті, вони є важливою складовою будь-якого біогеоценозу, в найбільшій мірі піддається впливу локальних і глобальних забруднень, що є також важливим для їх успішного застосування в цілях біоіндикації [11,41,50].

Умови застосування біоіндикаційних методів:

1) чинник не може бути виміряний (для минулих епох);

2) коли чинник важко виміряти (деякі пестициди так швидко розпадаються в ґрунті, що їх залишок майже неможливо виміряти через декілька годин);

3) чинники легко виміряти, але важко інтерпретувати.

Категорії вибору індикатора: швидка відповідь; надійність (помилка менше 20 %); простота; моніторингові можливості; постійно присутній у природі об’єкт.

На даний час при оцінці стану навколишнього середовища провідна роль відводиться фізичним і хімічним методам екологічного контролю. Їх суть зводиться до порівняння забруднення окремих компонентів природних комплексів з ГДК або ГДР. Однак існуючі системи нормативів не забезпечують екологічної безпеки екосистем.

Діюча сьогодні у практиці природокористування регламентація антропогенного впливу на природне середовище призводить до того, що екосистема навіть в ідеальних випадках контролю часто піддається надмірним навантаженням. При виявленні забруднених зон аналітичний підхід є пріоритетним, але в практиці більш широкомасштабних досліджень оцінки екологічного стану середовища – він має ряд недоліків. Крім зазначеного вище, а також високу вартість отримання репрезентативних даних, до недоліків відносять [9,41]:

1. неможливість обліку в практичній діяльності синергічного і антагоністичного ефектів полютантів;
2. нерозв’язність проблеми оцінки впливу на токсичність або інші лімітуючі властивості полютантів різноманітних природних чинників;
3. неможливість отримання інформації про вторинних ефектах дії полютантів, викликаних їх накопиченням і трансформацією в різних ланках екосистем.

Вивчення наслідків антропогенного впливу на навколишнє середовище неможливо без застосування прийомів біологічної індикації, яка дає пряму інформацію про реакцію організмів на стресові чинники

Можливість створення універсальних стандартних біотестів, що дозволяють давати оцінку загальної токсичності води, забезпечується тим, що викликане дією різних токсикантів патологічний стан організму залежить від інтенсивності неспецифічної стресової реакції. Стереотипність розвитку цієї реакції у досить високоорганізованих тварин зумовлює значну однаковість їх реагування на дію токсикантів різної природи, що дозволяє оцінювати загальну токсичність забруднених вод за допомогою універсальних (інтегруючих) критеріїв, що встановлюються відповідно до змін тих чи інших тест-функцій.

Так, методи визначення токсичності вод за допомогою біотестування за програмними цілями можна розділити на дві групи: методи оцінки загальної токсичності вод і методи індикації в воді визначених забруднювачів, наприклад, фенолів, ряду важких металів і т.п. Методи оцінки загальної токсичності води ґрунтуються на даних, що характеризують інтенсивність розвитку стресової реакції тест організмів. У біотестах, розрахованих на встановлені наявності у воді конкретних забруднювачів, токсичність доцільно оцінювати за зміною параметрів функціонування будь-якого специфічно чутливого до впливу визначається токсиканти органу, тканини або системи органів тест-організму, так званої «мішені» або «біомаркери». У цьому випадку тест-організмом може виступати будь-який біологічний об’єкт, що володіє досить чутливою «мішенню», важливо тільки, щоб реакція цієї «мішені» легко реєструвалася і не маскувалася змінами, що відбуваються в інших анатомо-фізіологічних системах організму. Цього найлегше досягти, використовуючи як тест- організми просто організовані гідробіонти, такі, як найпростіші (інфузорії), плоскі черви, моховатки і т.п [48,49].

Стратегія вибору оптимального тест-організму для визначення загальної токсичності води повинна ґрунтуватися на тому, що загальна токсичність може бути встановлена тільки відповідно до зміни функціонального стану всього організму, яке обумовлюється характером взаємодії його основних анатомо-фізіологічних систем. З цього випливає, що для визначення загальної токсичності може бути використаний тільки такий тест-організм, який має ті ж основними системами, порушення функціонування яких можуть призводити до розвитку стресу, як і у організмів, на яких передбачається поширювати результати тестування. Наприклад, якщо необхідно встановити загальну токсичність вод господарсько-питного призначення, інакше кажучи, результати біотестування повинні бути поширені на людину і сільськогосподарських тварин, то в якості тест-організмів недоцільно використовувати таких низькоорганізованих тварин, як кишковопорожнинні, моховатки, плоскі черви, неприпустимо застосування найпростіших і бактерій. Багато гідробіонтів, які відносяться до хребетних, також не можуть служити оптимальними тест-організмами для оцінки загальної токсичності вод, хоча їх організація найбільш близька до організації вищих тварин і людини. Причина небажаність використання хребетних тварин в якості тест-організмів полягає в тому, що у них в лабораторних умовах виникає сильний стрес на проведені з ними операції, що може маскувати їх реакції на оцінюваний токсикологічний чинник і, відповідно, спричинить зниження точності і достовірності отриманих результатів. Перш за все, це відноситься до риб, узятим з природних популяцій. Оптимальними для оцінки загальної токсичності води тест організмами є вищі безхребетні тварини, що мешкають у водному середовищі – молюски, членистоногі і т.д. Вони володіють всіма основними, характерними для вищих тварин анатомо-фізіологічними системами і в той же час легше і без істотних стресових реакцій пристосовуються до умов експериментів [14,17,21].

# МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

## Методика проведення досліджень за допомогою *Lemna Minor*

Методика проведення дослідження щодо визначенню присутності нафтопродуктів у водному середовищі за допомогою Ряски Малої (*Lemna minor*). Методика проведення починається із відбору проб водної середи для визначення. відібрали проби для експерименту на АТ “МОТОРО СІЧ” , а саме відібрали нафтопродукти з нафтонакопичувача та Ряску Малу із очисних споруд. Нафтопродукти ми відбирали простим зануренням ємкості в резервуар із нафтопродуктами, намагаючись зібрати лише нафтові. Ряску ми відбирали з урахуванням її особливості існування в навколишньому середовищі, на поверхні водного дзеркала.

В нафтонакопичувачах АТ “МОТОР СІЧ” зібрані різні тими МОРів із усього заводу. Більшу частину МОРів складає водорозчинні представлені такими виробниками як “PROMOL”,”CASTROL””RHENUS” та інші, усі вони знаходяться в концентрація 3 – 8% . Також там присутні вуглеводні МОРи та паста для нарізки різьби. Первинні дані про кількісні та якісні характеристики нафтопродуктів нами були отримали від АТ «МОТОР СІЧ». В загалом на цьому підприємстві використовують 26 МОРів , котрі після відпрацьовування зливаються в резервуари для подальшої утилізації.

Для проведення дослідження була проведена підготовки до нього. Підготовка полягає в розведенні відібраних проб до потрібних нам концентрацій у скляній тарі.

Дослідження розпочинається з того що нами було висаджено макрофіт в різні середовища існування з різними концентраціями нафтопродуктів. Після цього ми спостерігали за ростом та розвитком рослини. Основна ідея полягала в новому методі обробці даних, де за винятком звичайних показників таких як кількість листових пластин, довжини коріння та чисельності популяції, нами було введено новий параметр для визначення вмісту нафтопродуктів – це площа листків, що показує на інтенсивність впливу полютанта на вегетативну можливість організму в умовах постійного пригнічення.

Нами було висаджено до різних чашок Петрі по 30 рослин в одній тарі, але в різні умови існування та концентрації. Середовищем існування слугувало розведені концентрації нафтопродуктів. У 1ій чашці розведення становить 1/2 (20 мл нафтопродукти + 40мл дистиляту) в 2ій чашці 1/5(10мл нафтопродуктів + 50мл дистиляту) в 3ій чашці 1/10( 6мл нафтопродуктів + 60 мл дистиляту), до 4ої чашці,як до контролю у дослідженні, було додано дистильовану воду. Об’єкт дослідження було встановлено на максимально комфортні умови для росту і розвитку тест-об’єкта, температура приміщення більше + 15°С , вологість ~ 80% а також джерело постійного світла.

Через тиждень експозиції ми дістали по 10 рослин із кожної чашки та провели заміри таких параметрів: кількість листкових пластин, площу листкової частини, довжину кореневища та масу рослини. Заміри листків та коріння ми проводили за допомогою штангенциркуля , на препараторському склі . Масу рослини ми важили за допомогою торсіонних ваг, перед цим висушивши її на фільтровому папері . Таким чином ми проводили виміри для усіх 40 рослин із кожної мікроекосистеми. Так ми робили заміри на різних концентраціях 1/2 , 1/5 , 1/10 та контролі.

Площу листкової пластини ми виміряли за допомогою штангенциркуля та препараторського скла . Ми брали досліджуваний зразок , розміщували його на склі та міряли діаметри листової пластини та довжину кореня.

На наступний тиждень , після попередніх замірів, ми провели повторні заміри тих самих даних , використовували такі самі вимірювальні прилади.

## Методика проведення вимірювань за допомогою *Cypridopsis vidua*

Загальна схема проведення тестування токсичності відходів по відношенню до культури *Cypridopsis vidua* складається з двох основних етапів. Підготовка до експерименту та проведення експерименту.

 Етапи підготовки до проведення експерименту:

1. збір інформації, щодо досліджуваного середовища існування;
2. відбір організмів для проведення тестування. Тест-культура поміщується у досліджувані розчини по 10 особин та починається експеримент.

В ході експерименту ракообразні на протязі 96 годин експонуються у розчинах водного середовища. Під час проведення експерименту тест-

Спосіб оцінки токсичності промислових відходів, при якому здійснюють експонування тест-культури водних ракоподібних *Cypridopsis vidua*, що володіє чутливістю до нафтопродуктів з промислових відходів без розведення і в діапазоні розведень від 1/10 до 1/1000000 протягом 96 годин при температурі 18-22 °С у повторах, з паралельно постановкою контрольного тесту, шляхом експонування даної тест-культури при тих самих умовах води, використаної для розведення. Підрахунок кількості іммобілізованих особин In відбувався за формуло 1.

 In= (X k(cp)-X dn(cp))/Xk(cp) (1)

де In – індекс іммобілізації для n-го розведення, %;

X k (ср) – середня арифметична кількість іммобілізованих особин у контролі;

X dn (ср)  – середня арифметична кількість іммобілізованих особин у контролі для n-го розведення. На основі отриманих значень, визначають показники LID, відповідав ший найменшій кратності розведення досліджуваних проб, котрі не впливають на ріст та розвиток тест-об’єкта.

В залежності від показників LID визначали ступінь токсичності середовища. Якщо LID> 1/10000 промислові відходи розцінюють як надзвичайно небезпечні і відносять до I класу небезпеки; якщо значення LID знаходиться в діапазоні від 1/10000 до 1/1001, то промислові відходи оцінюють як високонебезпечні і відносять до II класу небезпеки; якщо значення LID знаходиться в діапазоні від 1/1000 до 1/101, то промислові відходи оцінюють як помірно небезпечні і відносять до III класу небезпеки; при значенні LID <1/100 промислові відходи оцінюють як малонебезпечні і відносять до IV класу небезпеки; при відсутності токсичної дії без розведення, то вважається що таке середовище відноситься до малотоксичних й має V клас небезпеки.

Після 96 годин проводиться аналіз та підрахунок кількості іммобілізованих особин. Іммобілізацією вважається відсутність у ракообразних здатності до переміщення у продовж 15 секунд після легкого струшування тестованого субстрату.

Найменша кратність розведення водної витяжки, не надає токсичного впливу (LID), – це експериментально встановлена найменша кратність розведення водної витяжки, що викликає зміна тест-реакції (в даному випадку іммобілізацію) не більше ніж у 10% особин, що тестується популяції Cypridopsis vidua по порівняно з контролем протягом 96-годинної експозиції.

На підставі значення LID судять про токсичність промислових відходів і встановлюють їх клас небезпеки відповідно по діапазонами кратності розведення, серед представленими в табл. 2.1.

Таблиця 2.1.– Клас небезпечності відповідно до діапазонів кратності розведення

|  |  |
| --- | --- |
| Клас небезпечності промислових відходів | LID (найменша кратність розведення водної витяжки, не надає токсичного впливу) |
| І клас небезпеки | Більше 10000 |
| ІІ клас небезпеки | 10000-1001 |
| ІІІ клас небезпеки | 1000-101 |
| ІV клас небезпеки | 100 й нижче |
| V клас небезпеки | 1 |

# ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

* 1. Ряска мала в оперативному контролі токсичності водного середовища

Для встановлення негативного впливу розчинів мастильно-охолоджуючої рідини (МОР) на біоту водних екосистем проводили біотестування стічних вод із МОР за допомогою ряски малої (*Lemna minor* L.). Рослини роду *Lemna* активно реагують не тільки на важкі метали. За їх допомогою можна визначити загальну токсичність вод. Тобто, токсичні речовини, що містяться у воді, можуть істотно впливати на ростові процеси ряскових, і особливо чітко це проявляється на *Lemna minor*. Найчастіше характерним за інгібування росту рослин є менша кількість сформованих листеців порівняно з контролем. Вплив розчинів МОР на ряску малу оцінювали як різницю параметрів між початком та кінцем експерименту. Досліджували площу листеців, кількість листеців, довжину корінця, біомасу рослини.

При біотестуванні розчинів МОР із різною концентрацією в контрольній мікроекосистемі кількість листеців у досліджених рослин варіювала в межах 1-4, а їх площа коливалась у межах від 1,57 мм2 до 204,63 мм2. Також у контрольних рослин ряски малої довжина корінців була у межах 2,2-8,0 мм, а біомаса рослин варіювала від 1 мг до 4 мг.

При тижневому експонуванні ряски малої в мікроекосистемах у розчинах МОР з різною концентрацією було зафіксовано зниження майже всіх ростових середніх параметрів рослин в забруднених розчин. Тільки у рослин які експонувались у розчину МОР з концентрацією 1/2 їх середня біомаса була вище біомаси рослин в контролі.

Найбільш суттєві зміни двох параметрів ряски малої були виявлені у концентрованому розчині МОР (концентрація 1/2), де приріст площі листеців становить 2,46 мм2, а відсоток кількості листеців у порівнянні із контролем становив 40,7% (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Біоіндикаційні показники *Lemna minor* в умовах водних мікроекосистем (на 7 добу експозиції у розчинах МОР)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Розчини МОР | Кількість листеців | Площа листеців, мм2 | Довжина корінця, мм | Біомаса рослин, мг |
| Контроль  | 2,70± 0,12 | 27,27± 6,95 | 4,96± 0,21 | 1,70± 0,19 |
| Концентрація МОР 1/2 | 1,10± 0,04 | 2,46± 0,14 | 2,52± 0,13 | 2,00± 0,12 |
| Концентрація МОР 1/5 | 1,60± 0,06 | 2,53± 0,18 | 1,71± 0,08 | 1,50± 0,11 |
| Концентрація МОР 1/10 | 2,20± 0,12 | 3,51± 6,95 | 1,64± 0,21 | 1,50± 0,12 |

Найменші параметри ряски малої за довжиною корінця та біомаси рослин були встановлені для мікроекосистем із концентрацією розчинів МОР при співвідношенні їх розведення 1/5 та 1/10. Так, при концентрації МОР 1/5 та 1/10 відсоток довжини корінця у порівнянні з контролем становив 34,5% та 33,1%, відповідно. Середня біомаса рослин ряски малої при вирощувані їх при цих концентраціях МОР також знижувалась відносно контролю й становила за середніми показниками 1,5 мг.

Слід зазначити, що в мікроекосистемі із концентрацією МОР в співвідношенні 1/10 середні показники розвитку ряски малої (кількість листеців та площа листеців) були дещо вищими від цих показників рослин, які експонувалися у розчинах МОР із підвищеною концентрацією (при співвідношенні 1:2 та 1:5). Середня кількість листеців та площа листеців ряски малої приросла у розчині МОР з концентрацією 1/10 у порівнянні з контролем: відсоток приросту становив 81,5% та 12,9% відповідною.

Для всіх досліджуваних розчинів МОР також обчислювали фітотоксичний ефект (*Em*) полютанту. Про наявність фітотоксичного ефекту робили висновок, якщо *Em* > 20. За кількісними даними для кожної мікроекосистеми із розчином МОР обчислили значення фітотоксичного ефекту. Таблиця 3.2 містить середні значення довжини корінців ряски малої, що культивувалась на досліджених розчинах МОР.

Таблиця 3.2 – Середні значення довжини корінців (L, мм) та фітотоксичний ефект *Lemna minor* протестованої на 7 добу експозиції у розчинах МОР

|  |  |
| --- | --- |
| Показники  | Розчини МОР |
| Контроль | \*Концентрація МОР 1/2 | \*Концентрація МОР 1/5 | \*Концентрація МОР 1/10 |
| Середня L корінців | 4,96±0,21 | 2,52±0,13 | 1,71±0,08 | 1,64±0,21 |
| Фітотоксичний еффект, (*Em)* |  | + 49% | + 66% | + 67% |

Примітка. \*L корінців ряски малої достовірно відрізняється від контролю при (p < 0.05)

За результатами біотестування наведені дані свідчать про те, що всі розчини МОР із різною їх концентрацією гальмують ростові процесу коренців ряски малої. Це підтверджується показниками фітотоксичного ефекту, які у всіх досліджених зразках більше 20%. Отже корінці ряски малої є чутливими до розчинів МОР у досліджених концентраціях.

На другий тиждень експерименту біотестування розчинів МОР у контролі кількість листеців у досліджених рослин ряски малої варіювала в межах 2-4, а їх площа коливалась у межах від 14.30 мм2 до 316,32 мм2. Також у контрольних рослин ряски малої довжина корінців була у межах 4.0-18,3 мм, а біомаса рослин варіювала від 2 мг до 5 мг.

В цілому за результатами біотестування було встановлено, що найбільші суттєві зміни ростових параметрів ряски малої зафіксовані у мікроекосистемах при розведені МОР у співвідношенні 1/2 та 1/5. Так при експонуванні рослин ряски малої при цих концентраціях МОР відсоток кількості листеців та їх площа у порівнянні із контролем знижувалась та становила 32% та 27% відповідно, таблиця 3.3.

Таблиця 3.3 – Біоіндикаційні показники *Lemna minor* в умовах водних мікроекосистем (на 14 добу експозиції у розчинах МОР)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Розчини МОР | Кількість листеців | Площа листеців, мм2 | Довжина корінця, мм | Біомаса рослин, мг |
| Контроль | 3,80± 0,07 | 110,00± 9,30 | 10,21± 0,61 | 3,20± 0,13 |
| Концентрація МОР 1/2 | 1,20± 0,07 | 2,97± 0,10 | 3,43± 0,15 | 1,60± 0,08 |
| Концентрація МОР 1/5 | 1,10± 0,20 | 2,81± 0,20 | 1,49± 0,10 | 1,20± 0,09 |
| Концентрація МОР 1/10 | 1,90± 0,07 | 7,18± 0,67 | 2,63± 0,14 | 2,30± 0,07 |

Також при концентраціях МОР у досліджених розчинах у співвідношенні 1/2 та 1/5 відсоток довжини корінця ряски малої у порівнянні з контролем становив 33,6% та 14,6%, відповідно. Середня біомаса рослин ряски малої при вирощувані їх при цих концентраціях МОР також знижувалась відносно контролю й становила за середніми показниками 1,6 мг та 1,2 мг, відповідно.

Середні показники ряски малої, яка експонувалася за досліджений період у розчині МОР при розведені 1/10 були вищими за аналогічні середні показники рослин, які досліджувались при більш високих концентраціях МОР (концентрація 1/2 та 1/5). Але ці зафіксовані ростові параметри ряски малої були суттєво нижчими від параметрів ряски малої, що експонувалась у контролі.

У таблиці 3.4 містить середні значення довжини корінців ряски малої, що культивувалась на досліджених розчинах МОР упродовж 14 діб в лабораторних умовах.

Таблиця 3.4 – Середні значення довжини корінців (L, мм) та фітотоксичний ефект *Lemna minor* протестованої на 14 добу експозиції у розчинах МОР

|  |  |
| --- | --- |
| Показники  | Розчини МОР |
| Контроль | \*Концентрація МОР 1/2 | \*Концентрація МОР 1/5 | \*Концентрація МОР 1/10 |
| Середня L корінців | 10,21±0,61 | 3,43±0,15 | 1,49±0,10 | 2,63±0,14 |
| Фітотоксичний еффект, (*Em)* |  | + 66% | + 85% | + 74% |

Примітка. \*L корінців ряски малої достовірно відрізняється від контролю при (p < 0.05)

За результатами біотестування наведені дані свідчать про те, що всі розчини МОР із різною їх концентрацією гальмують ріст корінців ряски малої. Це підтверджується показниками фітотоксичного ефекту, які у всіх досліджених зразках більше 20%. Слід також зазначити, що фітотоксичний ефект розчинів МОР на ріст корінців ряски малої на 14 добу експонування проявлявся біль сильніше, що підтверджують показники фітотоксичного ефекту, які були вищими на цей період у порівнянні із 7 добовою експозицією.

Таким чином, зафіксовано пригнічення росту всіх досліджуваних показників ряски малої при біотестуванні розчинів МОР різної концентрації. При культивуванні ряски малої в контрольному зразку всі досліджені ростові параметри рослин навпаки збільшувались з часом експозиції.

За результатами вимірювань середньої довжини корінців, площі корінців та підрахунку кількості листеців у рослин ряски малої можна стверджувати, що найбільш токсичними для цих показників були розчини із концентрацією МОР у співвідношенні 1/2 та 1/5, тобто найбільш концентровані розчини МОР.

Метод біотестування водного середовища за допомогою Ряски Малої є придатний для використання через доступність її культивування у лабораторних умовах і достатньою вивченістю її морфологічних характеристик, може використовуватись для індикації та оцінки ступеня забруднення поверхневих вод розчинами МОР та інших нафтопродуктів.

* 1. Cypridopsis vidua як тест-модель для оцінки токсичності відпрацьованої мастильно-охолоджуючої рідини

На основі проведеного аналізу структури водних безхребетних поверхневих водойм Запорізького регіону з урахуванням вимог, які висиваються до тест-обєктів, в якості потенційної тест-моделі для оцінки гострої токсичності, нами був запропанований вид дрібних ракушкових ракоподібних *Cypridopsis vidua* (Muller O. F., 1776), що належить до ряду *Ostracoda*.

На стадії попередньої оцінки можливості використання виду в якості моделі були виявлені певні переваги цього індикаторного організму, які проявилися в невибагливості до умов культивування та у простоті обліку результатів досліду.

Дослідження щодо оцінки гострої токсичності відпрацьованої мастильно-охолоджуючої рідини полягали в експонуванні *Cypridopsis vidua* у водних розчинах тестуємої речовини в діапазоні певних концентрацій у статичному режимі упродовж 96 годин в умовах лабораторії. В якості тест-обєктів використовували молодь віком до 2 тижнів та розміром 0,3 мм із синхронізованих партеногенетичних культур. Для приготування тестуємих розчинів певної концентрації та у якості негативного контролю використовувалась відстояна упродовж трьох діб водопровідна вода. Упродовж тестування водних безхребетних не годували. Облік результатів тест-реакції проводили через 96 годин. Критерієм гострої токсичної дії вважали іммобілізацію (відсутність у тварин здатності до руху упродовж 15 секунд після легкого взболтування тестуємого субстрату). Тест вважався дієвим, якщо в контролі іммобілізованих ракоподібних не перевищувало 10%.

Для встановлення токсичності мастильно-охолоджуючої рідин, спочатку проводили її розведення у такому співвідношені: 1/5; 1/10; 1/100; 1/1000; 1/10000; 1/100000 для приготування водних витяжок.

Результати біотестування тестуємих розчинів мастильно-охолоджуючої рідини представлені в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 – Тестування водних витяжок відпрацьованої мастильно-охолоджуючої рідини за допомогою ракоподібних *Cypridopsis vidua.*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Кратність розведення (рази) | Кількість тварин | Кількість іммобілізованих тварин (середнє арифметчне за паралельними серіями) | Індекс іммобілізації тварин (%) |
| Хср. контрль | Хср. дослід |
| 5 | 10\*3 | 0 | 10 | 100 |
| 10 | 10\*3 | 0 | 10 | 100 |
| 100 | 10\*3 | 0 | 8 | 80 |
| 1000 | 10\*3 | 0 | 4 | 40 (>10) |
| 10000 | 10\*3 | 0 | 0 | 0 (≤10) |
| 100000 | 10\*3 | 0 | 0 | 0 |

За результатами біотестування можимо побачити, що розведення мастильно-охолоджуючої рідини в 5, 10, 100 та 1000 разів в гострому досліді призводить до іммобілізації водних безхребетних у діапазоні від 40% до 100%. При розведенні тестуємої рідини в 10000 та в 100000 разів загибель ракушкових раків не відбувається, й виконується умова щодо не перевищення 10% іммобілізованих ракоподібних у контролі.

В цілому можна зробити узагальнення на основі проведених досліджень. Згідно відомих даних щодо класу небезпеки промислових відходів, які були розроблені на основі використання ракушкових ракоподібних *Cypridopsis vidua* в якості тест-обєктів (див. табл. 3.6) відпрацьована мастильно-охолоджуюча рідина моторобудівного заводу АТ «Мотор Січ» відноситься до II класу небезпеки, а саме до «небезпечних».

Таблиця 3.6 – Токсичність та клас небезпеки промислових відходів у відповідності із діапазонами кратності розведення за даними.

|  |  |
| --- | --- |
| Клас небезпеки промислового відходу | Найменша кратність розведення водної витяжки, яка не виявляє токсичного впливу на ракоподібних із тест-культури *Cypridopsis vidua* |
| І дуже небезпечні | більше 10000 |
| ІІ небезпечні | 10000−1001 |
| ІІІ помірно небезпечні | 1000−101 |
| IV слабо небезпечні | 100 й нижче |
| V нетоксичні | 1 |

# ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Охорона праці займає одне з провідних місць в організації виробництва, проведенні наукових досліджень. Правила з охорони праці спрямовані на попередження професійних захворювань, травм, смерті у випадку нещасних випадків [74-76].

Експеримент до моєї дипломної роботи проводився в лабораторії № 112 на кафедрі загальної та прикладної ентомології і зоології, яка обладнана водопроводом, системою каналізації, опалювання та вентиляції згідно ДБН В.2.5-64-2012. В процесі проведення експериментів використовував електричне устаткування, оптичні прилади. Через те що будь-які лабораторні досліди не повинні виконуватись поодинці , тому всі досліди я проводив в присутності викладача або лаборанта [62].

Перед початком роботи я прослухав первинний та первинний інструктаж з охорони праці та пожежної безпеки науковим керівником за інструкцією № 129 з охорони праці. Оскільки дипломна робота пов’язана з перебуванням у приміщені лабораторії, то мною були виконанні всі вимоги правил індивідуального та колективного захисту. Основними небезпечними фактори при виконанні роботи, які можуть виникнути пов’язані зі зміною показників (відносна вологість повітря, температура повітря, швидкість руху повітря, атмосферний тиск) мікроклімату в лабораторії, ураження електричним струмом, отруєння парами нафтопродуктів, потрапляння нафтопродуктів до тіла та інші. При роботі в лабораторії можуть виникати травми різного характеру внаслідок невмілого використання приладів та інструментів [63, 64].

Перед початком роботи треба: переодягти спеціальний одяг і отримати дозвіл на виконання роботи, ознайомитись із правилами безпеки робіт, обладнанням, матеріалами та інструментом. Перевірити захисне заземлення (занулення) на приладах, що будуть задіяні у роботі. Не дозволяється знаходитись у лабораторії у верхньому одязі. Упевнитись у наявності засобів гасіння вогню і надання першої долікарської допомоги.

У робочій зоні лабораторії повинні дотримуватися визначені параметри температури, вологості, освітлення, швидкість переміщення повітря, усе повинно відповідати вимогам ДНАОП 0.03-15-86. [69].

Після закінчення роботи потрібно привести в належний стан робоче місце, зачинити вікна, перевірити чи закриті водопровідні крани, вимкнути вентиляцію та освітлення. Після виконання роботи викладач обов'язково оглядає приміщення, вимикає електроживлення [70].

Техніка безпеки поряд з виробничою санітарією є частиною охорони праці. У разі виникнення екстремальної ситуації треба негайно повідомити керівника робіт. При попаданні під дію електричного струму, треба негайно вимкнути напругу. У разі виникнення напруги на корпусах обладнання, треба вимкнути мережу чи прилад. Вміти використовувати вуглекислотний або порошковий вогнегасники, та різні підручні засоби при виникненні пожежі. Під час мого досліду використовується електричне обладнання, тому потрібно вчасно та правильно надати допомогу при враженні електричним струмом [65].

У всіх випадках виникнення екстремальних ситуацій треба надати першу долікарську допомогу.

Якщо б стався нещасний випадок, я б діяв таким чином при ураженні електричним струмом: ураження електричним струмом трапляється через пошкодження електроприладів та проводки, необережного поводження та недотримань техніки безпеки. Проходження електричного струму через тіло людини може викликати різні зміни в тканинах та органах.

Електроопік невеликих розмірів буває в місцях входу та виходу струму (знаки току) і має вигляд темних плям. Загальне ураження організму струмом може викликати різні розлади: від незначних больових відчуттів до сильного скорочення м'язів, коли потерпілий не може розігнути руку і звільнитися від дроту, до розладу психіки, нервової системи, дихання і серцевої діяльності

Рятування потерпілих від впливу електричного струму залежить від швидкості звільнення його від струму, а також від швидкості та правильності надання йому допомоги. Зволікання може зумовити загибель потерпілого. При ураженні електричним струмом смерть часто буває клінічною, тому ніколи не слід відмовлятися від надання допомоги потерпілому і вважати його мертвим через відсутність дихання, серцебиття, пульсу. Вирішувати питання про доцільність або непотрібність заходів з оживлення та винести заключения про його смерть має право лише лікар. Якщо потерпілий при свідомості і не жаліється, то все ж слід пам'ятати, що дія електричного струму на організм може проявитися не зразу, а через деякий час. Саме тому потерпілого необхідно терміново доставити в лікарню. При відсутності пульсу і дихання терміново приступають до штучного дихання і масажу серця [72].

Якщо потерпілий при свідомості та стійке дихання і є пульсом, але до цього втрачав свідомість, його слід покласти на підстилку з одягу, розстебнути одяг, котрий утруднює дихання, забезпечити приплив свіжого повітря, розтерти і зігріти тіло та забезпечити повний спокій, дати понюхати нашатирний спирт, сполоснути обличчя холодною водою. Якщо потерпілий, котрий знаходиться без свідомості, прийде до тями, слід дати йому випити 15 – 20 краплин настоянки валеріани і гарячого чаю. Ні в якому разі не можна дозволяти потерпілому рухатися, а тим більше продовжувати роботу, оскільки відсутність важких симптомів після ураження не виключає можливості подальшого погіршення стану. Лише лікар може робити висновок про стан здоров'я потерпілого. Якщо потерпілий не дихає і судорожно, але у нього не намацується пульсу необхідно відразу зробити йому штучне дихання.

За відсутності дихання та пульсу у потерпілого внаслідок різкого погіршення кровообігу мозку розширюються зіниці, зростає синюшність шкіри та слизових оболонок. У таких випадках допомога повинна бути спрямована на відновлення життєвих функцій шляхом проведення штучного дихання та зовнішнього (непрямого) масажу серця. Потерпілого слід переносити в інше місце лише в тих випадках, коли йому та особі, що надає допомогу, продовжує загрожувати небезпека або коли надання допомоги на місці неможливе. Для того, щоб не втрачати час, не слід роздягати потерпілого. Не обов'язково, щоб при проведенні штучного дихання потерпілий знаходився в горизонтальному положенні, необхідно відразу розпочати проведення штучного дихання та масажу серця і робити це до появи самостійного дихання і відновлення діяльності серця або передачі потерпілого медичному персоналу [73, 74].

Пожежна безпека в стінах вищого навчального закладу регламентується, Наказом МВС України № 1417 від 30.12.2014 «Про затвердження правил пожежної безпеки в Україні», Наказом Ректора ЗНУ № 422 від 27.10.2009 р. «Затвердження інструкції з пожежної безпеки в підрозділах університету» та Наказом Ректора ЗНУ № 304 від 18.08.2015 «Про протипожежну безпеку в університеті». Згідно цих документів визначено правила дотримання пожежної безпеки, відповідальних за дотримання цих правил та інструкції котрі визначають порядок дій під час нещасного випадку.

В лабораторіях та кабінетах необхідно розміщати тільки необхідну меблі, прилади, обладнання, речі та інше, які повинні зберігатись в шафах та стаціонарно установлених стійках. Забороняється використовувати побутові електрокип’ятильники та праски. Всі електроустановки номінальна напруга яких перевищує 36 В, а також інші електроприлади котрі можуть виявитись під напругою повинні мати заземлення,захист від струму короткого замикання та інших відхилень від нормальних режимів роботи, що можуть привести до виникнення пожежі згідно  [НПАОП 40.1-1.32-01](https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01). Настільні лампи, радіоприймачі, обчислювальні машини і т.п. дозволяється включати в мережу за допомогою штепсельних з’єднань промислового виробництва. Забороняється користуватись відкритим вогнем та легкозаймистими матеріалами. Всі роботи, пов'язані з можливістю виділення токсичних і пожежо–вибухо–небезпечних пару і газу, повинні проводитись тільки у витяжних шафах, обладнаних вентиляцією. Не допускається розміщати папір, одяг і інші горючі матеріали на нагрівальні прилади та системи опалення. Палити в приміщенні лабораторії забороняється. У разі виявлення пожежі (ознак горіння), задимленості, чи сповіщення третьої особини про такі випадки, кожен зобов'язаний негайно повідомити про це до пожежно-рятувальної служби за телефоном «101», вказати при цьому точну адресу, кількість поверхів, місце виникнення та стан пожежі, наявність людей, а також своє прізвище.

Техніка безпеки поряд з виробничою санітарією є частиною охорони праці. Під технікою безпеки розуміють сукупність технічних засобів і прийомів виконання операції, що зводять до мінімуму ризик на роботі.

Дотримувалась правил протипожежної безпеки. При виникненні пожежі, в першу чергу, дії повинні бути спрямованні на забезпечення безпеки та евакуації людей. При виявленні пожежі необхідно вимкнути від енергопостачання прилади та обладнання; приступити до гасіння пожежі первинними засобами пожежогасіння, а при неможливості здійснення даних дій, вийти з приміщення, щільно зачинити за собою двері та вікна щоб запобігти приливу свіжого повітря, що сприятиме швидкому поширенню вогню. Негайно викликати пожежну охорону [77].

Треба систематично слідкувати за справністю електричної апаратури, самостійний ремонт електрообладнання забороняється.

Необхідно припинити роботу на електрообладнанні при:

* появі диму або специфічного запаху, характерного для ізоляції, що горить;
* появі навіть слабої дії електроструму;
* появі підвищеного шуму, стуку, вібрації тощо;
* при раптовому припиненні роботи електроустаткування (зникнення напруги, заклинення частин приладу, що рухаються (центрифуга тощо), воно повинно бути вимкнено вимикачем [78].

 Маючи такі теоретичні знання мені було безпечно працювати в лабораторії, а це дуже важливо, так як багато каліцтв та смертей виникає в Україні внаслідок нехтування правилами безпеки. Дякуючи моїм знанням з охорони праці, об’єм дипломної роботи виконаний без негативних наслідків.

На всі види робіт, що являють собою потенційну небезпеку повинна бути підготовлена документація, що узгоджується з керівником робіт. Для запобігання виникнення нещасних випадків, пожеж і вибухів слід чітко виконувати правила з техніки безпеки, виробничої санітарії й пожежної профілактики. Експерименти треба проводити з дотриманням умов безпеки праці, уважно та з після знайомлення із методикою проведення експерименту, приладами, інструментами. Студенти, лаборанти та викладачі повинні бути вдягнуті в засоби індивідуального захисту (халат, окуляри, маска, рукавички) в залежності від виду роботи та ймовірного негативного впливу на виконавця даних робіт .

Всі електроні прилади, які використовуються в лабораторії мають бути заземлені. Площа, що припадає на одного працюючого повинна бути не меншою 4,5 м². В лабораторії слід проводити вологе прибирання і регулярне провітрювання впродовж робочого дня. В лабораторії заборонено палити .[]

Для оформлення даної роботи було використано електронну обчислювану техніку. Вмикання її до електричної мережі здійснюється тільки через спеціально встановлені електричні розетки або вилки із заземленням. Шкідливі фактори, що діють при роботі на комп’ютерах: навантаження на зоровий апарат, опорно–руховий апарат, а також емоційного та психологічного характеру; вплив на зір апаратура здійснює через фактори: яскравості зображення, колір, відповідність символів, відстань між рядками, стійкість зображення.

Площа, що припадає на одного працюючого з дисплеєм, повинна бути не менше 6,0 м2, відстань між робочими місцями повинна бути не менше 1,5 м в ряду, і не менше 1,25 м між рядками [65, 66].

Відстань від очей до екрану дисплея повинна становити 50 – 70 см, кут зору 10 – 200, але не більше 400. Тривала робота з комп’ютером призводить до іонізації приміщення позитивними та негативними іонами, через кожну годину треба робити 20 хвилинні перерви. Після закінчення робіт необхідно від’єднати апаратуру від електромережі [67, 68]. Студент може відмовитись від дорученої роботи, якщо склалася виробнича ситуація, що небезпечна для його життя чи здоров’я, або оточуючих його товаришів.

# ВИСНОВКИ

1. Всі апробовані показники фітотесту із використання *Lemna minor* та *Cypridopsis vidua* може бути використано для розроблення  експрес-методики щодо визначення токсичності води забрудненої мастильно-охолоджуючою рідиною.
2. Найбільш індикативними показниками для визначення присутності у водному середовищі відпрацьованої мастильно-охолоджуючої рідини для *Lemna minor* є ростові параметри надводної частини, а саме кількість листців у рослини. Зафіксовано пригнічення росту всіх досліджуваних показників при біотестуванні розчинів досліджених нафтопродуктів.
3. За результатами вимірювань середньої довжини корінців, площі листців та підрахунку кількості листців у водної рослини, встановлено, що найбільш токсичними були розчини з вмістом нафтопродуктів при розведені 1/2 та 1/5 у порівнянні з контролем.
4. Біотестування водного середовища на присутність мастильно-охолоджуючої рідини за допомогою *Cypridopsis vidua* є більш ефективним, ніж за допомогою *Lemna minor* через надто чутливу реакцію ракоподібних на вміст нафтопродуктів у середовищі існуванні.
5. На основі використання ракушкових ракоподібних *Cypridopsis vidua* в якості тест-обєктів встановлено, що відпрацьована мастильно-охолоджуюча рідина моторобудівного заводу АТ «Мотор Січ» відноситься до II класу небезпеки, а саме до «небезпечних».
6. Метод біотестування водного середовища за допомогою *Cypridopsis vidua* є більш доцільними для використання за умови незначної токсичності, й порівняльним аналізом з іншими тест-об’єктами.

# ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гринчишин Н. М. Реабілітація ґрунтів, забруднених аварійними виливами нафтопродуктів. *Науковий вісник НЛТУ України*, 2012. : Вип. 22.7. С. 43–49.

2. Кравченко О. В. Вуглецеві сорбенти для ліквідації нафтових забруднень: дис. ... канд. хім. наук : 21.06.01 / Інститут сорбції та проблем ендоекології. Київ., 2006. 141 с.

3. Каменщиков Ф. А., Богомольный Е. И. Нефтяные сорбенты. Красноярск 2005. 268 с.

4. Матвєєва О. Л. Дослідження характеру сорбції матеріалу на основі торф’яного мха роду Sphagnum. *ВосточноЕвропейский журнал передових технологий*. 2014. т. 5. С. 30–35

5. Огородникова А. А. Система автоматизированного мониторинга загрязнений морской среды залива Петра Великого. *Материалы региональной научно-практической конференции «Совершенствование системы защиты морских акваторий и прибрежных зон от загрязнений нефтью»* Владивосток, 2001. С. 102- 105.

6. Білокопитов Ю. Проблема очищення поверхневих і стічних вод від нафтопродуктів. *Наукові праці. Техногенна безпека.* 2013. Вип. 198., т. 210. С. 147-149.

7. Жмылев П. Ю., Кривохарченко И. С., Щербаков А. В. Семейство рясковые. *Биологическая флора Московской области*; Вып. 10. Москва.; изд-во «Аргус», 1995. С. 116-124.

8. Высшие водные растения для очистки сточных вод: в 4 т. / Ю.А. Тарушкина и др. Москва. 2006. т.5. С.36 – 39

9. Н.С. Хорбут, С.С. Костишин. Біоіндикаційна оцінка якості води в райтонаї нафтодобування (за допомогою макрофітів).  *Науковий вісник Ужгородського університету Серія Біологія*. Ужгород, 2007 Вип. 20. С. 63-65

10. Владимирова И.Н., Георгиянц В.А. Биологически активные соединения Lemna minor S.F.gray . *Химико-фармацевтический журнал*. Москва, 2013.Вип. 11. С. 29-31.

11. Владимирова І.М. Стандартизація підходів до цілеспрямованого пошуку лікарських засобів рослинного походження для лікування захворювань щитоподібної залози: Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора фарм. наук. Харків, 2014. 44 с.

12. Kononenko A. G., Kravchenko V. N. Influence of tincture from lemma minor frond on thyroid gland function in experimental hypothyroidism. *Journal of Education, Health and Sport*. 2016. № 6. Р. 606-618.

13. О.Е. Яремко, Г.Л. Антоняк. Перспективы использования Ряски (Lemna Minor L.) в сельском хозяйстве. г. Дубляны, 1998. 213 с.

14. Heip C., Vincx M, Vranken G. The ecology of marine nematodes. *Oceanogr Oceanography and Marine Biology Annual Review*. 1985. № 23. P. 399–489.

15. Coull B.C., Chandler G.T Pollution and meiofauna: field, laboratory and mesocosm studies . *Oceanography and Marine Biology Annual Review*. 1992. № 30. P. 191–271.

16. Moens T., Van Gansbeke D., Vincx M. Linking estuarine nematodes to their suspected food: a case study from the Westerschelde estuary (south-west Netherlands) *. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 1999. № 79. P. 1017–1027.

17. Tränckner J. Integrated Water Resource Management Approach to Improve River Water Quality *“Polish Geological Institute. Portal CBDG”*. веб-сайт. URL: <http://geoportal.pgi.gov.pl/portal/page/portal/tgm/program/TR%C3%84NCKNER_TUD.pdf> (дата звернення: 12.10.2019).

18. Ertel A.M., Lupo A., Scheifhacken N., Bodnarchuk T., et. al. Heavy load and high potential: anthropogenic pressures and their impacts on the water quality along a lowland river (Western Bug, Ukraine). *Environmental Earth Sciences*. 2005 Р.168

19. Динаміка вмісту показників по руслу р. Західний Буг. *“Західно-Бузьке басейнове управління водних ресурсів”*: веб-сайт. URL: <http://zbbuvr.lutsk.ua/Monitoring/Analyse.html> (дата звернення: 12.10.2019).

20. Экологические попуски Киевской ГЭС. О. П. Оксиюк та ін. Київ, 2003.   72 с.

21. Шитиков В. К. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти, 2003. 463 с.

22. Спосіб визначення асиміляційного потенціалу у водній системі річки: пат. 94025 Україна: МПК G02N31/28. №U201405131; заявл. 15.05.14; опубл. 27.10.14, Бюл. № 27.

23. Определитель высших растений Украины / за. ред.: IO. Н.Прокудин. Київ: Наук, думка, 1987. 548 с

24. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / О. М. Арсан та ін.; за заг. ред. В. Д. Романенка. Київ: ЛОГОС, 2006. 408 с

25. Меннинг У. Дж., Федер У. А. Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений. Львів, 1985. 243 с

26. С. Гейны, К. М. Сытник. Макрофиты - индикаторы изменений природной среды. Київ, 1993. 434 с.

27. Катанская В. М. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР. Львів, 1981. 187 с

28. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / О.П.Мелехова, Е.И. Сарапульцева, Т.И. Евсеева и др.; под ред.О.П. Мелеховой и Е.И. Сарапульцевой. 2-е изд., испр. М.: Академия, 2008. 288 с.

29. Бродский А.К. Введение в проблемы биоразнообразия: Иллюстрированный справочник. Санкт-Петербург, 2002. 144 с.

30. Т. В. Веселова, В. А. Веселов, Д. С. Чернавский. Стресс у растений (Биофизический подход). Москва , 1993. 144 с.

31. Герасимов И.П. Научные основы современного мониторинга окуражющей среды. *Известия Академии наук СССР: Серия географическая.* 1975. № 3. С. 13–25.

32. Гродзинский Д.М. Биофизика растения: Монография. Киев., 1972. 256 с.

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

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

35. Захаров В.М. Мориторинг здоров’я среды на охраняемых территориях . Москва, 2001. 78 с.

36. Злобін Ю.А. Основи екології: Підручник Київ, 1998. 248 с.

37. Barinova S. Algal diversity dynamics, ecological assessment, and monitoring in the river ecosystems of the eastern Mediterranean. *Nova Science Publishers.* New York, 2011. 363р.

38. How water quality in the Kabul River. Can be determined with algal bio-indication. / Barinova S., Khuram I., Ahmad N., Jan S., et al. *Advance Studies in Biology*. Pakistan, 2016. №8. Р. 151-171.

39. Sladecek V. Diatoms as indicators of organic pollution. Acta Hydro chemHydrobiol 1986. №14. Р. 555-566.

40. Merilainen J. The diatom flora and the hydrogen-ion concentration of the water. Ann Bot Fennica 1967. №4. Р. 51-58.

41. Samecka-Cymerman, A., Kosior, G. and. Kempers, A.J. (2006) ‘Comparison of the moss Pleurozium schreberi with needles and bark of Pinus sylvestris as biomonitors of pollution by industry in Stalowa Wola (southeast Poland)’, Ecotoxicology and Environmental Safety, Vol. 65, No. 1, pp.108–117.

42. Samecka-Cymerman A., Kosior G. ,Kempers, A.J. Comparison of the moss Pleurozium schreberi with needles and bark of Pinus sylvestris as biomonitors of pollution by industry in Stalowa Wola (southeast Poland). *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2006. Vol. 65. No. 1. Р.108–117.

41. Baxter, R., Emes, M.J., Lee J.A. Effects of experimentally applied increase in ammonium on growth and amino-acid metabolism of Sphagnum cuspidatum Ehrh. *Ex. Hoffm. from differently polluted areas*. New Phytol, 1992. № 120. Р. 265-274.

42. Bobbink R., Ashmore M., Braun B., Fluckiger W. Empirical nitrogen critical loads for natural and semi-natural ecosystems. In: Empirical critical loads for Nitrogen. 2003. Р 43-170.

43. Falkengren-Grerup U. Long term changes in flora and vegetation in deciduous forests of southern Sweden. *Ecological Bulletins.* 1995. № 44. Р. 215-226.

44. Fowler, D., Cape, J.N., Leith, I.D. The influence of altitude on rainfall composition at Great Dun Fell. Atmospheric Environment. 1988. № 22. Р 1355-1362.

45 Gordon C.A., Herrera R., & Hutchinson T.C. The use of a common epiphytic lichen as a bioindicator of atmospheric inputs to Venezuelan cloud forests. *Journal of Tropical Ecology*. 1995. № 11. Р. 1-26.

46. Agrawal, Y.C., E.A. Terray, M.A. Donelan, P.A. Hwang, A.J. Williams, W.M. Drennan, K.K. Kahma and S.A. Kitaigorodskii. *Enhanced dissipation of kinetic energy beneath surface waves. Nature.* 1992. № 15. Р. 219–220.

47. Baker, J.M., Cruthers D.I. Comparison of the fate and ecological effects of dispersed and non-dispersed oil in a variety of marine habitats. *Washington, D.C*., 1991. № 27. P. 483–492.

49. Brandvik, J.J., P.S. Daling and K. Aareskjold.. Chemical dispersibility testing of fresh and weathered oils—an extended study with eight oil types. Norway, 1991. № 5. Р. 120-131.

50. Terray, E.A., M.A. Donelan, Y.C. Agrawal. Estimates of kinetic energy dissipation under breaking waves. *Journal of Physical Oceanography.* 1996. № 26. Р. 792–807.

51. Long, S.M. and D.A. Holdaway. Acute toxicity of crude and dispersed oil to Octopus pallidus hatchlings. *Water Research*. 2002. №36. Р. 2769–2776.

52. Venosa, A.D., G.A. Sorial, T.L. Richardson, F. Uraizee.. Research leading to revisions in EPA’s dispersant effectiveness protocol. 1999. P. 1019–1022

53.  Биоиндикация загрязнений наземных экосистем/ Вайнерт Э., Вальтер Р., Ветцель Т., Егер Э., Клаустнитцер Б. и др. / Под ред. Р. Шуберта; пер. с нем. Москва, 1988. 348 с.