

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ БІОЛОГІЧНИЙ

Кафедра загальної та прикладної екології і зоології

Кваліфікаційна робота
магістра

на тему СТРУКТУРНА ОРГАНІЗАЦІЯ ПЕРИФІТОНУ ВОЛОКНИСТОГО НОСІЯ В
ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ СТОКІВ

Виконала: студентка 2 курсу, групи 8.1018

спеціальності 101 екологія, освітньої програми екологія та
охорона навколишнього середовища

_____ Васильченко Л.О.

Керівник _____ доц., доц., к.б.н. Домбровський К.О.

Рецензент _____ доц., доц., к.б.н. Костюченко Н.І.

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет біологічний

Кафедра загальної та прикладної екології і зоології

Освітній рівень магістр

Спеціальність 101 екологія

Освітня програма екологія та охорона навколишнього середовища

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

_____ О.Ф. Рильський

« _____ » _____ 2019 року

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу студентці

Васильченко Лілі Олександрівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1.Тема роботи Структурна організація перифітону волокнистого носія в технології очищення промислових стоків

керівник роботи Домбровський Костянтин Олегович, к.б.н., доцент

затверджена наказом ЗНУ від « 12 » червня 2019 р. № 940 -с

2.Строк подання студентом роботи грудень 2019 року

3.Вихідні дані до роботи кваліфікаційна робота на тему: «Зооценоз гідробіонтів в технології очищення промислових стоків»

4.Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1) встановити видовий склад перифітону волокнистого носія типу «ВІЯ» в експериментальній установці при очищення промислових стічних вод; 2) вивчити структурну організацію угруповань перифітону волокнистого носія при проведенні експерименту із цілодобовою аерацією води; 3) дослідити трофічну структуру перифітону волокнистого носія при біологічному очищенні промислових стічних вод.

5.Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
таблиці 3.1-3.8, 4.9; рисунки 3.1-3.2; додатки А-Е.

6.Консультанти розділів роботи

Розділ	КОНСУЛЬТАНТ	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	Притула Н.М.,доцент		

7. Дата видачі завдання 11.02.2018р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1.	Огляд наукової літератури, написання розділу «Охорона праці»	жовтень-грудень 2018	Виконано
2.	Поповнення літературних джерел за темою кваліфікаційної роботи. Формування розділу «Матеріали та методи дослідження»	січень-лютий 2018-2019	Виконано
3.	Проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих даних. Написання відповідного розділу	квітень-травень 2019	Виконано
4.	Оформлення кваліфікаційної роботи магістра	травень-вересень 2019	Виконано
5.	Передзахист. Рецензування кваліфікаційної роботи	жовтень-грудень 2019	Виконано
6.	Захист кваліфікаційної роботи	січень 2020	Виконано

Студентка

(підпис)

Васильченко Л.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Домбровський К.О.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер

(підпис)

Притула Н.М.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Робота викладена на 66 сторінках друкованого тексту, містить 9 таблиць та 8 рисунків. Перелік посилань включає 52 джерела.

Об'єкт дослідження – гідробіонти на волокнистому носії типу «ВІЯ» при очищенні стічних вод з АТ «Мотор Січ».

Мета роботи – дослідження структурної організації перифітону волокнистого носія при очищенні промислових стоків.

Практичне значення – результати експериментальних наукових досліджень щодо використання іммобілізованих угруповань перифітону волокнистого носія для біологічного очищення стічних вод можливо використовувати на локальних очисних спорудах підприємств міста Запоріжжя, наприклад, на очисних спорудах заводу АТ «Мотор Січ».

Актуальність досліджень полягає у тому, що використання волокнистого носія дозволяє збільшити концентрацію активного мулу в 2 рази, а швидкість процесу очищення стоків скоротити з 48 до 32 годин.

Методи досліджень – визначення організмів угруповань перифітону проводили у живому стані, тому що при фіксуванні проби організми не піддаються визначенню; для визначення організмів були використані певні визначники.

Новизна роботи полягає в тому, що дослідження перифітонних угруповань волокнистого носія «ВІЯ», який використовується в біологічному очищенні води недостатньо висвітлена в науковій літературі, отже дослідження структурної організації цих угруповань є достатньо актуальним завданням.

ВОЛОКНИСТИЙ НОСІЙ, ГІДРОБІОНТИ, ТАКСОНИ, БІОЛОГІЧНЕ ОЧИЩЕННЯ, ЗООЦЕНОЗ, ПЕРИФІТОН.

ABSTRACT

The work is presented on 66 pages of printed text, contains 9 tables and 8 applications. The list of references consists of 52 sources.

The object of the study – aquatic organisms situated on a fibrous carrier «VIA» during waste water purification of PJSC «Motor Sich».

The purpose of the work is to study of the organization of the periphyton fibrous carrier during industrial wastewater treatment.

Practical significance – the results of experimental research on the use of immobilized groups of periphyton of fibrous carrier for biological waste water purification can be used at local treatment facilities of Zaporizhzhia enterprises, for example, at the plant of PJSC «Motor Sich».

The urgency of the research is that the use of a fibrous carrier can increase the concentration of activated sludge by 2 times, and reduce the speed of waste water purification process from 48 to 32 hours.

Methods of research – the identification of periphyton groups was carried out in a living state, because the organisms can not be identified by means of taking a sample; certain determinants were used to identify the organisms.

Scientific novelty of the paper is that the study of periphyton groups of the fibrous carrier «VIA» which is used during the biological waste water purification is not covered sufficiently in the scientific literature, therefore the study of the structural organization of these groups is a rather important task.

FIBEROUS CARRIER, AQUATIC ORGANISMS, TAXONS, BIOLOGICAL WASTE WATER PURIFICATION, ZOOCENOSIS, PERIPHYTON.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	9
1.1 Біологічне очищення стічних вод.....	9
1.1.1 Біологічні методи очищення стічних вод	11
1.1.2 Споруди для біологічного очищення стічних вод.....	12
1.2 Біологічні методи очистки промислових стічних вод від нафтопродуктів та важких металів.....	15
1.3 Використання штучних носіїв в біотехнології очищення води	18
1.4 Гетеротрофні безхребетні обростання волокнистого носія «ВІЯ» при біологічному доочищенні промислових стічних вод	21
1.5 Трофічні взаємозв'язки в біоценозі активного мулу.....	23
2 МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	26
2.1 Відбір та обробка проб безхребетних обростання.....	26
2.2 Перегляд проб під мікроскопом і визначення видового складу активного мулу	28
2.3 Проведення експериментальних досліджень щодо визначення структури перифітону волокнистого носія.....	30
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА	33
3.1 Перифітон волокнистого носія «ВІЯ» при очищенні зливових стічних вод	33
3.2 Трофічна структура перифітону волокнистого носія типу «ВІЯ» при очищенні зливових стічних вод.....	41
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	47
ВИСНОВКИ.....	54
ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ.....	55
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	56
ДОДАТКИ.....	61

ВСТУП

Однією з основних задач сьогодення є збереження природних ресурсів навколишнього середовища та забезпечення екологічної безпеки. Скидання неочищених і недостатньо очищених стічних вод у водні об'єкти постійно погіршує становище. Одним з основних джерел надходження забруднюючих елементів до водних об'єктів є недостатньо очищені міські стічні води. Видалення біогенних елементів із стічних вод на сьогоднішній момент є першочерговою задачею при очищенні таких стічних вод. Ця ситуація стала поштовхом для інтенсифікації існуючих методів очищення та розробки нових технологій, споруд для видалення біогенних елементів із стічних вод.

Існує декілька етапів очищення стічних вод: механічна, фізична, хімічна, біологічна очистка. Саме біологічна очистка сприяє самоочищенню водойми. Для такої очистки використовують живі організми: бактерії, гриби, найпростіші та деякі більш високоорганізовані організми. За допомогою клітинної іммобілізації є можливість досягнення неймовірно високих концентрацій мікробної біомаси, що, відповідно, призводить до збільшення продуктивності очисної споруди [1].

На базі відділу мікробіології води Інституту колоїдної хімії та хімії води ім. А. В. Думанського НАН України було створено носій з ультратонкого хімічного гладкого й текстурованого волокна, що забезпечує бездоганний масообмін і відмінну перманентну регенерацію носія, на якому розвивається біоплівка мікроорганізмів-деструкторів. Розроблені волокнисті носії типу «ВІЯ» не мають собі рівних у світі за питомою площею поверхні (5000-10000 м² на 1 м³ об'єму очисної споруди) та найважливішими технологічними параметрами [2].

На території України біоценоз перифітонних обростань волокнистого носія типу «ВІЯ» є недостатньо вивченим. Існує лише декілька публікацій, у яких перелічені найпростіші та інші гідробіонти забруднених природних вод та

очисних споруд, де для їх іммобілізації використовували волокнистий носій типу «ВІЯ». Перші дослідження щодо біоценозу перифітонних обростань волокнистого носія типу «ВІЯ» були опубліковані в роботах Л. І. Глоба, П. І. Гвоздяк, Н. Б. Загорна та Н. І. Подорван. У своїх працях, за результатами дослідно-промислових випробувань попередньої біологічної очистки води р. Дніпро вони вказали видовий склад зооценозу.

Тому поверхнею для іммобілізації мікроорганізмів активного мулу, був обраний волокнистий носій типу «ВІЯ». Використання даного носія дозволить збільшити концентрацію активного мулу в 2 рази, а швидкість процесу очищення стоків скоротити з 48 до 32 годин.

Мета роботи полягає у дослідженні структурної організації перифітону волокнистого носія при очищенні промислових стічних вод.

Об'єкт дослідження – гідробіонти на волокнистому носієві типу «ВІЯ».

Для досягнення поставленої мети передбачається вирішити такі завдання:

- 1) встановити видовий склад перифітону волокнистого носія типу «ВІЯ» в експериментальній установці при очищенні промислових стічних вод;
- 2) вивчити структурну організацію угруповань перифітону волокнистого носія при проведенні експерименту із цілодобовою аерацією води;
- 3) дослідити трофічну структуру перифітону волокнистого носія при біологічному очищенні промислових стічних вод.

Теоретичне та практичне значення роботи. Матеріали роботи можуть бути використані на заняттях з дисципліни «Біологічні методи очищення стічних вод», а також для подальшого вивчення організмів перифітону, які топічно і трофічно пов'язані із волокнистим носієм на якому іммобілізуються бактерії-деструктори.

Результати попередніх досліджень апробовані в науковому виданні «Сбірник тез науково-практичної конференції студентів, аспірантів, докторантів та молодих учених «Актуальні проблеми та перспективи розвитку природничих, медичних та фармацевтичних наук» за 9 грудня 2017 р.

1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Біологічне очищення стічних вод

Біологічне очищення води – це метод очищення стічних вод (господарсько-побутових і промислових). У його основі лежить процес біологічного окислення органічних сполук та накопичення у живих організмах неорганічних сполук, що містяться в стічних водах. Біологічне окислення стічних вод здійснюється біоценозом мікроорганізмів, що включає сукупність різних бактерій, найпростіших і низку більш високоорганізованих організмів (водоростей, грибів, вищих рослин та тварин тощо), пов'язаних між собою в єдиний комплекс складними відносинами (метабіозу, симбіозу і антагонізму). В основі біологічного методу очищення стічних вод лежать процеси самоочищення, які відбуваються у водних об'єктах (водотоках і водоймах) у природних умовах. За існуючими нормами, вміст органічних речовин в очищеній воді не повинен перевищувати 10 мг/л [3].

Ефективність процесів біологічного очищення стічних вод залежить від низки факторів, одні з яких можна регулювати в широких діапазонах, а інші, наприклад склад стічних вод, практично не піддаються регулюванню. Температура є одним з основних факторів, що забезпечує ефективність і високу продуктивність споруд біологічного очищення. Оптимальною температурою для аеробних процесів, що відбуваються в біологічних окислювачах, є 20-30°C, при цьому біоценоз при інших сприятливих умовах повинен бути представлений різноманітними і добре розвиненими організмами. Слід зазначити, що для різних видів організмів, зокрема бактерій, оптимальні температурні режими варіюють у межах від 4 до 85°C.

На розвиток організмів впливає також активна реакція середовища (рН), адже значна частина живих істот найкраще розвивається у нейтральному або слабко лужному середовищі. Оптимальним для біологічного очищення

вважається середовище з рН 6,5-7,5. Відхилення рН за межі 6 і 8,5 зменшує швидкість окислення внаслідок сповільнення обмінних процесів у клітині [4].

Таким чином, нормальний хід процесів біологічного очищення стічних вод від органічних забруднюючих речовин повинен забезпечуватися певними умовами. Якщо ці умови не дотримуються, необхідно їх коригувати:

- змінювати температурний режим за рахунок підігріву чи охолодження стічних вод;
- здійснювати нейтралізацію стічних вод;
- при нестачі біогенних елементів у стічних водах слід додавати їх штучно у вигляді суперфосфату, аміачної води, амофосу тощо.

В аеробних спорудах біологічного очищення повинна підтримуватися концентрація розчиненого кисню не менше 2 мг/л, інакше спостерігається зниження швидкості утилізації органічних сполук. Необхідна концентрація кисню в спорудах підтримується подачею повітря або технічного кисню за допомогою аераційних систем і аераторів [5].

При роботі біологічних очисних споруд здійснюється постійний контроль за концентрацією токсичних компонентів, які не повинні перевищувати ГДК. У процесі біологічного очищення подається така кількість стічних вод, що мають певну концентрацію органічних забруднюючих речовин, щоб не перевищувати величини добового навантаження цими забруднюючими речовинами у перерахунку на 1 м³ очисної споруди, на 1 г сухої біомаси або на 1 г беззольної частини біомаси. Практично всі органічні речовини можуть бути окислені в аеробних умовах, хоча швидкість процесу їх окислення варіюється в широкому діапазоні.

Біологічне очищення стічних вод називають повним, якщо БСК (біохімічне споживання кисню) очищеної стічної води становить менше 20 мг/л та неповним при БСК – понад 20 мг/л [6].

1.1.1 Біологічні методи очищення стічних вод

Існує два методи біологічного очищення стічних вод: аеробний та анаеробний.

Аеробний метод заснований на використанні аеробних мікроорганізмів, для життєдіяльності яких необхідний постійний приплив кисню і температура в межах 20-40°C. При аеробному очищенні мікроорганізми культивуються в активному мулі або у вигляді біоплівки. Активний мул складається з живих організмів і твердого субстрату. Живі організми представлені бактеріями, найпростішими хробаками і водоростями. Біоплівка зростає на наповнювачі біофільтра і має вигляд слизових обростань товщиною 1-3 мм і більше. Біоплівка складається з бактерій, найпростіших, грибів, дріжджів та інших організмів.

Аеробне очищення відбувається як в природних умовах, так і в штучних спорудах. Очищення в природних умовах відбувається на полях зрошення, полях фільтрації і біологічних ставках. Очищення в штучних спорудах проводиться в аеротенках і на біофільтрах. Більш широке застосування знайшли аеротенки.

Анаеробний метод очищення протікає без доступу кисню. Його в основному використовують для знешкодження твердих осадів, що утворюються при механічній, фізико-хімічній та біологічній очистці стічних вод. Ці тверді опади зброджуються анаеробними бактеріями в спеціальних герметичних резервуарах, які називаються метантенки. Залежно від кінцевого продукту бродіння буває спиртове, молочнокисле, метанове тощо. Для зброджування осадів стічних вод використовується метанове бродіння [7].

Перевагою аеробного біологічного очищення стічних вод є висока швидкість і використання речовин в низьких концентраціях. Суттєвими недоліками, особливо при обробці концентрованих стічних вод, є високі енерговитрати на аерацію і проблеми, пов'язані з обробкою та утилізацією

великих кількостей надлишкового мулу. Аеробний процес використовується при очищенні побутових, деяких промислових і свинарських стічних вод з хімічним споживанням кисню не вище 2000. Виключити вказані недоліки аеробних технологій може попередня анаеробна обробка концентрованих стічних вод методом метанового зброджування, яка не вимагає витрат енергії на аерацію і більше того пов'язана з утворенням цінного енергоносія – метану.

Перевагою анаеробного процесу біологічного очищення стічних вод є також відносно незначне утворення мікробної біомаси. До недоліків слід віднести неможливість видалення органічних забруднень у низьких концентраціях. Для глибокого очищення концентрованих стічних вод анаеробну обробку слід використовувати в комбінації з подальшою аеробною стадією. Вибір технології та особливості обробки стічних вод визначаються вмістом органічних забруднень в них [8, 9].

1.1.2 Споруди для біологічного очищення стічних вод

Поля зрошення призначені одночасно для очищення та утилізації стічних вод, як джерела вологи та поживних речовин, при вирощуванні сільськогосподарських культур. Природні ґрунти, особливо на орних землях, заселені різною мікрофлорою, здатною в процесі харчування руйнувати, мінералізувати і нітрифікувати органічні речовини. Під час зрошення мікрофлора полів додатково збагачується значною кількістю мікроорганізмів, які вносяться зі стічними водами. Ці мікроорганізми енергійно розмножуються, так як стічні води безперервно доставляють живильні речовини, зволожують і зігрівають ґрунт. Завдяки цьому навіть "мертві" ґрунти під впливом зрошення стічними водами перетворюються на родючі. Потрапляючи в ґрунт, мікроорганізми адсорбуються, розмножуються і утворюють навколо кожної структурної частки суцільну біологічну плівку. На поверхні цієї плівки в свою

чергу адсорбуються в процесі життєдіяльності мікроорганізмів мінералізовані розчинні органічні речовини стічних вод.

Для успішного перебігу біологічної очистки на полях зрошення найбільш важливими є два фактори:

1) дотримання аеробних умов процесу за рахунок кисню повітря, що міститься в порах ґрунту;

2) відповідність кількості стічної води, яка подається на поля, здатності ґрунту до мінералізації.

Кількість стічної води, що подається разово на поля, повинна відповідати вологоємності ґрунту, яка виражається загальним обсягом заповнених повітрям пор ґрунту. Якщо на полях не вирощуються сільськогосподарські культури, і вони призначені тільки для біологічного очищення стічних вод, то вони називаються полями фільтрації [10].

Біологічні ставки – це каскад ставків, що складається з 3-5 ступенів, через які з невеликою швидкістю протікає освітлена або біологічно очищена стічна вода. Очистка стічних вод, заснована на процесах, які відбуваються при самоочищенні водойм. При відсутності добре фільтруючих ґрунтів для влаштування полів фільтрації або полів зрошення ставки можуть бути використані як самостійні споруди для очищення стічних вод, а також для їх доочищення в поєднанні з іншими очисними спорудами.

Біологічні ставки забезпечують більш високий ефект бактеріального очищення, ніж штучні споруди біологічної очистки. Так, кількість кишкових паличок в ставках знижується на 95,9 - 99,9% початкового вмісту.

Розрізняють такі види біологічних ставків:

- 1) ставки з розбавленням (рибоводні);
- 2) ставки без розбавлення (багатоступінчасті або серійні);
- 3) ставки для доочищення стічних вод.

При влаштуванні біологічних ставків більш повно використовуються земельні ділянки, ніж при спорудженні полів зрошення або полів фільтрації.

Крім того, ставки можуть бути влаштовані на таких ґрунтах, які непридатні для полів.

Стічні води, що пройшли біологічні ставки, можуть бути використані для зрошення. У цьому випадку можуть застосовуватися поливальні машини, лиманне зрошення, довгі борозни, дощування, підґрунтове зрошення [11].

Аеротенки – це залізобетонні резервуари, що представляють собою відкриті басейни, обладнані пристроями для примусової аерації, у яких повільно рухається суміш активного мулу і стічної води, що очищується. Для нормальної життєдіяльності мікроорганізмів-мініралізаторів в аеротенк повинний безупинно надходити кисень повітря. Активний мул являє собою біоценоз мікроорганізмів-мініралізаторів, здатних сорбувати на своїй поверхні й окисляти в присутності кисню повітря органічні речовини стічної рідини.

Якість мулу визначається багатьма факторами. За інших рівних умов воно залежить від співвідношення між масою активного мулу (по сухій речовині) і масою забруднених речовин, що знаходяться у воді, яка очищується. Це співвідношення характеризує навантаження на мул. Виражається воно кількістю витягнутих зі стічних вод забруднень по БСК₅, що приходить на 1 г беззольної речовини активного мулу.

Відмінна риса аеротенку як споруди для біологічного очищення полягає в тому, що процес очищення можна регулювати до необхідного по місцевих умовах ступеня. Чим довший процеси аерації, чим більше повітря й активного мулу, тим краще очищується вода.

Розрізняють аеротенки-змішувачі, аеротенки-витискувачі, і аеротенки проміжного типу. У залежності від місцевих умов аеротенки проектують або на повне, або на часткове біологічне очищення [12].

Метантенк – штучний резервуар великої ємності (до декількох тис. м³) для біологічної переробки (так званого метанового зброджування за допомогою бактерій-мініралізаторів та інших мікроорганізмів) органічного осаду стічних вод без доступу повітря.

Резервуар є герметичним ферментером об'ємом від декілька кубічних метрів з перемішуванням, який обов'язково обладнується газовіддільниками з проти полум'яними пастками.

Працюють метантенки в безперервному або періодичному режимі завантаження відходів чи стічних вод з постійним відбором біогазу вивантаженням твердого осаду після завершення процесу [13].

1.2 Біологічні методи очистки промислових стічних вод від нафтопродуктів та важких металів

Очищення стічних вод від важких металів проводиться хімічними, фізичними та електрохімічними способами, технологія яких трудомістка, потребує великих матеріальних витрат та не завжди забезпечує високий ступінь очищення. Слід зазначити, що при традиційних методах знешкодження та озолення відходів витрати в 3 рази перевищують вартість біологічного розкладання. Причому витрати на будівництво та експлуатацію станцій біологічної очистки нижчі, ніж для більшості підприємств з традиційною системою обробки [14].

Зниження концентрації нафтопродуктів у воді може відбуватися в результаті їх природного розпаду і хімічного окислення, випаровування і біологічної деструкції аборигенною мікрофлорою. Однак в умовах навколишнього середовища ці процеси протікають з відносно низькою швидкістю. У зв'язку з цим для інтенсифікації процесів очищення води від нафтових забруднювачів використовують механічні, хімічні, фізико-хімічні та біологічні методи, а також їх комбінування, що дозволяє досягти необхідного ступеня очищення з мінімальними витратами. Слід зазначити, що вибір способу очищення в кожному конкретному випадку визначається джерелом і

характером забруднення, кількістю забруднюючої речовини в промисловому стоці і подальшим цільовим використанням очищеної води.

Механічна обробка є попереднім етапом, що передує повному очищенні стоків. Використовувані на цьому етапі нафтопастки сприяють видаленню основної маси вільної нафти і масла, а також крупнодисперсних нафтопродуктів. В ході подальшого відстоювання зі стічної води віддаляються нерозчинні тверді домішки; це дозволяє запобігти засміченню і зносу пристроїв, що використовуються на наступних етапах очистки, а також циклічно використовувати очищену воду в системі оборотного водопостачання. Механічні способи очищення є малоефективними, тому що забезпечують видалення вуглеводневих компонентів лише з поверхневого органічного шару.

Для осадження нафтопродуктів у вигляді нерозчинних неутилізованих опадів застосовують хімічні методи, засновані на внесенні в забруднену воду дорогих хімічних реагентів (зокрема, коагулянтів і флокулянтів), які можуть стати причиною вторинного забруднення води, що очищується. Для видалення зі стічної води колоїдних і дрібнодисперсних домішок, а також важких металів, фенолів, кислот, лугів застосовують фізико-хімічні методи. Серед останніх широкого поширення набули методи адсорбції нафтопродуктів на поверхні сорбентів. Перевагами сорбційних методів є їх сумісність з іншими способами збору нафтопродуктів, можливість багаторазового використання сорбенту після регенерації. В якості сорбентів застосовують як природні (торф, активоване вугілля, тирса, перліт, глина), так і штучні (пінополіуретан, кераміка, синтетичні волокна) пористі матеріали. При виборі матеріалів слід враховувати їх екологічність, а також доступність в регіоні [15].

Біологічні методи очищення передбачають використання вуглеводеньокислюючих мікроорганізмів, здатних засвоювати різні вуглеводні нафти як єдине джерело вуглецю. Для розширення спектру окислюваних в процесах біоремедіації нафтових вуглеводнів все частіше застосовують природні чи штучні асоціації, в яких мікроорганізми-деструктори відрізняються за спектром споживаних субстратів. Безперечними перевагами біологічних

методів є їх ефективність, економічність, екологічна безпека і відсутність вторинних забруднень. Серед вуглеводеньокислюючих мікроорганізмів перспективною групою, яку використовують для очищення нафтозабруднених середовищ, є актинобактерії роду *Rhodococcus*. Широкий спектр метаболічних можливостей і унікальні ферментні системи обумовлюють здатність родококів деградувати різноманітні за хімічною структурою вуглеводні (аліфатичні, ароматичні, полі- і гетероциклічні) і їх похідні (гербіциди, поліхлоровані біфеніли, фармполютанти, феноли). Родококи характеризуються такими унікальними біологічними властивостями як плеоморфізм, здатність до коагрегації і складний морфогенетичний цикл розвитку, які обумовлюють наявність в них різноманітних способів клітинної кооперації. Кооперація сприяє встановленню контакту клітин один з одним, їх утриманню в колоніях, адсорбції на поверхні крапель гідрофобних субстратів і ґрунтових частинок, а також утворення на поверхні носіїв біоплівки, що використовуються в біотехнологічних процесах. За рахунок фрагментації клітинного міцелію родококів на короткі паличкоподібні форми збільшується відношення клітинної поверхні до загального обсягу клітини, що, в свою чергу, підвищує здатність родококів поглинати важкозасвоюваний гідрофобний субстрат. Крім того, родококи мають гідрофобну клітинну стінку і здатні синтезувати поверхнево-активні речовини (біосурфактанти), що забезпечує взаємодію даних бактерій з важкодоступними гідрофобними субстратами – нафтовими вуглеводнями.

Нещодавно Івшиною, Куюкіною і Костіною було показано, що синтезовані родококами біосурфактанти проявляють металохелатуючі властивості і сприяють акумуляції важких металів в клітинній стінці, перешкоджаючи їх надходженню всередину клітини. Перераховані вище особливості родококів, в поєднанні зі здатністю виживати в несприятливих умовах середовища, зумовлюють перспективність їх використання при розробці біокаталізаторів для ремедіації забруднених вуглеводнями об'єктів навколишнього середовища [16].

Згідно з літературними даними найбільш перспективними методами очищення нафтозабруднених стічних вод є біотехнологічні, засновані на застосуванні іммобілізованих бактеріальних клітинах. Даний підхід поєднує в собі сорбцію і концентрування забруднюючої речовини на твердофазній підкладці поблизу іммобілізованих клітин, що робить його більш доступним для подальшого окислення бактеріальними клітинами. Це дозволяє ефективно видаляти зі стічної води малорозчинні і гідрофобні сполуки, біорезистентні токсичні і канцерогенні речовини. Крім того, при іммобілізації вирішується проблема відділення бактеріальних клітин від очищених стічних вод, що дозволяє перейти від періодичних схем очищення до більш продуктивних безперервних технологій, що передбачають використання проточних біореакторів [17].

1.3 Використання штучних носіїв в біотехнології очищення води

Ефективність технології очищення стічних вод перед скидом у водойми – один із основних факторів, що визначає рівень антропогенного навантаження на стан водного середовища. За часи незалежності України об'єми скидів стічної води без попереднього очищення збільшилися майже у 2 рази. При цьому посилилася тенденція зниження ефективності роботи очисних споруд, що пояснюється зношеністю обладнання та його низьким технологічним рівнем [18].

Постійне погіршення хімічного складу стоків і водночас закономірне підвищення вимог до якості очищеної води диктує необхідність створення нових методів біологічної обробки води [19]. Біологічне очищення стічних вод є екологічно чистим та економічно найбільш раціональним заходом. Сьогодні більше 90% стічних вод очищується саме цими методами.

При застосуванні біологічних методів очищення води стало цілком очевидним, що за допомогою спеціально підібраних селекціонованих мікроорганізмів можна очищати будь-яку стічну воду, забруднену навіть розчиненими в ній синтетичними сполуками. При використанні окремих штамів бактерій для очищення води необхідно забезпечити їх утримання в очисних спорудах та не допустити, щоб вони виносилися, вимивалися безперервним потоком води, що очищається. Для цього треба прикріплювати (іммобілізувати) ці бактерії на якихось не розчинних у воді субстратах (насадках). Найприйнятнішим типом іммобілізації мікроорганізмів, крім відомих (адгезія, хімічне зв'язування, механічне утримування в полімерах, електроутримування), виявилась звичайна природна властивість мікроорганізмів та інших гідробіонтів «приклеюватися» до твердої поверхні різних субстратів після адгезії [20].

У сучасних біотехнологічних підходах у галузі використання біологічних методів для очищення забруднених вод широко використовуються різні методи іммобілізації мікроорганізмів на носіях. Запропоновано безліч різноманітних насадок, які можна розділити на дві категорії:

1) регулярні насадки – ті, що монтуються (пластини, тканини, полотна, волокнисті носії та інші);

2) нерегулярні насадки – ті, що рухаються в очищуваній рідині (пісок, активоване вугілля, найрізноманітніші за формою та величиною пластмасові вироби) [5].

Для біологічного очищення води від токсичних речовин – патогенів, на базі відділу мікробіології води Інституту колоїдної хімії та хімії води ім. А. В. Думанського НАН України було створено носій з ультратонкого хімічного гладкого й текстурованого волокна, що забезпечує бездоганний масообмін і відмінну перманентну регенерацію носія, на якому розвивається біоплівка мікроорганізмів-деструкторів. Розроблені волокнисті носії типу «ВІЯ» не мають собі рівних у світі за питомою площею поверхні (5000-

10 000 м² на 1 м³ об'єму очисної споруди) та найважливішими технологічними параметрами [21, 22].

На території України біоценоз перифітонних обростань волокнистого носія типу «ВІЯ» є недостатньо вивченим. Існує лише декілька публікацій, у яких перелічені найпростіші та інші гідробіонти забруднених природних вод та очисних споруд, де для їх іммобілізації використовували волокнистий носій типу «ВІЯ». Перші дослідження щодо біоценозу перифітонних обростань волокнистого носія типу «ВІЯ» були опубліковані в роботах Л. І. Глоба, П. І. Гвоздяк, Н. Б. Загорна [23] та Л. І. Глоба, Н. І. Подорван [24]. У своїх працях, за результатами дослідно-промислових випробувань попередньої біологічної очистки води р. Дніпро вони вказали видовий склад зооценозу.

З інфузорій були виявлені види *Vorticella picta* (Ehrenberg, 1831); *Vorticella companula* (Ehrenberg, 1831), серед коловороток зустрічалися представники родів *Notomata*, *Cephalodella*, серед корененіжок зустрічалися *Diffugia corona* (Wallich, 1864), *D. Oblonga* (Ehrenberg, 1838), серед нематод був вказаний *Tobrillus gracilis* (Bastian, 1865), серед гіллястовусих ракоподібних виявлені *Bosmina longirostris* (O.F. Muller, 1785), *Leptodora kindtii* (Focke, 1844) [25]. З інших груп гідробіонтів у біореакторі очисних споруд були виявлені олігохети, водяні кліщі, веслоногі ракоподібні та їхні личинки, личинки хірономід, личинки дрейсени (велігери), червононогі молюски, діатомові, синьо-зелені, протококові, хризопітові водорості. Л. А. Саблій опублікувала результати дослідження біоценозу анаеробно-аеробної системи біореакторів на експериментально-виробничій установці на очисних спорудах солодового заводу в м. Славути, на реконструйованих за новою технологією очисних спорудах київської лікарні МВС України та очисних спорудах шкіряного заводу «Світ шкіри» в м. Болехів Івано-Франківської області [26, 27].

У цих статтях наведений список 28 видів дослідженого біоценозу, серед яких зазначені інфузорії: *Prorodon teres* (Ehrenberg, 1838); *Colpidium colpoda* (Stein, 1860); *Col. campylum* (Stokes, 1886); *Paramecium caudatum* (Ehrenberg, 1838); *Aspidisca costata* (Dujardin, 1842); *A. turrit* (Ehrenberg, 1838); *Stylonychia*

pustulata (O. F. Muller, 1786); *Euplotes charon* (O. F. Muller, 1786); *Vorticella microstoma* (Ehrenberg, 1830); *V. convallaria* (Linnaeus, 1758); *V. submicrostoma* (Ghosh, 1925); *V. nebulifera* (Muller, 1773); *Epistylis plicatilis* (Ehrenberg, 1838); *Opercularia glomerata* (Roux, 1901); *Didinium sp.*; *Tokophrya sp.*; *Podophrya sp.*, коловертки: *Philodina roseola* (Ehrenberg, 1838); *Cathypna sp.*; *Rotaria rotatoria* (Pallas, 1766), тваринні джгутикові: *Bodo caudatus* (Dujardin, 1841); *B. Saltans* (Ehrenberg, 1838); *B. putrinus* (Stokes) Lemmerm, черепашкові амеби: *Arcella vulgaris* (Ehrenberg, 1830); *A. discoides* (Ehrenberg, 1843), олігохети: *Tubifex tubifex* (O. F. Muller, 1773) [28], один вид личинок двокрилих комах роду *Psychoda*, та один вид нематод. При дослідженні анаеробно-аеробного очищення міських стічних вод з використанням волокнистого носія М. В. Бляшина в складі іммобілізованого біоценозу активного мулу вказує коловерток, круговійчастих інфузорій, раковинних кореніжок та тваринних джгутиконосців роду *Bodo* [29]. Спеціальне вивчення біоценозу обростань волокнистого носія типу «ВІЯ» в зливових очисних спорудах України раніше не проводили [30].

1.4 Гетеротрофні безхребетні обростання волокнистого носія «ВІЯ» при біологічному доочищенні промислових стічних вод

При біологічному очищенні висококонцентрованих стічних вод основна роль належить мікроорганізмам, які поселяються в очисній споруді і використовують речовини, які містяться в стічній воді, в процесі своєї життєдіяльності. В активному мулі – це бактерії родів *Pseudomonas*, *Bacterium*, *Micrococcus*, *Bacillus*, *Corinebacterium*, *Thiobacillus* тощо, які здійснюють деструкцію органічних речовин, азотвмісних сполук. У вільноплаваючому активному мулі аноксидних і аеробних біореакторів присутні бактерії родів *Nitrosomonas*, *Nitrobacter*. Найбільш численні бактерії роду *Pseudomonas*, які

окислюють спирти, жирні кислоти, парафін, ароматичні вуглеводні, вуглеводи тощо. Крім бактерій важливу роль відіграють безхребетні, водорості, гриби, мікроскопічні тварини, які утворюють гідробіоценози очисних споруд. Від того, які забруднюючі речовини містяться в стічній воді і в яких концентраціях, які умови створюються і підтримуються у споруді: анаеробні, аноксидні чи аеробні; в яких місцях можуть поселятися гідробіонти: в товщі води на частинках активного мулу, на поверхні завантаження чи носія, залежить видовий і чисельний склад гідробіонтів [31].

Під час досліджень з найпростіших і інших безхребетних в гідробіоценозі біореактора були виявлені такі мікроорганізми.

В біоценозі зустрічалися різноманітні інфузорії:

– черевовійчасті інфузорії *Aspidisca*, *Stylonychia*, *Euplotes* в невеликих кількостях;

– прикріплені кругловічасті інфузорії *Vorticella convallaria* (Linnaeus, 1757), *V. nebulifera* – крупні форми. Потрібно відзначити відсутність в аеробному біореакторі дрібних інфузорій *V. microstoma* і *V. submicrostoma*, характерних для аноксидного біореактора I ступеня. Це можна пояснити виїданням цих організмів хижками вищих ланок трофічних ланцюгів, що складаються в очисних спорудах: хижими інфузоріями, дедініями тощо;

– колоніальні форми інфузорій *Epistylis plicatilis* (Ehrenberg, 1830), *Opercularia* в невеликих кількостях;

– хижі сисні інфузорії (сукторії): *Podophrya*, *Tokophrya* в невеликих кількостях [32].

В біоценозі біобростань спостерігали велику чисельність різноманітних видів коловерток (одна-дві в полі зору мікроскопа): *Philodina roseola* (Ehrenberg, 1832), *Cathypna luna* (Gosse, 1886), *Rotaria rotatoria* (Pallas, 1766) на відміну від аноксидних біореакторів, де їх було небагато (зустрічались в анаеробному біореакторі II ступеня), адже коловертки чутливі до нестачі у воді розчиненого кисню. Вони втрачають рухливість, витягуються і поступово відмирають.

На носіях спостерігали малоцетинкових черв'як *Oligochaeta – Tubifex tubifex* (Muller, 1774).

Наявність в аеробному біореакторі коловерток і черв'як – організмів вищих ланок трофічних ланцюгів, які приживаються в гідробіоценозі цієї споруди, забезпечує покращення процесу очищення води, адже ці організми видають детрит, бактерій, найпростіших, які можуть виноситись із очисної споруди разом з очищеною водою; зменшення приросту біомаси мікроорганізмів, внаслідок чого зменшуються витрати на обробку та утилізацію осадів; мінералізацію біомаси, що покращує седиментаційні властивості осадів [33, 34].

1.5 Трофічні взаємозв'язки в біоценозі активного мулу

В активному мулі присутні всі основні фізіологічні групи мікроорганізмів, що забезпечують розкладання сполук вуглецю, азоту, фосфору, сірки та інших елементів. Особливістю мулу є відсутність в ньому первинних продуцентів (за винятком хемоавтотрофних бактерій), оскільки органічні речовини надходять зі стічними водами [35].

Складна екологічна система активного мулу включає організми, які знаходяться на різних трофічних рівнях. Для правильної оцінки біоценозу мулу необхідно охарактеризувати стан як бактеріальних популяцій, так і найпростіших та багатоклітинних організмів, що становлять приблизно 5-10% від загальної біомаси [36].

Перший трофічний рівень формують гетеротрофні бактерії, водорості, сапротрофні гриби і сапротрофні найпростіші.

При сапротрофному способі харчування їжею можуть служити тільки розчинені органічні сполуки. Живильні речовини надходять в організм шляхом

осмосу через поверхню тіла. Такий спосіб харчування характерний для бактерій і сапрозойних найпростіших [37].

Основна роль в процесах деградації забруднюючих речовин в аеротенках належить гетеротрофним флокулоутворюючим бактеріям. Ці організми об'єднані біополімерним гелем в добре захищене і організоване структурно-функціональне ціле – пластівці активного мулу. Популяції флокулоутворюючих бактерій складають в мулі 90-95%, і їх стан визначає ефективність біохімічного окислення забруднюючих речовин.

Осмтрофні найпростіші також беруть участь в процесі окислення. Однак бактерії в порівнянні з ними мають безсумнівні переваги в боротьбі за споживаний субстрат: найменший розмір клітин, велика питома поверхня, набагато менший час генерації. Тому роль найпростіших посилюється тільки в разі загибелі або пригнічення флокулоутворюючих бактерій або при достатку органічних речовин і зниження конкуренції за субстрат.

Така ситуація спостерігається в перші тижні пуску аеротенків при надлишку поживних речовин: сапрозойні найпростіші розвиваються разом з бактеріями, однак в подальшому вони починають витіснятися. У звичайних умовах експлуатації споруд періодичне підвищення чисельності сапрозойних найпростіших (наприклад, джгутиконосців) в біоценозі мулу засвідчує про пригноблення ланки флокулоутворюючих бактерій [38].

Другий трофічний рівень представлений голозойними найпростішими.

З часом із середовища витягується все більше розчинених забруднень і з'являється надлишкова кількість бактерій. Це створює передумови для появи організмів з голозойним типом харчування, які отримують поживні речовини, поглинаючи цитоплазму інших організмів. Одними з перших з'являються дрібні джгутиконосці роду *Vodo*. Захоплення твердої їжі вони здійснюють за допомогою органів руху – джгутиків, які підганяють їжу (бактерії, колоїдні частинки і тому подібне) до ділянки цитоплазми, розташованої біля основи джгутика. Далі харчові частки надходять в травну вакуолю, де і відбувається їх засвоєння [39].

Війчасті інфузорії і саркодові також мають голозойний тип харчування. Голі амеби утворюють псевдоподії і захоплюють їжу шляхом фагоцитозу. Виняток становлять деякі роди голих амеб з піноцитозним способом харчування: розчинені речовини поглинаються ними уривчасто через певні ділянки клітинної мембрани, а не безперервно через всю поверхню тіла, як у сапрозойних організмів. Раковинні амеби захоплюють їжу довгими псевдоподіями і харчуються головним чином бактеріями, джгутиковими і навіть інфузоріями.

У інфузорій, які харчуються голозойно є ротовий отвір, глотковий канал, їжа по яким підганяється віями. Інфузорії харчуються бактеріями, детритом, а також найпростішими [40].

Третій трофічний рівень представляють хижі організми – окремі види малощетинкових черв'яків, хижі коловертки, сисні інфузорії, тихоходки, хижі гриби [39].

У сисних інфузорій ротовий апарат вторинно редукований і замінений смоктальними щупальцями, за допомогою яких вони висмоктують рідку ендоплазму жертви, попередньо паралізуючи її [40].

Коловертки харчуються бактеріями, детритом, а хижі види – різними найпростішими. Їжу вони засвоюють за допомогою складної системи травлення, що складається з глотки з жувальним апаратом, стравоходом, шлунком тощо. Нематоди також мають добре розвинену травну систему, але харчуються в основному муловими частинками, сприяючи мінералізації активного мулу [41].

Спосіб харчування організмів активного мулу визначає їх структурний стан в біоценозі і характер взаємин [42].

2 МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Відбір та обробка проб безхребетних обростання

Проби води (стічна вода, активний мул, очищена вода) беруть методом зачерпування, наприклад за допомогою ковша. Проба повинна бути доставлена на аналіз в незмінному стані. Тому швидко, до осідання суспензії, пробу переливають в стакан або широкогорлу банку, заповнюючи її лише до половини, і у відкритому вигляді доставляють в лабораторію. Перед початком аналізу проби з активним мулом ретельно перемішують в колбі і з кожної відливають по 100 мл у мірний циліндр для визначення об'єму осівшого мулу (через 30 хв). Інша частина проби використовується для візуальної оцінки характеру мулу і для мікроскопіювання. Аналіз повинен бути здійснений на протязі 30 хвилин з моменту взяття проби. При збереженні проби в холодильнику у відкритому вигляді час зберігання може бути продовжений до 2 годин. Зазвичай проби відбирають з глибини 30-40 см. При відборі проб з різних глибин використовуються батометри або склянки, закриті пробкою. При зануренні склянки до неї прив'язують вантаж (наприклад, каністру або бутель, наповнений піском). Пробка висмикується прив'язаним до неї шнурком після занурення склянки до потрібного рівня. Якщо процес біологічного очищення налагоджений, то встановлюються постійні місця і терміни відбору проб, які забезпечують контроль за ходом очищення у всіх основних вузлах споруд. Коли виникає необхідність виявити порушення технології, застосовуються спеціальні схеми відбору (для виявлення місць застою мулу, нерівномірності його розподілу по глибині тощо) [43].

При оцінці якості води в природних водоймах велике значення має аналіз перифітону, тобто обростань, що складаються з організмів, які розвиваються на поверхні підводних предметів. В умовах проточних водойм цей метод в порівнянні з аналізом вільно плаваючих організмів має принципові відмінності і переваги. Дослідження планктону у водотоці дозволяє судити про якість води

на ділянці вище пункту спостереження і тільки в момент взяття проби, в той час як склад і стан перифітону дають можливість оцінити середній рівень забруднень за період, протягом якого формувалися обростання, і визначити якість води в даному конкретному місці навіть в разі сильної течії. Зазначені особливості перифітону безумовно істотні і для характеристики процесів, що протікають в спорудах біологічної очистки. Однак при контролі за роботою аеротенків розглядається головним чином активний мул, а аналізу обростання приділяється мало уваги. Слабке використання індикаторних організмів перифітону пов'язано перш за все з відсутністю простих і надійних методів отримання проб обростання. Застосовувані зазвичай зіскрібки перифітону зі стінок споруд не дозволяють уніфікувати метод дослідження, а на звичайних предметних скельцях організми закріплюються дуже повільно [44].

Існує методика отримання проб перифітону, що дала хороші результати при обстеженні очисних споруд дослідної станції аерації. Пластини для обростання виготовляються наступним чином. Два предметні скла складаються разом і на кінцях скріплюються резинками; в середній частині блоку на 20 мм намотується 10 витків тонкої синтетичної нитки (діаметром 0,1-0,2 мм). Кінці нитки прикріплюються до резинок, а середня частина обмотки фіксується на склі клеєм БФ-2 (ширина смужки клею 2 мм). У такому вигляді за допомогою троса скельця опускаються на потрібну глибину в місцях відбору проб. Для запобігання зносу скелець течією на кінець троса поміщається потрібний за масою вантаж. Перед переглядом обростання скельця відокремлюють один від одного для чого знімають резинки і з бічних сторін розрізають нитки лезом бритви. Отримують два препарати, відібрані з одного місця. Простір між витками нитки заповнюють відфільтрованою водою, яка взята в місці відбору проби, після чого препарат покривають склом розміром 24×24 мм. Перегляд і підрахунок організмів проводиться під мікроскопом як на самих нитках, так і в просторі між ними. Облік може проводитися як за бальною системою, так і шляхом підрахунку числа організмів на площі

препарату (400 мм^2) або на довжині нитки – 200 погонних мм (при цьому не враховується частина скла, зайнята клеєм) [45].

Термін витримування пластин в спорудах визначається завданнями дослідження. Для отримання усереднених характеристик якості води скельця витримують в місцях відбору протягом тривалого часу (тиждень, місяць). Однак уже через кілька годин після установки скелець в області обмотки заселяються організми, причому не тільки справжній перифітон (прикріплені види), але і пов'язані з ними за типом харчування вільно плаваючі види. Таким чином, можна отримувати проби і за короткі періоди, так як відбор проб для типових біохімічних аналізів, наприклад середньодобових проб визначення біохімічного та хімічного споживання кисню тощо [43].

2.2 Перегляд проб під мікроскопом і визначення видового складу активного мулу

Весь подальший аналіз здійснюється шляхом мікроскопіювання. При перегляді відзначають характер пластівців (великі, дрібні, щільні, пухкі, розмиті) і видовий склад організмів. В основному гідробіонти визначаються в живому вигляді. При виготовленні препарату проби відстоюються протягом 2-3 хвилин для утворення концентрованого осаду. Краплю мулу, відібрану піпеткою з широким отвором, поміщають на предметне скло і накривають покривним склом. Бажано переглянути по дві краплини з кожної проби – з поверхні мулу та з дна посудини, так як при відстоюванні організми залежно від їх маси і поведінкових реакцій розподіляються в товщі мулу нерівномірно [46].

В очищеній воді, де організмів дуже мало, для згущення проб застосовують центрифугування або тривале відстоювання. При високій концентрації мулу (зворотній мул або проби в зоні застою) проводять

розведення мулу. При цьому потрібно стежити за тим, щоб рідина, якою розбавляють, була отримана з тих же місць, що і вихідна проба; в іншому випадку порушується життєдіяльність організмів.

Для перегляду мулу бажано використовувати біноклярний мікроскоп МБІ-3 з рухомим столиком і освітлювачем ОІ-19. Можливе використання менш досконалої оптики, але це значно знижує оперативність та якість роботи. Зазвичай мікроскопіювання фауни активного мулу проводиться при збільшенні 5×10 . В окремих випадках, коли діагностичні ознаки дуже дрібні, використовуються великі збільшення (5×20 , 5×40) і імерсійна система (об'єктив $\times 90$) [47].

Якщо визначенню заважає підвищена активність організмів, їх слід наркотизувати або фіксувати. В якості наркотику рекомендується застосування уретану, дрібні кристали якого поміщають під предметне скло препарату активного мулу. Кращим швидкодіючим фіксатором для більшості організмів є пари 1%-вого водного розчину осмієвої кислоти. Фіксація здійснюється наступним чином: краплю рідини з організмами поміщають на предметне скло, скло швидко перевертають і препарат протягом декількох секунд витримують притиснутим до шийки склянки з 1%-вим водним розчином осмієвої кислоти. Пари осмієвої кислоти дуже отруйні, тому для приготування розчину розкрити ампулу без зволікання кидають у склянку з відміреною кількістю дистильованої води. Склянка повинна бути з темного скла з добре притертою пробкою і притертим ковпачком [48].

Уповільнення руху всіх організмів може бути досягнуто введенням в препарат речовин, що збільшують в'язкість рідини – гліцерину, вишневого клею тощо. Доза цих речовин підбирається дослідним шляхом. Не слід вдаватися для зупинки руху до підсушування препаратів, як це часто рекомендується в інструкції. Організми при цьому знерухомлюються, одночасно відбувається значне спотворення їх форми, що ускладнює визначення і оцінку фізіологічного стану тварин. Методики, використовувані

при визначенні окремих груп організмів, наводяться у відповідних розділах керівництва.

Вимірювання, замальовка за допомогою малювального апарату і фотографування в ряді випадків необхідні при встановленні видового складу фауни очисних споруд. Визначення проводиться за таблицями і малюнками, наведеними у визначниках прісноводних безхребетних [43].

2.3 Проведення експериментальних досліджень щодо визначення структури перифітону волокнистого носія

Ефективність очищення промислових стічних вод заводу АТ «Мотор Січ» за допомогою волокнистого носія типу «ВІЯ» перевіряли в осінній (вересень-жовтень 2017 рік) і двічі у весняний (квітень 2018 та квітень-травень 2019 років) періоди на експериментальній установці. Первинну іммобілізацію мікроорганізмів та інших гідробіонтів на волокнистий носій проводили в локальних очисних спорудах (ЛОС-54) заводу. Потім волокнистий носій з іммобілізованими організмами вилучали із очисної споруди та транспортували до лабораторії кафедри загальної та прикладної екології і зоології ЗНУ, де і встановлювали насадку в експериментальну установку для процесу очищення стічних вод. Виробничо-зливову стічну воду також забирали з ЛОС-54 (в об'ємі 20 л) та транспортували до лабораторії кафедри для очищення на експериментальній установці.

Експериментальна установка представляла собою акваріум об'ємом 25 л, який наповнювали відібраною стічною водою і в якому встановлювали волокнистий носій із іммобілізованими гідробіонтами. Волокнистий носій цілодобово аерували за допомогою мікрокомпресора АЕН-3 (Додаток А).

Визначення гідробіонтів проводили під мікроскопом зі збільшенням 8×15 в лабораторії кафедри на 5-ту, 10-ту, 12-ту, 17-ту та 22-гу добу восени 2017

року, на 2-гу, 7-му, 12-ту і 14-ту добу навесні 2018 року, та на 4-ту, 8-му, 10-ту і 18-ту добу в 2019 році.

Для проведення міроскопіювання мікропіпеткою набирають 0,1 мл рідини, наносять краплю на предметне скло, покривають покривним склом (18×18 мм). Таких препаратів роблять 2-4. У кожному препараті по всій площі покривного скла при збільшенні 8×15 підраховують організми в 10-15 полях зору. Облік може проводитися в рахувальних камерах різних систем. Принцип методу полягає в тому, що в краплі, точно виміряній піпеткою і вміщеній під покривне скло, враховуються організми в кількох полях зору мікроскопа; шляхом підрахунку визначається кількість організмів в краплі, а потім в 100 мл. Далі проводиться перерахунок на площу волокнистої насадки. Розрахунки проводяться в декілька етапів.

Для того, щоб визначити кількість організмів на волокнистому носієві, нам потрібно розрахувати площу досліджуваного волокна (циліндра). Для експерименту було відібрано «ВІЮ», число пучків якої становило 5 штук. Далі приводиться приклад розрахунку:

- 1) довжина пучків $h = 28,06$ см;
- 2) в кожному пучку: 272 нитки (під мікроскопом зі збільшенням 8×15);
- 3) в 5 пучках: $5 \times 272 = 1360$ нитки;
- 4) діаметр нитки визначили під мікроскопом $d = 0,0575$ мм;
- 5) переводимо мм в см за пропорцією: $d = 0,00575$ см;
- 6) площа циліндра $S = 2\pi rh = \pi dh$;
- 7) площа 1 пучка: $S_1 = 0,5066233$ см²;
площа 5 пучків: $S = 5 \times 0,5066233 = 689$ см²;
- 8) визначаємо чисельність організмів перифітону:
 - а) $0,2$ мм = 17 екз
 100 мм = x екз
 $x = 8500$ екз;
 - б) 629 см² = 8500 екз

$$10 \text{ см}^2 = x$$

$$x = 123 \text{ екз/см}^2.$$

Для статистичного аналізу нами було використано коефіцієнт варіації екологічних характеристик:

$$CV = \frac{S}{\bar{x}} 100\%, \quad (2.1)$$

де: CV – коефіцієнт варіації;

S – середньоквадратичне відхилення;

\bar{x} – середнє арифметичне.

Середнє арифметичне розраховали за формулою:

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

Середньоквадратичне відхилення [49]:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_i^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}, \quad (2.3)$$

де: \sum_i^n – знак суми;

x_i – значення, варіант;

n – загальна кількість спостережень.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Перифітон волокнистого носія типу «ВІЯ» при очищенні зливових стічних вод

Ефективність очищення промислових стічних вод заводу АТ «Мотор Січ» перевіряли на експериментальній установці, де досліджували угруповання перифітону волокнистого носія типу «ВІЯ» упродовж 2017-2019 рр.

Перифітон волокнистого носія при біологічному очищенні зливових стічних вод складався із 35 таксонів гідробіонтів, які відносяться до трьох екологічних груп – протистоперифітону, мікрозооперифітону та макрозооперифітону. Структурна організація екологічних груп перифітону носія «ВІЯ» в експериментальній установці представлена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Структурна характеристика перифітону носія типу «ВІЯ»

Показники	Період дослідження		
	2017 р.	2018 р.	2019 р.
Таксономічна структура (кількість видів)			
1. Протистоперифітон			
<i>Amoebozoa</i>	5,0%(1)	–	–
<i>Testacea</i>	–	5,0%(1)	–
<i>Heliozoa</i>	–	5,0%(1)	–
<i>Ciliophora</i>	57,0% (12)	65,0% (13)	75,0% (12)
2. Мікрозооперифітон			
<i>Rotatoria</i>	14,0% (3)	15,0% (3)	13,0% (2)
<i>Copepoda</i>	–	10,0% (2)	–
<i>Nematoda</i>	9,5% (2)	5,0% (1)	6,0% (1)
<i>Gastrotricha</i>	5,0%(1)	–	–
3. Макрозооперифітон			
<i>Oligochaeta</i>	9,5% (2)	–	6,0% (1)
Загальна кількість видів	21	20	16

Найбільшою кількістю видів було представлено угруповання протистоперифітону (24 види), які відносяться до чотирьох систематичних груп – черепашкових корененіжок, корененіжок, сонцевиків та інфузорій.

Мікрозооперифітон був представлений коловертками (6 видів та варієтетів), копеподами (2 види), нематодами (2 види) та гастротрихами (1 вид). Угруповання макрозооперифітону складалось виключно із олігохет (1 вид).

Видовий склад перифітону волокнистого носія в осінній період 2017 року був представлений 20 таксонами, які належать до шести таксономічних груп. Найбільша кількість видів була виявлена серед інфузорій (12 видів), 3 види належали до коловерток, 2 види відносяться до нематод, гастротрихи, амеби та олігохети були представлені по одному виду відповідно.

На п'яту-десяту добу експозиції зооценоз обростання волокнистого носія був представлений 9-11 таксонами гідробіонтів. На дванадцятую-сімнадцятую добу проведення експерименту зооценоз обростання волокнистого носія був представлений 8-13 видами безхребетних організмів. На двадцять другу добу експозиції зооценоз вже був представлений десятьма таксонами.

За весь період проведення експерименту щодо очищення виробничо-зливових стічних вод ЛОС-54 заводу в експериментальній установці високими показниками зустрічальності характеризувались сім видів організмів – із інфузорій *Carchesium polypinum* (Linnaeus, 1758), *Coleps hirtus* (Nutzsch, 1817), *Litonotus lamella* (Schewiakoff, 1896), *Thuricola similis* (Bock, 1963) та *Vorticella convallaria* (Linnaeus, 1757) (Додаток Б); із коловерток – *Rotaria rotatoria rotatoria* (Pallas, 1766) (Додаток В) та із нематод – *Nematoda gen. sp.* (Додаток Г).

Характеризуючи структурну організацію зооценозу обростання волокнистого носія при очищенні стічної води заводу слід зазначити, що на п'яту-десяту добу експозиції чисельність зооценозу коливалась у межах 1265-1817 екз/10 см². У цей період дослідження домінували в зооценозі обростання волокнистого носія виключно інфузорії, які склали 93-79% від загальної чисельності зооценозу, головним чином за рахунок розвитку двох видів – *Aspidisca costata* (Dujardin, 1842) та *C. hirtus* (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Чисельність організмів зооценозу обростання волокнистого носія (екз/10 см²) при очищенні стічних вод заводу АТ «Мотор Січ» (2017 р.)

Таксон	5-та доба	10-та доба	12-та доба	17-та доба	22-та доба
Амеби					
<i>Amoeba proteus</i> (Leidy, 1878)	–	–	–	23	–
Інфузорії					
<i>Aspidisca costata</i> (Dujardin, 1842)	529	–	–	–	–
<i>Carchesium polypinum</i> (Linnaeus, 1758)	–	115	391	46	46
<i>Chilidonella cucullulus</i> (Muller, 1786)	–	–	–	92	23
<i>Coleps hirtus</i> (Nutzsch, 1817)	23	759	115	207	46
<i>Colpoda sp.</i>	–	–	–	–	23
<i>Euplotes patella</i> (Muller, 1773)	23	–	–	–	–
<i>Glaucoma sp.</i>	253	–	–	–	–
<i>Litonotus lamella</i> (Schewiakoff, 1896)	92	138	69	23	–
<i>Tachysoma pellionella</i> (Muller Stein, 1858)	–	23	–	46	–
<i>Thuricola similis</i> (Bock, 1963)	23	161	46	23	–
<i>Vorticella convallaria</i> (Linnaeus, 1757)	–	138	115	184	46
<i>Vorticella sp.</i>	138	23	–	–	–
Зооїд	92	92	–	–	–
Коловертки					
<i>Cephalodella gibba</i> (Ehrenberg, 1832)	–	46	23	23	–
<i>Colurella colurus colurus</i> (Ehrenberg, 1830)	–	69	–	–	92
<i>Rotaria rotatoria rotatoria</i> (Pallas, 1766)	46	184	23	69	–
Нематоди					
<i>Ironus ignavus</i> (Bastian, 1865)	–	–	–	–	23
<i>Nematoda gen. sp.</i>	46	–	46	115	46
Олігохети					
<i>Aelosoma hemprichi</i> (Ehrenberg, 1828)	–	69	–	46	23
Гастротрихи					
<i>Gastrotricha gen. sp.</i>	–	–	–	161	23
Загальна чисельність	1265	1817	828	966	391

На дванадцятую-сімнадцятую добу проведення експерименту чисельність зооценозу обростання штучної насадки коливалась у межах 828-966 екз/10 см². Тут також за чисельністю домінували інфузорії, чисельність яких складала 89-

59% від загальної чисельності організмів обростання. Серед інфузорій у цей період дослідження переважали за чисельністю *C. polypinum* та *C. hirtus*.

На двадцять другу добу експозиції чисельність зооценозу обростання насадки типу «ВІЯ» становила 391 екз/10 см². Із п'яти таксономічних груп, які зустрічались у цей період, домінували за чисельністю інфузорії та коловертки, які склали 47% та 24% від загальної чисельності зооценозу обростання волокнистого носія. Серед інфузорій зустрічалось 5 таксонів, а максимальною чисельністю характеризувалась коловертка *Col. colurus colurus* (92 екз/10 см²).

Таким чином досліджуючи зооценоз обростання волокнистого носія у продовж 22 діб дослідження на експериментальній установці із цілодобовою аерацією води при очищенні виробничо-зливових стічних вод очисної споруди заводу встановлено, що найбільше видове різноманіття та чисельність мають інфузорії-бактеріофаги за рахунок розвитку 5 таксонів – *C. polypinum*, *C. hirtus*, *L. lamella*, *T. similis* та *V. convallaria*.

Видовий склад перифітону волокнистого носія у весняний період 2018 року був представлений 21 таксоном, що належать до шести таксономічних груп. Найбільша кількість видів була виявлена серед інфузорій (13 видів), 3 види належали до коловерток, 2 види представлені веслоногими ракоподібними. Нематоди, черепашкові корненіжки та сонцевики були представлені по одному виду відповідно (табл. 3.3).

На другу-сьому добу експозиції зооценоз обростання волокнистого носія був представлений 15-14 таксонами гідробіонтів. На дванадцятую-чотирнадцятую добу проведення експерименту зооценоз обростання волокнистого носія був представлений 10-13 видами безхребетних організмів.

За весь період проведення експерименту щодо очищення виробничо-зливових стічних вод ЛОС-54 заводу в експериментальній установці високими показниками зустрічальності характеризувались шість видів організмів – із інфузорій *Chilidonella cucullulus* (Muller, 1786), *C. hirtus* та *Tachysoma pellionella* (Muller Stein, 1858); із коловерток – *Proales decipiens* (Ehrenberg, 1832); із нематод – *Nematoda gen. sp.* та із сонячників – *Actinophrus sol* (Ehrenberg, 1830).

Таблиця 3.3 – Чисельність організмів зооценозу обростання волокнистого носія (екз/10 см²) при очищенні стічних вод заводу АТ «Мотор Січ» (2018 р.)

Таксон	2-га доба	7-ма доба	12-та доба	14-та доба
Черепашкові корненіжки				
<i>Arcella vulgaris</i> (Ehrenberg, 1830)	46	–	–	46
Інфузорії				
<i>Aspidisca costata</i> (Dujardin, 1842)	–	23	–	23
<i>A. lynceus</i> (Müller, 1773)	23	23	23	–
<i>Chilidonella cucullulus</i> (Muller, 1786)	115	69	23	23
<i>Coleps hirtus</i> (Nutzsch, 1817)	23	92	23	69
<i>Colpoda sp.</i>	–	46	–	–
<i>Epistilis sp.</i>	–	46	–	–
<i>Euplotes affinis</i> (Dujardin, 1842)	23	–	–	23
<i>Litonotus lamella</i> (Schewiakoff, 1896)	–	138	161	–
<i>Paramecium caudatum</i> (Ehrenberg, 1838)	23	69	–	46
<i>Tachysoma pellionella</i> (Muller, 1858)	23	184	437	23
<i>Thuricola similis</i> (Bock, 1963)	–	–	69	23
<i>Vorticella campanula</i> (Ehrenberg, 1831)	69	–	–	–
<i>V. microstoma</i> (Ehrenberg, 1830)	46	138	–	23
Коловертки				
<i>Proales decipiens</i> (Ehrenberg, 1832)	23	69	69	69
<i>Rotaria rotatoria rotatoria</i> (Pallas, 1766)	23	23	–	–
<i>Bdeloidea gen. spp.</i>	23	–	23	–
Нематоди				
<i>Nematoda gen. sp.</i>	23	23	23	–
Сонцевіки				
<i>Actinophrus sol</i> (Ehrenberg, 1830)	23	92	–	23
Веслоногі ракоподібні				
<i>Diacyclops bisetosus</i> (Rehberg, 1880)	–	–	23	–
<i>Nauplii copepod</i> (Giesbrecht, 1889)	–	–	–	23
<i>Eucyclops affinis</i> (Sars, 1863)	–	–	–	23
Загальна чисельність	552	1035	874	437

Характеризуючи структурну організацію зооценозу обростання волокнистого носія при очищенні стічної води заводу слід зазначити, що на другу-сьому добу експозиції чисельність зооценозу коливалась у межах 552-1035 екз/10 см². У цей період дослідження домінували в зооценозі обростання волокнистого носія інфузорії, які склали 70-80% від загальної чисельності

зооценозу, головним чином за рахунок розвитку двох видів – *Ch. cucullulus* та *T. pellionella*.

На дванадцятую-чотирнадцяту добу проведення експерименту чисельність зооценозу обростання штучної насадки коливалась у межах 437-874 екз/10 см².

Тут також за чисельністю домінували інфузорії, чисельність яких складала 84-58% від загальної чисельності організмів обростання. Серед інфузорій у цей період дослідження переважали за чисельністю *T. pellionella* та *C. hirtus*.

Таким чином досліджуючи зооценоз обростання волокнистого носія у продовж 14 діб дослідження на експериментальній установці із цілодобовою аерацією води при очищенні виробничо-зливових стічних вод очисної споруди заводу встановлено, що найбільше видове різноманіття та чисельність мають інфузорії-бактеріофаги за рахунок розвитку 3 таксонів – *C. cucullulus*, *C. hirtus* та *T. pellionella*.

Видовий склад перифітону волокнистого носія у весняний період 2019 року в експериментальній установці був представлений 16 таксонами, які належать до 4 таксономічних груп. Найбільша кількість видів була виявлена серед інфузорій (12 видів), 2 види належали до коловерток, нематоди та олігохети були представлені по одному виду відповідно.

Характеризуючи структурну організацію зооценозу обростання волокнистого носія при очищенні стічної води заводу слід зазначити, що на четверту-восьму добу експозиції чисельність зооценозу коливалась у межах 465-644 екз/10 см². У цей період дослідження домінували в зооперифітоні волокнистого носія інфузорії, які склали 84-93% від загальної чисельності зооценозу, головним чином за рахунок розвитку двох видів – *L. lamella* та *T. pellionella* (табл. 3.4).

На десяту-вісімнадцяту добу проведення експерименту чисельність зооперифітону штучної насадки коливалась у межах 210-465 екз/10 см².

Таблиця 3.4 – Чисельність організмів зооценозу обростання волокнистого носія (екз/10 см²) при очищенні стічних вод заводу АТ «Мотор Січ» (2019 р.)

Таксон	4-та доба	8-ма доба	10-та доба	18-та доба
Інфузорії				
<i>Aspidisca costata</i> (Dujardin, 1842)	23	15	–	120
<i>Carchesium polypinum</i> (Linnaeus, 1758)	–	30	–	–
<i>Chilidonella cucullulus</i> (Muller, 1786)	–	30	45	–
<i>Euplotes affinis</i> (Dujardin, 1842)	46	45	–	–
<i>Litonotus lamella</i> (Schewiakoff, 1896)	230	30	15	
<i>Paramecium caudatum</i> (Ehrenberg, 1838)	–	75	–	15
<i>Prorodon teres</i> (Ehrenberg, 1833)	–	60	–	135
<i>Spirostomum teres</i> (Claparède & Lachmann, 1858)	–	15	15	–
<i>Stentor roeseli</i> (Ehrenberg, 1835)	23	–	15	–
<i>Tachysoma pellionella</i> (Muller, 1858)	207	30	–	–
<i>Vorticella convallaria</i> (Linnaeus, 1757)	46	–	–	–
<i>Glaucoma</i> sp.	23	60	–	150
Коловертки				
<i>Proales decipiens</i> (Ehrenberg, 1832)	23	45	45	15
<i>Enteroplea lacustris</i> (Ehrenberg, 1830)	–	–	60	30
Нематоди				
<i>Nematoda gen. sp.</i>	–	30	15	–
Олігохети				
<i>Aelosoma hemprichi</i> (Ehrenberg, 1828)	23	–	–	–
Загальна чисельність	644	465	210	465

Таким чином, досліджуючи зооперифітон волокнистого носія у продовж 18 діб дослідження на експериментальній установці із цілодобовою аерацією води при очищенні виробничо-зливових стічних вод очисної споруди заводу встановлено, що найбільше видове різноманіття та чисельність організмів була на 8 добу експозиції насадки типу «ВІЯ». Найменша чисельність організмів зооперифітону була на 10-ту добу експерименту, а найменше видове різноманіття – на 18-ту добу експозиції.

Середні значення чисельності деяких груп зооперифітону волокнистого носія типу «ВІЯ» за 2017-2019 рр. представлено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Середні значення чисельності деяких груп зооперифітону волокнистого носія (екз/10 см²) за 2017-2019 рр

Групи зооперифітону	Роки		
	2017 (вересень-жовтень)	2018 (квітень)	2019 (квітень-травень)
Інфузорії	833±220,89	522±137,03	375±105,35
Коловертки	115±47,26	81±6,64	55±17,61
Інші	124±56,77	92±16,26	17±4,17

Характеризуючи середні значення чисельності певних груп зооперифітону слід зазначити, що максимальна кількість гідробіонтів була в період вересень-жовтень 2017 року: інфузорії – 833±220,89 екз/10 см², коловертки – 115±47,26 екз/10 см², інші представники – 124±56,77 екз/10 см²; мінімальна кількість спостерігалась в період квітень-травень 2019 року: інфузорії – 375±105,35 екз/10 см², коловертки – 55±17,61 екз/10 см², інші представники – 17±4,17 екз/10 см².

Часова частота трапляння (%) іммобілізованих гідробіонтів волокнистої насадки типу «ВІЯ» за 2017-2019 рр. показано на рисунку 3.1.

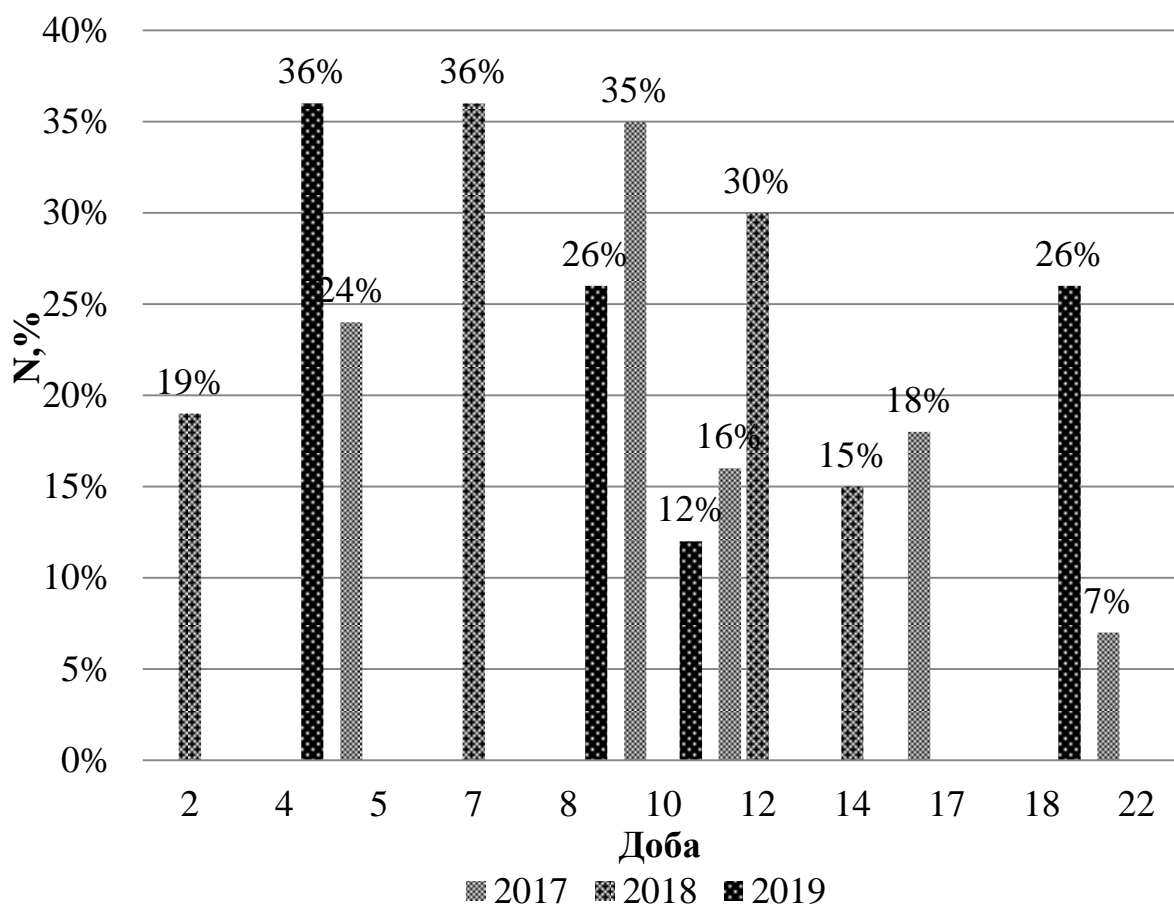


Рисунок 3.1 – Часова частота трапляння (%) іммобілізованих гідробіонтів волокнистої насадки "ВІЯ" за 2017-2019 рр.

3.2 Трофічна структура перифітону волокнистого носія типу «ВІЯ» при очищенні зливових стічних вод

Розглядаючи зооперифітон, який приймав активну участь в очищення промислових стоків, можна дати характеристику його трофічної структури. Трофічний ланцюг угруповань перифітону волокнистого носія типу «ВІЯ» складається з чотирьох рівнів (рис. 3.2).

Перший рівень займають бактерії, представниками яких є виключно аероби. На волокнистому носіїві присутні бактерій родів *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Arthrobacter* тощо.

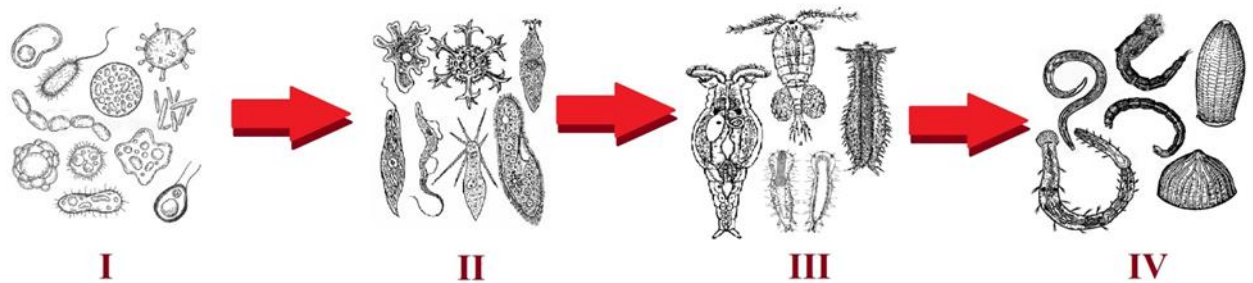


Рисунок 3.2 – Трофічний ланцюг угруповань перифітону волокнистого носія типу «ВІЯ»

Цими бактеріями харчуються найпростіші – амеби та інфузорії, які утворюють II рівень трофічного ланцюга – протистоперифітон. Представниками цього рівня є амеби *Amoeba proteus* (Leidy, 1878) та інфузорії: *Aspidisca costata* (Dujardin, 1842), *A. lynceus*, *Carchesium polypinum* (Linnaeus, 1758), *Chilidonella cucullulus* (Muller, 1786), *Coleps hirtus* (Nutzsch, 1817), *Colpoda sp.*, *Epistilis sp.*, *Euplotes affinis* (Dujardin, 1842), *E. patella*, *Glaucoma sp.*, *Litonotus lamella* (Schewiakoff, 1896), *Paramecium caudatum* (Ehrenberg, 1838), *Prorodon teres* (Ehrenberg, 1833), *Spirostomum teres* (Claparède & Lachmann, 1858), *Stentor roeseli* (Ehrenberg, 1835), *Tachysoma pellionella* (Muller Stein, 1858), *Thuricola similis* (Bock, 1963), *Vorticella campanula* (Ehrenberg, 1831), *V. convallaria*, *V. microstoma*, *Vorticella sp.* та зооїд невизначеного виду.

Мікрозооперифітон, або III рівень трофічного ланцюга, представлений коловертками, веслоногими ракоподібними, нематодами та гастротрихами. Серед них найчастіше зустрічалися коловертки: *Cephalodella gibba* (Ehrenberg, 1832), *Colurella colurus colurus* (Ehrenberg, 1830), *Proales decipiens* (Ehrenberg, 1832), *Rotaria rotatoria rotatoria* (Pallas, 1766).

Четвертий рівень – макрозооперифітон – представлений олігохетами. Серед олігохет зустрічався єдиний представник – *Aelosoma hemprichi* (Ehrenberg, 1828).

Трофічна структура угруповань перифітону волокнистого носія в осінній період 2017 р. представлена 6 групами – бактеріо-детритофагами, альгофагами, бактеріо-альго-детритофагами, детритофагами, поліфагами та хижаками. Серед 6 виявлених трофічних груп домінує виключно одна група – бактеріо-детритофагів, як за кількістю видів так і за чисельністю (табл. 3.6).

Таблиця 3.6 – Трофічна структура угруповань перифітону волокнистого носія в осінній період 2017 р

Доба	Кількість видів					
	А	Б-Д	Б-А-Д	Д	П	Х
5-та	1	7	1	0	0	0
10-та	0	7	3	1	0	0
12-та	0	6	2	0	0	0
17-та	1	8	2	1	1	0
22-га	0	6	1	1	1	1
Чисельність, екз/10 см ²						
5-та	23	1196	46	0	0	0
10-та	0	1449	299	69	0	0
12-та	0	782	46	0	0	0
17-та	23	736	92	46	161	0
22-га	0	230	92	23	23	23

Примітка. А – альгофаги, Б-Д – бактеріо-детритофаги, Б-А-Д – бактеріо-альго-детритофаги, Д – детритофаги, П – поліфаги, Х – хижаки.

В угрупованні перифітону до бактеріо-детритофагів належали інфузорії (11 видів) та нематоди (1 вид), які були представлені максимальною кількістю видів – 12 таксонів або 60% видів від загального складу виявлених гідробіонтів перифітону. Бактеріо-альго-детритофаги були представлені 3 таксонами коловерток та складали 15% від загальної кількості видів перифітону. Альгофаги були представлені 2 видами й складали 10% від загальної фауни

угруповання. Інші трофічні групи перифітону волокнистого носія (детритофаги, поліфаги та хижаки) були представлені по одному виду.

В цілому чисельність бактеріо-детритофагів перифітону волокнистого носія в цей період складала від 59% до 95% від загальної чисельності угруповання перифітону. Середня чисельність цієї трофічної групи складала 879 екз/10 см², або 83% від загальної чисельності перифітону волокнистого носія.

Трофічна структура угруповань перифітону волокнистого носія у весняний період 2018 р. представлена 5 групами – бактеріо-детритофагами, альгофагами, бактеріо-альго-детритофагами, поліфагами та неселективними всеїдними організмами (табл. 3.7).

Серед 5 виявлених трофічних груп перифітону волокнистого носія домінує виключно одна група – бактеріо-детритофагів, як за кількістю видів так і за чисельністю.

В угрупованні перифітону до бактеріо-детритофагів належали черепашкові корненіжки (1 вид), нематоди (1 вид) та інфузорії (12 видів), які були представлені максимальною кількістю видів – 14 таксонами або 67% видів від загального складу виявлених гідробіонтів перифітону. Альгофаги були представлені 2 видами й складали 10% від загальної фауни перифітону. Інші трофічні групи перифітону волокнистого носія (поліфаги, неселективні всеїдні організми) були представлені по одному виду.

Чисельність домінуючої трофічної групи – бактеріо-детритофагів збільшувалась на 7-у і 12-у добу, а потім зменшилась на 14-у добу експерименту від початкової чисельності. В цілому чисельність цієї трофічної групи коливалась у межах від 276 екз/10 см² до 851 екз/10 см², що складає 63-82% від загальної чисельності перифітону волокнистого носія. Середня чисельність бактеріо-детритофагів за період експерименту складала 581 екз/10 см² або 80% від загальної чисельності фауни перифітону.

Таблиця 3.7 – Трофічна структура угруповань перифітону волокнистого носія у весняний період 2018 р

Доба	Кількість видів				
	А	Б-Д	Б-А-Д	Н	П
2-га	1	10	3	1	0
7-ма	0	11	2	1	0
12-та	1	7	2	0	0
14-та	1	8	1	1	1
	Чисельність, екз/10 см ²				
2-га	23	437	69	23	0
7-ма	0	851	92	92	0
12-та	23	759	92	0	0
14-та	23	276	69	23	46

Примітка. А – альгофаги, Б-Д – бактеріо-детритофаги, Б-А-Д – бактеріо-альго-детритофаги, Н – неселективні всеїдні організми, П – поліфаги.

Таким чином в трофічній структурі угруповань перифітону волокнистого носія домінували інфузорії, які живляться бактеріями та детритом, що притаманно для очисних споруд, де різноманітні забруднюючі речовини розкладаються іммобілізованими мікроорганізмами-деструкторами.

Трофічна структура угруповань перифітону волокнистого носія у весняний період 2019 р. представлена 5 групами – бактеріо-детритофагами, альгофагами, детритофагами, бактеріо-альго-детритофагами та неселективними всеїдними організмами (табл. 3.8).

Серед 5 виявлених трофічних груп перифітону волокнистого носія домінує виключно одна група – бактеріо-детритофагів, як за кількістю видів так і за чисельністю.

В угрупованні перифітону до бактеріо-детритофагів належали інфузорії (10 видів) та нематоди (1 вид), які були представлені максимальною кількістю видів – 11 таксонів або 69% видів від загального складу виявлених гідробіонтів перифітону. Бактеріо-альго-детритофаги були представлені 2 видами й склали 13% від загальної фауни перифітону. Інші трофічні групи перифітону

волокнистого носія (альгофаги, неселективні всеїдні організми та детритофаги) були представлені по одному виду.

Таблиця 3.8 – Трофічна структура угруповань перифітону волокнистого носія у весняний період 2019 р

Доба	Кількість видів				
	А	Б-Д	Б-А-Д	Н	Д
4-га	1	5	1	1	1
8-ма	1	10	1	0	0
10-та	0	4	2	1	0
18-та	0	4	2	0	0
	Чисельність, екз/10 см ²				
4-та	46	529	23	23	23
8-ма	45	375	45	0	0
10-та	0	90	105	15	0
18-та	0	420	45	0	0

Примітка. А – альгофаги, Б-Д – бактеріо-детритофаги, Б-А-Д – бактеріо-альго-детритофаги, Н – неселективні всеїдні організми, Д – детритофаги.

Чисельність домінуючої трофічної групи – бактеріо-детритофагів коливалась у межах від 90 екз/10 см² до 529 екз/10 см² або 43-82% від загальної чисельності перифітону волокнистого носія. Середня чисельність бактеріо-детритофагів за період експерименту складала 354 екз/10 см² або 79% від загальної чисельності фауни перифітону.

Таким чином в трофічній структурі угруповань перифітону волокнистого носія домінували інфузорії, які живляться бактеріями та детритом, що притаманно для очисних споруд, де різноманітні забруднюючі речовини розкладаються іммобілізованими мікроорганізмами-деструкторами.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Поняття «Охорона праці» визначено статтею 1 Закону України «Про охорону праці» – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Головною метою охорони праці є створення на кожному робочому місці безпечних умов праці, умов безпечної експлуатації обладнання, зменшення або повна нейтралізація шкідливих та небезпечних виробничих факторів на організм людини і, як наслідок, зниження виробничого травматизму та професійних захворювань [50].

Предметом дослідження моєї роботи є зооценоз обростання волокнистого носія типу «ВІЯ». При відборі та подальшій роботі з відібраним матеріалом я дотримувалась правил з охорони праці.

Дослідження я проводила восени та навесні. Відокремлення матеріалу проводилося за допомогою спеціального знаряддя згідно інструкції та техніки безпеки.

Робота в лабораторії була обумовлена правильною організацією робочого місця і дотриманням кожним співробітником правил техніки безпеки. За технікою безпеки в лабораторії та стан охорони праці відповідав керівник лабораторії. Нагляд за справним станом устаткування, засобів пожежогасіння здійснювали старші наукові співробітники чи керівники. Інструктаж і перевірка знань проводилася систематично через визначений проміжок часу.

Перед початком роботи в лабораторії було створено оптимальні умови мікроклімату, так як на самопочуття, стан здоров'я людини впливає мікроклімат виробничих приміщень, який визначається дією на організм людини температури, вологості, рухомості повітря і теплового випромінювання. Встановлено, що відхилення температури повітря від нормативних значень на 1°C може знизити продуктивність праці на 1%. Переохолодженню організму

може сприяти надмірна вологість і швидкість повітря понад 0,5-0,8 м/с, особливо в холодний період року.

Освітлення об'єктів роботи має велике практичне значення. Освітлення повинно забезпечувати високу продуктивність праці, бути безпечним, викликати найменше загальне і зорове стомлення. Світло на моєму робочому місці падало згори та зліва. Місцеве освітлення забезпечувало потрібну освітленість на окремих робочих місцях. Величина освітленості відповідно до санітарних норм нормується залежно від точності роботи, яку виконують, типу ламп, що застосовується і виду освітлення [51].

Санітарними і гігієнічними нормами, а також стандартами встановлено гранично допустимий рівень звуку і рівень звукового тиску при середньо геометричних частотах октавних смуг.

Гранично допустимі концентрації пилу і мікроорганізмів у зоні дихання встановлено стандартами. Пристрої для видалення надлишків теплоти, вологи, пилу, шкідливих парів та газів з приміщення відповідно до ДСТУ 12.1.005-88 утворюють систему вентиляції, яка забезпечує необхідний повітрообмін. У лабораторії згідно стандартам і нормам була раціонально спроектована механічна і правильно експлуатована природна вентиляційні системи.

Електробезпека – це система організаційних та технічних заходів і засобів, які забезпечують захист людей від шкідливого та небезпечного електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля та статичної електрики (ГОСТ 12.1.009-76).

Електричний струм, який проходить крізь живий організм, чинить термічну, електролітичну та біологічну дію. Термічна та електролітична дія властива будь-яким провідникам, а біологічна – тільки живій тканині.

Термічна (теплова) дія струму виявляється в опіках окремих ділянок тіла, нагріванні до високої температури кровоносних судин, нервів, серця, мозку та інших органів, які перебувають на шляху протікання струму, що викликає серйозні функціональні розлади цих органів й організму в цілому.

Організаційні і технічні заходи щодо забезпечення електробезпеки полягали у вивченні, інструктажі і дотриманні особливих вимог при роботі на струмоведучих частинах, що знаходилися під напругою. Основними мірами запобігання поразки електричним струмом у лабораторії були: конструкція електроустановок, що відповідала умовам їхньої експлуатації і забезпечувала захист від зіткнення із струмоведучими частинами; застосування технічних способів і засобів захисту; організаційні і технічні заходи. До основних технічних способів і засобів захисту від поразки електричним струмом у лабораторії відносять: захисне заземлення; занулення; мала напруга; електричний поділ мереж; захисне вимкнення; ізоляція струмоведучих частин; огорожувальні пристрої, блокування, знаки безпеки; компенсація струмів, замикання на землю [50].

Наша лабораторія була оснащена визначеною кількістю тих чи інших видів пожежної техніки відповідно до загальнодержавних чи відомчих норм.

Пожежі можуть виникати за таких обставин:

- в початковий період експлуатації (недоліки в проектах, неякісний монтаж, притирання елементів обладнання);
- в основний період експлуатації (несправність контрольно-вимірювальних приладів, порушення безпеки, незадовільний нагляд тощо);
- в період так званого «старіння» елементів технологічного обладнання (корозія, відсутність ремонтів тощо).

Активний пожежний захист – це система організаційних і технічних засобів для боротьби з пожежами й запобігання негативної дії на організм людини та обмеження матеріальних збитків.

Для запобігання пожежам розробляють:

- організаційні заходи – правильний добір режиму технологічного процесу, нагляд і контроль, навчання тощо;
- технічні заходи – відповідний монтаж електрообладнання, режим, що виключає іскроутворення або контакт горючих матеріалів з нагрітими поверхнями тощо;

- режимні заходи – заборона куріння, запалювання вогню, контроль за зберіганням мастильних матеріалів, промаслених ганчірок тощо;
- тактико-профілактичні заходи – швидка дія пожежних команд, забезпечення засобами пожежогасіння тощо.

Місця розміщення кожного виду пожежної техніки у лабораторії були позначені вказівними знаками. Підходи до вогнегасника були зручні і не захаращені. Для кращої видимості елементи будівельних конструкцій у місці розташування пожежної техніки були виділені червоними смугами шириною 200-400 мм, а саму пожежна техніка (вогнегасник, пожежний інструмент) була червоного кольору. У лабораторії були первинні вогнегасні засоби, а саме: вогнегасник, азбестова полотнина, сухий пісок, водопровідна вода.

У лабораторії не дозволяється їсти, пити, а також зберігати продукти харчування, куріння та застосування косметичних засобів. У лабораторному приміщенні я підтримувала порядок та чистоту. Усі операції проводила на робочому столі, що був спеціально обладнаний. Робоче місце я не захаращувала зайвим посудом і устаткуванням [52].

Більша частина робіт у лабораторії була пов'язана з використанням скляного посуду і приладів. Скляний посуд не використовувався мною для роботи при підвищеному тиску. Категорично забороняється використовувати посуд, що має тріщини чи відбиті краї. При митті посуду я надягала гумові рукавички.

У лабораторії була аптечка, що містила у собі: перекис водню, спирт, борну кислоту 15%, соду, перекис магнію, бинт, вату. Аптечку поповнювали періодично.

Отримані данні я обробляла на комп'ютері. Що стосується умов праці з комп'ютером, пов'язаних з гігієною площ і виробничих приміщень, то вона має відповідати нормам і правилам. Площа, відведена на одне робоче місце має становити не менше 6 м², а об'єм – не менше 20 м³. Конструкція робочого місця повинна забезпечувати підтримання оптимальної робочої пози (тобто такої, яка дозволяє працівникові виконувати роботу з мінімальним напруженням тіла, і

яка дозволяє уникнути перевтоми в ході і після закінчення робочого процесу). Робочі місця слід розташовувати відносно джерела природного світла (вікон) таким чином, щоб світло падало збоку, переважно зліва.

При роботі з комп'ютером шкідливими і небезпечними чинниками є:

- електростатичні поля;
- електромагнітне випромінювання;
- наявність потужних іонізуючих випромінювань;
- локальне стомлення, загальна втома;
- стомлюваність очей;
- небезпека ураження електричним струмом;
- пожежонебезпека.

У ході виконання робіт оператор комп'ютера повинен:

- витримувати відстань від очей до екрана комп'ютером в межах 60-70 см;
- дотримуватися режиму праці та відпочинку;
- робити перерви у роботі.

Тривалість регламентованих перерв наведена у таблиці 4.9, де прийняті такі позначення:

- група А – читання інформації з попереднім запитом (діалоговий режим роботи);
- група Б – введення інформації;
- група В – творча робота у режимі діалогу ПЕОМ (налагодження програм, переклад та редагування текстів та інше) [51].

У випадку виникнення у працюючих за ВДТ зорового дискомфорту та інших несприятливих суб'єктивних відчуттів, що настають, незважаючи на дотримання санітарно-гігієнічних і ергономічних вимог, режимів праці та відпочинку, слід застосовувати індивідуальний підхід у обмеженні часу робіт за ВДТ та корекцію тривалості перерв для відпочинку або проводити заміну іншими видами робіт (не пов'язаних з використанням ВДТ) [50].

Таблиця 4.9 – Час регламентованих перерв операторів (користувачів) ВДТ залежно від категорії та групи робіт

Категорія робіт	Група роботи			
	А кількість знаків	Б кількість знаків	В Годин	Час перерви при 8-годинній зміні, хв.
I	20000	15000	2	20
II	21000-40000	16000-30000	2,1- 4	40
III	понад 40000	понад 30000	понад 4	60

Основні небезпечні і шкідливі виробничі фактори, що можуть впливати на оператора (користувача):

а) хімічні:

– підвищений вміст у повітрі робочої зони двоокису вуглецю, озону, аміаку, фенолу, формальдегіду;

б) психофізіологічні:

– напруга зору;

– напруга уваги;

– інтелектуальні навантаження;

– емоційні навантаження;

– тривалі статичні навантаження;

– монотонність праці;

– великий обсяг інформації, оброблюваної в одиницю часу;

– нерациональна організація робочого місця;

в) біологічні:

– підвищений вміст у повітрі робочої зони мікроорганізмів.

Для зниження напруженості праці на ПЕОМ необхідно рівномірно розподіляти і чергувати характер робіт відповідно до їх складності.

Характеристики вібрації на робочому місці під час роботи з комп'ютером були не вище за допустимі значення, наведенні у ДСТУ 12.1.012-90. Для

зниження вібрації обладнання були встановлені спеціальні амортизуючі прокладки, передбачені спеціальними нормативними документами.

При недотриманні правил техніки безпеки можуть виникнути аварійні ситуації. Аварійна ситуація чи нещасний випадок можуть статися в разі: ураження електричним струмом, загорання апаратури тощо.

У аварійних ситуаціях комп'ютер повинен негайно відключений від мережі: при відключенні електричної енергії; при пожежі; при появі запаху диму.

Людину, яка потрапила під напругу, негайно звільнити від дії струму, відключивши комп'ютер або відкинувши електропровід. Якщо це неможливо зробити швидко, постраждалого відтягнути від струмоведучих частин, діючи однією рукою, ізольованою гумовою рукавичкою чи сухим одягом торкаючись лише одягу потерпілого. До прибуття лікаря потерпілому надати першу допомогу. У перші хвилини з моменту ураження необхідно почати штучне дихання, закритий масаж серця. Під час пожежі приступити до гасіння пожежі вуглекислотним вогнегасником і викликати пожежну команду [52].

Таким чином, дотримання правил з охорони праці дозволило мені уникнути травмування під час виконання кваліфікаційної роботи магістра.

ВИСНОВКИ

1. Перифітон волокнистого носія при біологічному очищенні зливових стічних вод складався із 35 таксонів гідробіонтів, які відносяться до трьох екологічних груп – протистоперифітону, мікрозооперифітону та макрозооперифітону. Угруповання протистоперифітону (24 види) представлено інфузоріями, черепашковими корененіжками, корененіжками та сонцевиками; мікрозооперифітон (11 видів) – коловертками, копеподами, нематодами та гастротрихами; макрозооперифітону – виключно олігохетами (1 вид).

2. Встановлено, що найбільше видове різноманіття та чисельність в угрупованні перифітону волокнистого носія у продовж дослідження на експериментальній установці із цілодобовою аерацією води при очищенні виробничо-зливових стічних вод очисної споруди заводу мають інфузорії-бактеріофаги.

3. Трофічний ланцюг угруповань перифітону волокнистого носія типу «ВІЯ» складається з чотирьох рівнів – бактерій, найпростіших, мікрозооперифітону та макрозооперифітону. В трофічній структурі перифітону волокнистого носія було виявлено 7 трофічних груп – неселективні всеїдні організми, бактеріо-детритофаги, альгофаги, бактеріо-альго-детритофаги, детритофаги, поліфаги та хижаки.

4. За весь період дослідження в трофічній структурі перифітону домінували виключно інфузорії бактеріо-детритофаги, які живляться бактеріями та детритом, що притаманно для очисних споруд, де різноманітні забруднюючі речовини розкладаються іммобілізованими мікроорганізмами-деструкторами.

ПРАКТИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

1. При дослідженні перифітону волокнистого носія типу «ВІЯ» в експериментальній установці необхідно підраховувати чисельність гідробіонтів в розмірності екз/10 см², а не в екз/мл як прийнято підраховувати чисельність організмів активного мулу аеротенків очисних споруд. Це необхідно робити для того, щоб потім результати досліджень чисельності перифітону можна було порівнювати із іншими аналогічними дослідженнями і результати в екз/10 см² легко можна перевести в іншу розмірність, наприклад екз/м².

2. Для перерахунку чисельності перифітону волокнистого носія необхідно зрізати волокна носія довжиною 10-12 см, що дозволяє з даного субстрату ліпше змивати організми перифітону об'ємом води у 50 мл.

3. Матеріали роботи можуть бути використані на заняттях з таких дисциплін: «Біологічні методи очищення стічних вод», «Гідробіологія» та «Урбоекологія».

4. Виходячи з результатів дослідження, необхідно приділяти окремої уваги саме трофічній структурі перифітону волокнистого носія типу «ВІЯ», тому що чим довший трофічний ланцюг угруповання, тим ліпше проходять процеси очищення стічної води.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Саблій Л. А. Використання гідробіонтів для очищення стічних вод від органічних забруднюючих речовин. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Технічні науки* : зб. наук. праць. Рівне, 2013. Вип. 1 С. 70-78.
2. Саблій Л. А., Кузьмінський Є. В., Жукова В. С. та ін. Технологія біологічного очищення стічних вод Української антарктичної станції Академік Вернадський. *Український антарктичний журнал*. 2014. № 13. С. 281-287.
3. Запольський А. К. Водопостачання, водовідведення та якість води : підручник. Київ : Вища школа, 2005. 671 с.
4. Ротмистров М. Н., Гвоздяк П. И., Ставская С. С. Микробиология очистки воды : уч. пособ. Киев : Наук. думка, 1978. 268 с.
5. Романенко В. Д. Основи гідроекології : підручник. Київ : Обереги, 2001. 728 с.
6. Омельченко Н. П., Коваленко Л. И. Контактные камеры хлопьеобразования с волокнистой насадкой. *Вісник ДонНАБА*, 2014. № 5, С.19-23.
7. Гудзь С. П. Основи мікробіології : підручник. Київ : Либідь, 1991. 69 с.
8. Возная Н. Ф. Химия воды и микробиология : учеб. пособ. Москва : Высшая школа, 1979. 136 с.
9. Душкин С. С., Дегтярь М. В. Очистка дренажных сточных вод. *Вода. Экология. Общество* : тезисы докл. междунар. науч.-техн. конф. (г. Харьков, 20-21 марта 2014 г.). Харьков, 2014. С. 3.
10. Долина Л. Ф. Очистка сточных вод от биогенных элементов : монография. Днепропетровск : Континент, 2013. 198 с.
11. Козар М. Ю. Розробка технології біологічного очищення стічних вод від сполук фосфору в системі анаеробно-аеробних біореакторів : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 17.09.14. Київ, 2014. 20 с.

12. Омельченко Н. П., Коваленко Л. И. Волокнистые насадки для систем очистки воды. *Проблемы экологии*. Донецк : ДонНТУ, 2013. № 1-2. С.12-17.
13. Саблій Л. А. Фізико-хімічне та біологічне очищення висококонцентрованих стічних вод : монографія. Рівне : НУВГП, 2013. 292 с.
14. Tomczak-Wandzel R., Dereszewska A., Cytawa S., Medrzycka K. The effect of surfactants on activated sludge process. *Research and application of new technologies in wastewater treatment and municipal solid waste disposal in Ukraine, Sweden and Poland. Proceedings of polish-ukrainian-swedish seminar*. Report no 16. Stockholm, 2014, S. 73-80.
15. Матвєєва О. Р., Алієва О. Л. Формування умов середовища для прискорення біодеградації нафтопродуктів. *Проблеми екологічної біотехнології*. 2014. Вип. № 1.
16. Серебренникова М. К. Биодegradация нефтяных углеводородов иммобилизованными родококками в колоночном биореакторе : дис. ... канд. биол. наук : 03.02.03. Пермь, 2014. 159 с.
17. Montgomery, M. A., Elimelech, M. Water and sanitation in developing countries: including health in the equation. *Environ. Sci. Technol.* № 41, 2016. P. 17-24
18. Основні показники використання вод України за 2002 р. *Держкомводгосп України*. Київ, 2003. Вип. 22. 56 с.
19. Гвоздяк П. І. За принципом біоконвеєра. *Біотехнологія охорони довкілля. Вісник НАН України*. 2003. № 3. С. 29-36.
20. Nakano K, Iwasawa H, Ito O, Lee T, Matsumura M. Improved simultaneous nitrification and denitrification in a single reactor by using two different immobilization carriers with specific oxygen transfer characteristics. *Bioprocess Biosyst Eng.* 2014. V. 26. P. 141-145
21. Глоба Л. І., Гвоздяк П. І. Біологічна денонсація хімічних патогенів у водному середовищі. *Медицинські перспективи*. 2012. Т. XVII. № 4. С. 21-25.
22. Гвоздяк П. І. Актуальні питання біологічного очищення води. *Ойкумена*. 1992. № 5-6. С. 58-70.

23. Глоба Л. И., Гвоздяк П. И., Загорная Н. Б. и др. Очистка природной воды гидробионтами, закрепленными на волокнистых насадках. *Химия и технология воды*. 1992. Т. 14. № 1. С. 63-67.

24. Глоба Л. И., Подорван Н. И. Біотехнологія очищення забрудненої природної води. *Вісник ОНУ*. 2001. Т. 6, № 4. С. 65-66.

25. Ettl M. The Ciliate Community (Protozoa: Ciliophora) of a Municipal Activated Sludge Plant: Interactions between Species and Environmental Factors. *Protozoological Monographs*. 2000. V. 1. P. 1-62.

26. Саблій Л. А. Дослідження біоценозу анаеробно-аеробної системи біореакторів при очищенні стічних вод. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Технічні науки* : зб. наук. праць. Рівне, 2012. Вип. 4 С. 51-56.

27. Саблій Л. А. Використання гідробіонтів для очищення стічних вод від органічних забруднюючих речовин. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Технічні науки* : зб. наук. праць. Рівне, 2013. Вип. 1 С. 70-78.

28. Бляшина М. В., Саблій Л. А., Гвоздяк П. І. Очищення міських стічних вод в анаеробно-аеробних біореакторах з іммобілізованими мікроорганізмами. *Науковий вісник будівництва 67*. Харків, 2014 С. 320-328.

29. Бляшина М. В. Анаеробно-аеробне очищення міських стічних вод з використанням волокнистого носія : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.17.21. Київ, 2015. 20 с.

30. Домбровський К. О. Біоценоз перифітонного обростання волокнистого носія при очищенні стічних вод заводу АТ «МОТОР СІЧ». *Екологія та охорона природи. Вісник Запорізького національного університету*. 2015. № 1. С. 149-163.

31. Глоба Л. И., Килочицкий П. Я., Лукашов Д. В. и др. Видовое разнообразие и численность беспозвоночных при биологической очистке сточных вод. *Химия и технология*. 2005. Т. 27. № 5. С. 505-513.

32. Юрченко В. А., Астапова А. В. Выявление факторов управления седиментационными свойствами активного ила. *Вестник Харьковского национального автомобильно-дорожного университета. Сборник научных трудов*. 2013. № 48.
33. Pratt J. R., Caerns J. Functional Groups in the Protozoa: Roles in Differing Ecosystems. *J. Protozool.* 1985. V. 32. P. 415-423.
34. Lynn D. H. The Ciliated Protozoa. Characterization, Classification, and Guide to the Literature. *Springer Science+Business Media BV*. 2014. P. 605
35. Hillbricht-Ilkowska A. Trophic relations and energy relations in pelagic plankton. *Polish ecological studies*. 1977. Vol. 3. P. 3–98.
36. Hall D. J., Threlkeld S.T., Burns C.W. and Crowley H. The size-efficiency hypothesis and the size structure of zooplankton communities. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 1976. Vol. 7. P. 177–208.
37. Pinel-Alloul B. Spatial heterogeneity as a multiscale characteristic of zooplankton community. *Hydrobiologia*. 1995. Vol. 300/301. P. 17–42.
38. Beaver J. R., Crisman T. L. The trophic response of ciliated protozoans in freshwater lakes. *Limnology and Oceanography*. 1982. Vol. 27, No 2. P. 246–253.
39. Трофическая цепь : биологический энциклопедический словарь / глав. ред. М. С. Гиляров. Москва : Советская энциклопедия, 1986. С. 648–649.
40. Foissner W, Berger H. A user-friendly guide to the ciliates (Protozoa, Ciliophora) commonly used by hydrobiologists as bioindicators in rivers, lakes, and waste waters, with notes on their ecology. *Freshwater Biol.* 2016. Vol. 35. P. 375-482.
41. Carter J. C. H., Taylor W. D. and Tudorancea C. A horizontal gradient in zooplankton community structure, and its implications for the relationships among mesozooplankton, microzooplankton and phytoplankton. *Archiv für Hydrobiologie*. 1995. Vol. 133. P. 197–222.
42. Cairns J. Jr., Henebry M. S. Interactive and noninteractive protozoa colonization process in artificial substrates. *Ann Arbor Science Publishers, Ann Arbor*. 1982. P. 23–70.

43. Айсаев А. А., Колесников С. Г., Таразанов В. В. и др. Фауна аэротенков : атлас. / отв. ред. Л. А. Кутикова. Ленинград : Наука, 1984. 5-31, 264 с.

44. Бляшина М. В., Саблій Л. А. Использование анаэробно-аэробного биореактора для очистки сточных вод. *Водоочистка*. Москва, 2013. №4. С. 19-24.

45. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части СССР: планктон и бентос : учеб. пособ. / за ред. Л. А. Кутикова, Я. И. Старобогатов. Ленинград : Гидрометеиздат, 1977. 510 с.

46. Саблій Л. А., Кузьмінський Є. В., Жукова В. С., Козар М. Ю. Нові технології біологічного очищення господарсько-побутових і виробничих стічних вод. *Водопостачання та водовідведення*. 2014. № 3. С. 24-33.

47. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий : в 6 т. Санкт-Петербург : Наука, 1994. Т. 1 : Низшие беспозвоночные / под ред. С. Я. Цалолихина. 394 с.

48. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий : в 6 т. Санкт-Петербург : Наука, 1995. Т. 2 : Ракообразные / под ред. С. Я. Цалолихина. 627 с.

49. Боголюбов А. С. Простейшие методы статистической обработки результатов экологических исследований : метод. пособ. Москва : Экосистема, 1998. 13 с.

50. Шевченко О. А. Комунальна гігієна та екологія людини : навч.-метод. посіб. Дніпропетровськ : ДДМА, 2011. 79 с.

51. Серіков Я. О. Основи охорони праці : навч. посіб. Харків : ХНАМГ, 2007. 227 с.

52. Князевский Б. А. Охрана труда в электроустановках : учебник для вузов. Москва : Энергоатомиздат, 1983. 336 с.

ДОДАТКИ
Додаток А

Експериментальна установка для процесу очищення стічних вод



Додаток Б

Vorticella convallaria (Linnaeus, 1757)



Додаток В

Nematoda gen. sp.



Додаток Г

Colurella colurus colurus (Ehrenberg, 1830)



Додаток Д

Thuricola similis (Bock, 1963)



Додаток Е

Chilidonella cucullulus (Muller, 1786)

