ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БІОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра загальної та прикладної екології і зоології

Кваліфікаційна робота

бакалавра

на тему ЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ УГРУПОВАНЬ БЕЗХРЕБЕТНИХ ПІД ПОКРИВОМ МОХІВ ТА ЛИШАЙНИКІВ

ECOLOGICAL FEATURES OF INVERTEBRATE COMMUNITIES UNDER THE COVERING OF MOSSES AND LICHENS

Виконав: студент 4 курсу, групи 6.1019

спеціальності 101 Екологія

освітньо-професійної програми

Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування

Радюк А.Ю.

Керівник доцент, доцент, к.б.н. Домбровський К.О.

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

Запоріжжя – 2023

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Біологічний факультет
Кафедра загальної та прикладної екології і зоології
Рівень вищої освіти бакалавр
Спеціальність 101 Екологія
Освітньо-професійна програма Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри загальної та прикладної екології і зоології,
д.б.н., проф.
_____О.Ф. Рильський
«16» _листопада_ __2022_року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ
Радюку Артему Юрійовичу
(прізвище, ім'я, по-батькові)

1.Тема роботи Екологічні особливості угруповань безхребетних під покривом мохів та лишайників
керівник роботи Домбровський Костянтин Олегович, к.б.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджена наказом ЗНУ від «6» лютого 2023 р. № 221-с
2.Строк подання студентом роботи 8 червня 2023 року
3.Вихідні дані до роботи: матеріали експериментальних досліджень; особисті спостереження; літературні посилання на авторів .
4.Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити:

1) встановити видовий склад угруповань безхребетних організмів талому лишайнику та моху із різних районів м. Запоріжж;

2) дослідити кількісні характеристики безхребетних організмів талому лишайника та моху дослідженої урбоекосистеми при різних температурних умовах;

3) встановити індекс видового різноманіття Шеннона угруповань безхребетних організмів талому лишайника та моху досліджених районів урбоекосистеми.

5.Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
4 рисунків, 11 таблиць.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 16 листопада 2022 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент _____ А.О. Радюк

Керівник роботи _____ К.О. Домбровський

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ Н.І. Костюченко

РЕФЕРАТ

У роботі 64 сторінок, 11 таблиць, 4 рисунків, використано 47 літературних джерел, з них 18 іноземною мовою.

Об’єктом дослідження є угруповання безхребетних організмів талому лишайника й моху різних районів м. Запоріжжя.

Предметом дослідження є угруповання безхребетних організмів талому лишайника й моху різних районів м. Запоріжжя.

Методом дослідження є аналіз – це метод пізнання, змістом якого є розчленування предмета дослідження на складові частини з метою їх детального і всебічного вивчення. І опис – це фіксація певними засобами суттєвих ознак об’єкта дослідження або результатів спостереження, вимірювання, порівняння, експерименту.

Метою кваліфікаційної роботи є вивчити видовий склад та кількісні характеристики угруповань безхребетних організмів талому лишайників і моху урбоекосистеми.

Теоретично та експериментально визначено видовий склад біомів лишайників та мохоподібних безхребетних у різних регіонах Запоріжжя, дослідив кількісні характеристики безхребетних організмів талому лишайника та моху дослідженої урбоекосистеми при різних температурних умовах встановив індекс видового різноманіття Шеннона угруповань безхребетних організмів талому лишайника та моху досліджених районів урбоекосистеми.

МОХИ, ЛИШАЙНИКИ, БЕЗХРЕБЕТНІ, ВИДОВИЙ СКЛАД, КІЛЬКІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ВИДОВЕ РІЗНОМАНІТТЯ.

ABSTRACT

The work has 64 pages, 11 tables, 4 figures, 47 literary sources are used, 18 of them are in a foreign language.

The object of the study is the grouping of invertebrate organisms of the lichen and moss thalli of different districts of Zaporizhia.

The subject of the study is the grouping of invertebrate organisms in the lichen and moss thalli of different regions of Zaporizhia.

The method of research is analysis – it is a method of cognition, the content of which is the dissection of the subject of research into its constituent parts for the purpose of their detailed and comprehensive study. And the description is the fixation by certain means of the essential features of the research object or the results of observation, measurement, comparison, experiment.

The purpose of the qualification work is to study the species composition and quantitative characteristics of groups of invertebrate organisms of the lichen and moss thalli of the urboecosystem.

Theoretically and experimentally determined the species composition of biomes of lichens and moss-like invertebrates in different regions of Zaporizhzhia, investigated the quantitative characteristics of invertebrate organisms of the lichen thalli and moss of the studied urboecosystem under different temperature conditions, established the Shannon index of species diversity of the groups of invertebrate organisms of the lichen thalli and moss of the studied regions of the urboecosystem.

MOSSES, LICHENS, INVERTEBRATES, SPECIES COMPOSITION, QUANTITATIVE CHARACTERISTICS, SPECIES DIVERSITY.

ЗМІСТ

ВСТУП…….....7
1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ……..9
1.1 Процес урбанізації та його вплив на зоо- і фітоценози великого промислового міста…….....9
1.2 Біоіндикація та її види…….....21
1.3 Організми, як індикатори стану урбоекосистеми та угруповання безхребетних організмів талому лишайника та моху…….....25
1.4 Антропогенне забруднення атмосферного повітря різних районів міста Запоріжжя……...28
2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ……....32
2.1 Методи ліхеноіндикації стану атмосферного повітря урбоекосистеми.32
2.2 Методи індикації атмосферного повітря при використанні угруповань безхребетних……..36
2.3 Загальна методика збору безхребетних тварин……..38
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА……41
3.1 Видовий складу та кількісні характеристики угруповань безхребетних організмів талому лишайника й моху різних районів м. Запоріжжя…….41
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ…54
ВИСНОВКИ……59
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ……...60

ВСТУП

Актуальність теми. На сьогоднішній день неконтрольовані та надмірні викиди забруднюючих речовин антропогенного характеру складають велику загрозу для безпеки довкілля. Саме по цій причині пошук індикаторів з метою надання оцінки стану антропогенно трансформованого довкілля є актуальним й дуже важливим завданням для вчених та дослідників.

Відповідно особливостей поширення й ознак складових елементів рослинного покриву урбосистеми можна установити рівень забруднення повітря, ґрунтів або водойм. Використання рослин-індикаторів може допомогти встановити ступінь забруднення повітря уже на початкових його стадіях, це дозволить оцінити загальний екологічний стан середовища міста Запоріжжя [1]. В рослинних організмах, під дією різноманітних токсичних речовин, проходять деякі зміни морфологічних та анатомічних ознак.

Насамперед, при дії антропогенних факторів в статевих клітинах рослинного організму підвищується частота кількість стерильних клітин й мутацій [2]. Із огляду на це, досить активно розвиваються такі напрями оцінки стану різноманітних компонентів довкілля як фітомоніторинг й фітоіндикація. Саме фітоіндикаційний метод надає можливість об’єктивно оцінити ступінь антропогенної трансформації фітоценозів, екосистеми й атмосфери для подальшого прогнозування їхніх змін й розробки системи природоохоронних заходів з оптимізації урбосередовища.

Термін «біоіндикація» частіше застосовується у європейській науковій літературі, а у американській його зазвичай заміняють аналогічним за змістом терміном «екотоксикологія».

Мета роботи: вивчити видовий складу та кількісні характеристики угруповань безхребетних організмів талому лишайників і моху урбоекосистеми.

Для реалізації мети були поставлені наступні завдання:

– Встановити видовий склад угруповань безхребетних організмів талому лишайнику та моху із різних районів м. Запоріжжя.

– Дослідити кількісні характеристики безхребетних організмів талому лишайника та моху дослідженої урбоекосистеми при різних температурних умовах.

– Встановити індекс видового різноманіття Шеннона угруповань безхребетних організмів талому лишайника та моху досліджених районів урбоекосистеми.

Об’єкт дослідження: угруповання безхребетних організмів талому лишайника й моху різних районів м. Запоріжжя.

Предмет дослідження: видовий склад та кількісні характеристики угруповань безхребетних організмів талому лишайника й моху різних районів м. Запоріжжя.

Методи дослідження:

– Для якісної та кількісної характеристики безхребетних організмів з таломів лишайників та мохів використовували загальновідомий метод збору безхребетних з цих субстратів.

– Для встановлення морфометричних показників деяких лишайників визначали проективне покриття лишайників на форофітах за методикою яку широко використовують в ліхеноіндикації.

– Обробку результатів дослідів проводять методами математичної статистики з визначенням середньої арифметичної величини.

Структура роботи: вступ**,** 4-розділи, висновки, 47-використаних джерел інформації.

За матеріалами дослідження опубліковано 1 друковану працю:

– Радюк А.Ю. Екологічні особливості угруповань безхребетних під покривом мохів та лишайників. Програма XVI університетської науково-практичної конференції студентів, аспірантів, докторантів і молодих учених «МОЛОДА НАУКА-2023» 2023 року, яка проходила у травні 2023 року.

1 ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Процес урбанізації та його вплив на зоо- і фітоценози великого промислового міста.

У галузі охорони навколишнього природного середовища використовується нормування що є засобом правового регулювання відносин й встановлюється правовою доктриною та законодавством України. Одночасно разом з стандартизацією нормування проводиться для визначення комплексу обов’язкових правил з охорони навколишнього природного середовища, норм з охорони довкілля та вимог до охорони довкілля від забруднення й забезпечення екологічної безпеки.

Джерелом для задоволення потреб функціонування різноманітних сфер народного господарства є водні ресурси, повітряні ресурси області та земельні ресурси, а саме слугують для функціонування таких галузей народного господарства як: питного водопостачання, транспорту, рибництва, електроенергетики, сільського господарства, промисловості, відпочинку населення та рекреації тощо. Надання оцінки навколишньому середовищу та окремим його компонентам має визначальне значення для встановлення екологічної політики держави та окремих її регіонів.

На сьогоднішній день на довкілля впливає безліч чинників, головним із яких є діяльність людства. Найнебезпечнішою діяльністю людства є її виробнича та трудова діяльність, що впливає на якість життя живих організмів, як на території, що знаходиться поряд з небезпечним чинником так й на відстані від нього.

Надання оцінки навколишньому середовищу та окремим його компонентам має визначальне значення для встановлення екологічної політики держави та окремих її регіонів [2].

Суспільство як і окрема особа, як й будь-який організм, нерозривно пов'язаний із біосферою. Проте вплив на біосферу як окремої людини так і

людства загалом досить сильно відрізняється від впливу ін. живих організмів, насамперед через те, що обумовлені суспільною природою людини, це проходить під час й у результаті, перш за усе виробничої діяльності людства.

Під час обґрунтування вимог щодо параметрів біологічної сфери нашої планети варто надати оцінку й зробити аналіз різноманітних аспектів і факторів й стан всього довкілля й окремих його елементів. Також необхідно проводити біоіндикацію до шкідливого впливу чи людської діяльності й після людської діяльності. Під час проведення біоіндикації великого значення набувають форми організації й методи проведення біологічної індикації природної та техногенної екологічної система всієї території України. Біоіндикація надає можливість прямо оцінити якісні показники навколишнього природного середовища.

Біоіндикація є методом оцінки стану середовища за допомогою живих об'єктів, таких як клітини, організми, популяції та спільноти. Цей підхід дозволяє проводити оцінку як абіотичних (неживих) чинників, таких як температура, вологість, кислотність, солоність, вміст полютантів тощо, так і біотичних (живих) чинників, таких як життєва здатність організмів, популяцій та спільнот.

Для поліпшення стану навколишнього природного середовища, необхідно:

1)необхідно систематично надавати оцінку та аналізувати екологічний стан території.

2)необхідно озеленювати території, а також при цьому ураховувати стійкість видів живих організмів, що наявні на цій території до забруднення навколишнього природного середовища в цілому та окремих його компонентів, їхню пиловловлюючу здатність й розміщення автодоріг.

У гігієнічному нормуванні при визначені гранично допустимої концентрації газоподібних полютантів для рослинних організмів застосовується принцип встановлення граничного навантаження як максимально недіючого – знаходження цієї величини навантаження, при якій реєстровані величини

вірогідно не відрізняються від контрольних параметрів на прийнятому рівні значимості [3, 4]. Із багатьох показників стану рослинного організму апріорно обирається один показник. В цьому разі:

1) не достатньо об’єктивно представлені істотності змін;
2) відсутній єдиний критерій для оцінки стану рослинного організму;
3) результати залежать від статистичної вірогідності розходжень.

Кудрявська Т.Б. та Дичко А.О. пропонують новий підхід до нормування впливу техногенних об'єктів на навколишнє середовище, який враховує недосконаліть сучасних нормативів. Їх метод полягає у застосуванні показника екологічно допустимих концентрацій, що передбачає аналіз абіотичних чинників для виявлення найбільш небезпечних для біоти. Особливістю цього підходу є його регіональний аспект, а також проведення процедури на модельних ділянках. Цей новий метод нормування базується на врахуванні особливостей конкретного регіону та його екосистем.

Насамперед, наявні суттєві відмінності між санітарно-гігієнічними нормативами, гранично допустимою концентрацією, середньодобовою та максимально разовою й критеріями оцінки ризику – референтними концентраціями за гострого ARfC та хронічного RfC інгаляційного впливу. Окрім того, за класичного нормування при проведенні розрахунків розсіювання забруднюючих речовин застосовується значення потужності їхнього максимально разового викиду у г/с, а при оцінці ризику для здоров’я людей – нижчі середнього значення потужності викиду мінімум за рік.

Використовуєте річний валовий викид речовин у тоннах на рік і перераховуєте його у грами на годину (г/год). При розрахунку індексу небезпеки (HI) ви використовуєте суму коефіцієнтів небезпеки (HQ) для речовин з односпрямованою токсичною дією, при цьому обсяги речовин можуть відрізнятися від обсягів, які включені до групи сумації при розробленні нормативів гранично допустимого викиду.

Таким чином, при розробці матеріалів щодо обґрунтування санітарно-захисних зон фахівцям-екологам, які займаються екологічним проєктуванням,

необхідно розуміти суттєві відмінності в результатах оцінювання впливу, отриманих застосуванням різних методів. Також, слід враховувати всі аспекти, пов'язані з оцінкою ризиків здоров'я населення.

При обґрунтуванні допустимого рівня навантаження чи впливу необхідно провести оцінку ефектів впливу чинників на людину та навколишнє середовище, екологічних систем на впливи, реакцій популяцій й організмів, визначення збитків від впливу, виявлення критичних чинників впливу та найбільш чутливих елементів біосфери із погляду наслідків впливу.

Екологічний ризик є важливою ознакою екологічної небезпеки, по причині того, що відображає об’єктивну сутність екологічного ризику – ймовірність настання даного явища. В державному стандарті «Безпека промислових підприємств. Терміни та визначення» екологічним ризиком називають встановлений як ймовірність настання негативних наслідків від сукупності шкідливих впливів на довкілля, що спричиняють незворотну деградацію екологічних системи [5].

Оскільки рівні багатьох екологічних ризиків швидко змінюються, для ефективного управління ними на практиці дуже важливо мати актуальну інформацію про їх поточні значення. Тому моніторинг поточних рівнів екологічних ризиків стає необхідністю. Також важливо проводити моніторинг та оцінку екологічних ризиків на регіональному рівні. Оцінка стану навколишнього середовища та його компонентів має вирішальне значення для формування екологічної політики держави та окремих регіонів.

Одним із завдань регіональної системи управління екологічними ризиками є ефективна реалізація проектів з мінімізації рівнів визначених екологічних ризиків та ефективний розподіл ресурсів, призначених для охорони довкілля.

Отже, є потреба у розробці нових методик, спеціально адаптованих для вирішення цих завдань управління екологічними ризиками на практиці. Ці методики повинні відповідати наступним вимогам:

- можливість спостереження за динамікою значення екологічного ризику;
- можливість виконання швидкого аналізу й оцінки великого обсягу екологічних ризиків;
- з метою виконання моніторингу поточних значень рівнів екологічних ризиків необхідна експрес-методика первинної оцінки рівня екологічного ризику;
- необхідна проста універсальна шкала для оцінки різноманітних за природою екологічних ризиків й для швидшого прийняття рішень.

З метою забезпечення швидкого засвоєння і упровадження накопичення знань та обміну досвідом, забезпечення контролю певним фахівцем декількох ризиків, подальшого удосконалення, вони мають бути стандартизованими в межах усієї системи управління екологічними ризиками. Підходи до організації моніторингу екологічних ризиків на регіональному рівні наведені на рис. 1.1.

Види методик оцінки екологічного ризику, які можуть бути застосовані для України:

1. Інтегральна методика, передбачає встановлення розміру ризику на основі декількох головних факторів.
2. Метод експрес-оцінки.
3. Метод якісної оцінки, передбачає традиційні оцінки, на основі думок експертів.
4. Кількісні методики, засновані на статистиці проявів й наслідків екологічних ризиків.
5. Метод «дельта», передбачає розрахунок поточного значення ризику, який динамічно змінюється на основі попередньої оцінки й поточних значень факторів, які впливають на розмір ризику.
6. Комплексний метод, заснований на базі спеціальних наукових досліджень [6, 7].

Рисунок 1.1 – Моніторинг екологічних ризиків на регіональному рівні

До головних недоліків вищезазначених методів відносять:

- необхідність збору великого обсягу первинної інформації для оцінки екологічного ризику;
- складність й тривалий час, що необхідний для детального дослідження екологічного ризику;
- висока вартість отримання відносно точних оцінок рівня екологічного ризику;
- для великого обсягу ризиків відносно точні статистичні вибірки можуть бути виконані тільки для великих територій.

Для уникнення цих недоліків пропонується альтернативний підхід до оцінки екологічного ризику. Спочатку виявляються найбільш серйозні загрози і проводиться їх ранжування за ступенем небезпеки. Потім переходять до оцінки ризику, де враховуються економічні збитки, смертність та інші наслідки, що виникають внаслідок техногенних та природних надзвичайних ситуацій. У обох випадках особливе значення має інтегральна характеристика екологічної безпеки.

При встановленні екологічного ризику важливо враховувати всі компоненти, які можуть становити екологічну загрозу, у вигляді результативного інтегрального показника. Для цього можна створити інформаційно-статистичну базу з конкретними індикаторами, які відображатимуть кількісні параметри ризику порушення нормальних умов функціонування екологічних систем.

Цей підхід дозволяє більш об'єктивно оцінити екологічний ризик і забезпечити належну інформаційну базу для прийняття рішень щодо екологічної політики та розподілу ресурсів для захисту довкілля.:

– смертність населення;

– значення заданих екологічними проблемами збитків;

– обсяг викидів домішок в навколишнє середовище;

– обсяг створення відходів тощо.

Для наукового обґрунтування рівня необхідних функціонально-просторових, природно-господарських зон та техногенно-екологічної безпеки, а також для прийняття рішень щодо розміщення нових потенційно небезпечних промислових об’єктів та розширення діючих, використовуються інтегральні показники. Однак, ранжування регіонів та надання оцінки областям України не можуть бути засновані лише на одному показнику. Тому ранжування здійснюється на основі комплексної формули, яка враховує різні аспекти та фактори.

Ця формула враховує різноманітні параметри, що характеризують рівень екологічного ризику в різних регіонах та областях України. Вона дозволяє враховувати інформацію про господарську діяльність, наявність промислових об'єктів та інші фактори, які впливають на екологічну безпеку:

$$W_j = \sum_k \beta_k w_{kj}, \qquad k = 1,2,3,4,5,6; \quad j = 1,\dots,25. \tag{1.1}$$

де Wkj–k-й є показниками небезпеки j-го регіону;

β_k є ваговим коефіцієнт ($\sum_k \beta_k = 1$);

w1 – є нормованим значенням індивідуального ризику загибелі населення упродовж одного року від надзвичайних ситуацій;

w2– обсяг створення відходів на одну особу за один рік;

w3– показник відтворення лісів на одну особу за один рік;

w4 – ризик матеріальних збитків за один рік від надзвичайних ситуацій;

w5 – обсяг викидів до атмосферного повітря у розрахунку на одну особу за один рік;

w6– смертність населення за рік на сто тис. осіб.

В цій роботі були одержані кількісні значення інтегральних оцінок загроз, які характеризують екологічну безпеку областей нашої країни, що наведені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристика областей України за інтегральним показником екологічної безпеки

Області України	W1j	W2j	W3j	W4j	W5j	W6j	Wj
АР Крим	0.184	0.089	0.143	0.475	0.202	0.018	0.206
Волинська область	0.000	0.000	0.775	0.914	0.155	0.007	0.292
Вінницька область	1.000	1.000	0.355	0.789	0.196	0.002	0.433
Дніпропетровська область	0.000	0.604	0.349	0.6111	0.457	0.009	0.370
Донецька область	0.526	0.000	0.350	0.592	0.439	0.020	0.348
Запорізька область	0.445	0.002	0.454	1.000	0.199	0.340	0.409
Житомирська область	1.000	0.092	0.539	0.433	0.728	0.081	0.513
Закарпатська область	0.053	0.027	0.260	0.329	0.271	0.012	0.163
Івано-Франківська область	0.329	0.036	0.365	0.542	0.315	0.013	0.282
Київська область	0.986	0.011	0.120	0.302	0.955	1.000	0.563
Кіровоградська область	0.528	0.002	0.090	0.216	1.000	0.150	0.373
Луганська область	0.475	0.001	0.222	0.530	0.506	0.036	0.328
Львівська область	0.564	1.010	1.000	0.766	0.191	0.005	0.405

Продовження таблиці 1.1

Області України	W1j	W2j	W3j	W4j	W5j	W6j	Wj
Миколаївська область	1.000	1.000	0.355	0.789	0.196	0.002	0.433
Одеська область	0.284	0.016	0.286	0.429	0.213	0.003	0.217
Полтавська область	0.121	0.001	0.295	0.654	0.324	0.035	0.253
Рівненська область	0.000	0.000	0.908	0.819	0.137	0.007	0.283
Сумська область	0.271	0.003	0.412	0.821	0.213	0.009	0.304
Тернопільська область	0.000	0.010	0.166	0.777	0.165	0.012	0.208
Харківська область	0.360	0.168	0.087	0.337	0.285	0.011	0.240
Хмельницька область	0.136	0.122	0.361	0.7	0.176	0.011	0.257
Херсонська область	0.580	0.148	0.367	0.9	0.191	0.005	0.406
Чернівецька область	0.150	0.2	0.511	0.9	0.1	0.002	0.338
Черкаська область	0.140	0.0	0.264	0.7	0.3	0.014	0.262
Чернігівська область	0.286	0.0	0.616	0.9	0.2	0.004	0.352

На основі перших шести основних релевантних компонентів, які пояснюють 75 % дисперсії структури множини первинної інформації, розраховуються інтегральні показники екологічної безпеки для кожної області. Для цього використовується співвідношення, яке застосовується до двадцяти чотирьох областей та Автономної Республіки Крим.

Результати розрахунків інтегральних показників екологічної безпеки для кожної області можна знайти у останній колонці таблиці 1.1 [8].

Під час розрахунку інтегрального показника екологічної безпеки методом експертної оцінки було встановлено відповідні вагові коефіцієнти для кожного wkj наведено в таб.1.2.

Таблиця 1.2 – Встановлення вагових коефіцієнтів β_k

Wkj	W1j	W2j	W3j	W4j	W5j	W6j
β_k	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.1

На основі оцінки інтегрального показника екологічної небезпеки було проведено ранжування областей, що дозволяє визначити їх рівень безпеки. Варто зазначити, що найбільше значення цього показника вказує на найнижчий рівень екологічної безпеки в областях.

Після встановлення кількісної оцінки екологічного ризику важливо здійснити якісну інтерпретацію розрахованих значень. Для цього рекомендується ідентифікувати кількісні значення ризику і розподілити їх на числові інтервали від 0 до 1, рівномірно розподіливши їх на 4 інтервали. Після цього можна надати кожному інтервалу якісну інтерпретацію:

1) від нуля до однієї четвертої є низьким рівнем;
2) від однієї четвертої до половини є помірним рівнем;
3) від половини до нуль цілих сімдесят п’ять є середнім рівнем;
4) від нуль цілих сімдесят п’ять до одного є високим рівнем.

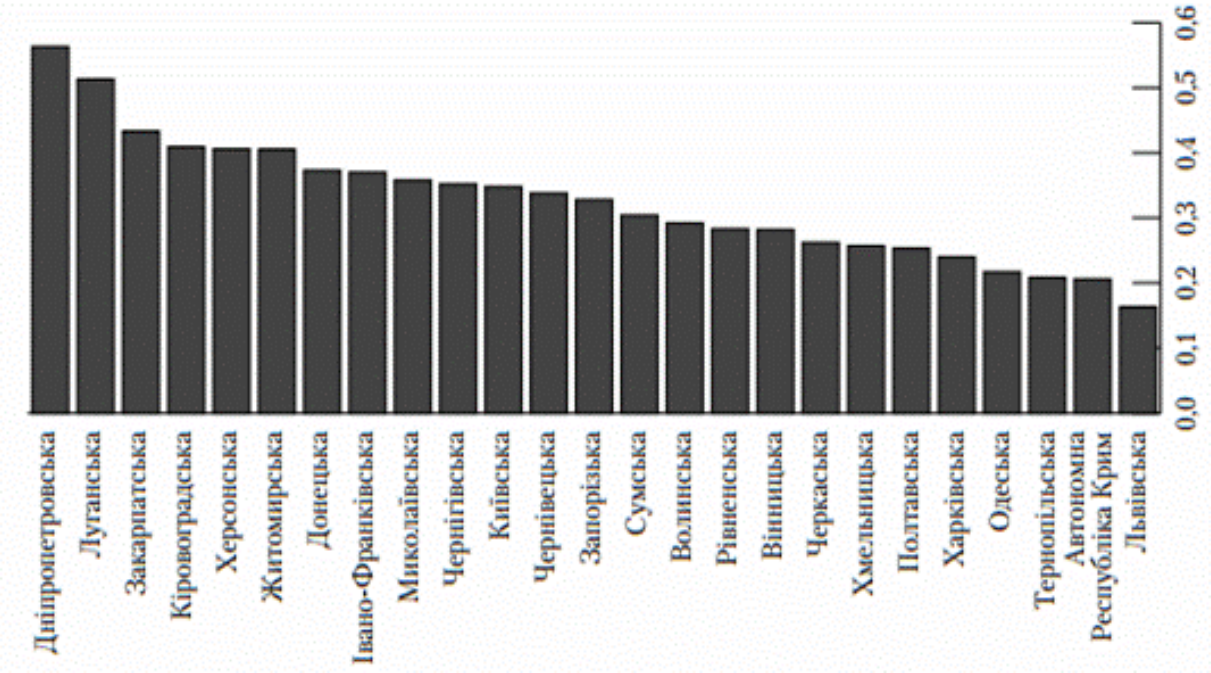

Рисунок 1.2 – Ранжирування областей нашої країни за оцінкою інтегрального показника екологічної небезпеки

Розрахований інтегральний показник екологічної небезпеки дозволяє розподілити області нашої країни на 4 класи відносно рівня безпеки. Відповідно до отриманих оцінок ризику, ці класи мають наступну якісну інтерпретацію:

1. Низький рівень: від 0 до однієї четвертої.
2. Помірний рівень: від однієї четвертої до половини.
3. Середній рівень: від половини до нуль цілих сімдесят п'ять.
4. Високий рівень: від нуль цілих сімдесят п'ять до одного.

Отримані дані показують неоднорідність областей нашої країни за інтегральним показником екологічної небезпеки. Найвищий рівень небезпеки спостерігається у Луганській області та Дніпропетровській області через їх високий рівень техногенного тиску, забруднення довкілля, наявність техногенно небезпечних виробництв та велику кількість населення, що проживає в зоні можливого ураження отруйними речовинами.

Області з помірним рівнем небезпеки включають Херсонську, Донецьку, Запорізьку, Івано-Франківську, Вінницьку, Житомирську, Закарпатську,

Кіровоградську, Волинську, Київську, Миколаївську, Черкаську, Рівненську, Сумську, Чернівецьку та Чернігівську області. Це пояснюється присутністю переробних, видобувних, хімічних та інших шкідливих виробництв з використанням застарілих технологій і обладнання.

Показник "qj", який відображає середній індивідуальний ризик смерті в один рік в населенні області "j", обчислюється за певною формулою. Продовження формули не наведено у вашому повідомленні, тому я не можу продовжити її. Якщо у вас є додаткові дані або формула, будь ласка, надайте їх, і я допоможу вам з обчисленням:

$$q = \frac{n\,j}{Nj}, \tag{1.2}$$

де n – є кількістю загиблих в навколишньому середовищі на території j-ї області,

N – населення області.

За наданими даними, у 2019 році в Україні було зареєстровано 143 надзвичайні ситуації, в результаті яких загинуло 287 осіб, а 680 постраждали[9].

У першому півріччі 2015 року було зафіксовано 50 надзвичайних ситуацій, у яких загинуло 136 осіб, а 431 особа постраждала.

За видами надзвичайних ситуацій у 2015 році переважали техногенні надзвичайні ситуації, зокрема вибухи та пожежі, які склали 42% загальної кількості, та природні надзвичайні ситуації, зокрема медико-біологічні надзвичайні ситуації, які склали 27%.

За обласним розподілом найбільшу кількість надзвичайних ситуацій у 2015 році зафіксовано в Київській області (6), Донецькій області (5) і Тернопільській області (4). У Івано-Франківській та Харківській областях сталося 3 надзвичайні ситуації, а в решті областей країни було по 1-й надзвичайній ситуації. Найбільша кількість загиблих (36 осіб) зареєстрована в

Донецькій області, а найбільша кількість постраждалих (150 осіб) в місті Києві [10, 11].

Як вже зазначалося, усього у Україні з дві тисячі чотирнадцятого року унаслідок надзвичайних ситуацій загинуло двісті вісімдесят сім людей. Станом на перше жовтня дві тисячі п’ятнадцятого року унаслідок надзвичайних ситуаціях загинуло сто тридцять сім людей [12, 13].

Найнебезпечнішими за показником нормованого ризику смертності за останній період є Луганська й Донецька області, що є зонами надзвичайно високого ступеня ризику появи техногенних аварій із великим обсягом загиблих і потерпілих (дані до початку проведення АТО). Це стосується насамперед вуглевидобувної галузі промисловості, що у останні роки стає дуже небезпечною, а ураховуючи рівень зношення обладнання більшості промислових підприємств, – катастрофічною. Тривожна ситуація також у Херсонській, Одеській та Сумській обл., які пов`язані із високою транспортною аварійністю у даних областях [14−16].

Високі значення індивідуального ризику смертності пов’язані із надзвичайними ситуаціями техногенного характеру. У Україні індивідуальний ризик смертності на порядок вищий ніж в розвинених державах, що, із одного боку, відбиває кризовий стан країни у цілому, а із другого – не може задовольняти сучасним світовим вимогам, й потребує нагальних заходів на державному рівні відносно поліпшення ситуації в даній галузі.

1.2 Біоіндикація та її види.

Усі сторони сучасної діяльності людини є потенційними джерелами різноманітного забруднення водних екосистем. Вирубка лісів, осушення та зрошення земель, зміни в гідрологічних мережах, урбанізація територій, промислові та побутові стічні води, добрива, засоби для чищення та

пестициди спричиняють зміни в екосистемах. Розвиток атомної промисловості (радіоактивне осадження, захоронення ядерних відходів, виведення з експлуатації атомних електростанцій), що призводить до радіоактивного забруднення з подальшим накопиченням радіоактивних речовин в живих організмах [17].

Види біоіндикації можна розподілити за різними типами біоіндикаторів:

1. Мікробний біоіндикатор. Мікроорганізми поглинають основну частину водної біомаси. Швидкість розмноження також висока, і вони легко доступні, ніж макроорганізми. Мікробні біоіндикатори можна назвати мікроорганізмами, які використовуються для вказівки здоров'я наземної та водної екосистеми. Ці мікроорганізми дуже чутливі до невеликої кількості токсичних речовин і забруднюючих речовин, за допомогою яких вони можуть реагувати на невеликі зміни в якості океанічної екосистеми.

Раннє попередження спостерігається завдяки білку стресу, який виділяється мікроорганізмами, коли вони піддаються впливу забруднень, що містять бензол і кадмій. Біолюмінесцентні бактерії можна використовувати як індикатор для перевірки рівня токсину. Якщо високий рівень токсину, то спостерігається порушення клітинного метаболізму, через що зменшується світловипромінювання. Повідомлялося, що *Vogesella indigofera* може виробляти сині пігменти за відсутності будь-яких металів, тоді як пігментація блокується через присутність шестивалентного хрому.

2. Рослинний біоіндикатор. Збільшення промисловості та населення безпосередньо і опосередковано відіграють важливу роль у забрудненні навколишнього середовища. Відомо, що кілька видів рослин, головним чином морських рослин, зменшують забруднення більшою мірою. Ці морські рослини малорухливі за своєю природою[18, 19]. Лишайники, мутуалізм між водоростями та грибами переважно ростуть на стовбурах лісових рослин. Меншу зміну якості повітря, клімату та структури лісу можна визначити за реакцією лишайників. Іноді лишайники зникають з лісової екосистеми через навантаження на навколишнє середовище, наприклад збільшення вмісту

токсичних газів. *Phacus tortus, Euglena clastica* використовуються як індикатори забруднення морської екосистеми.

Морфологічна та фізіологічна реакція рослин на забруднення навколишнього середовища. Основні видимі морфологічні та фізіологічні зміни можна спостерігати внаслідок кількох порушень навколишнього середовища. Ці видимі зміни пов'язані з несприйнятливістю рослини до умов навколишнього середовища. Передчасне опадання листя може спостерігатися через забруднення повітря, наприклад діоксид сірки та пил цементних печей. Повідомлялося про нерегулярне формування листя та квітів через велику кількість радіонуклідів, таких як карнорит і монацит, у ґрунті [20−23].

Через високий вміст свинцю в ґрунті спостерігалося неправильне формування пелюсток у *Papaver macrostomum* та карликового у хвойних рослин. Кілька біотичних і абіотичних факторів прямо чи опосередковано впливають на ширину кільця дерев або біомасу деревини. Тривалий вплив діоксиду сірки та важких металів може призвести до зменшення ширини кільця. Вплив високої концентрації озону та вуглеводнів може призвести до хлорозу *Picea abies* та *Pinus sylvestris*.

3. Біоіндикатор тварин. Тварини відіграють важливу роль як біоіндикатори, реагуючи на забруднене середовище кількома способами. Зміни в навколишньому середовищі безпосередньо впливають на щільність популяції тварин і порушують харчовий ланцюг. Ці тварини також допомагають визначити будь-який токсин, присутній у їхній клітині. Жаби є основними біоіндикаторами, які показують будь-які зміни у водному та наземному середовищі. Безхребетні, що живуть у придонному шарі водного середовища, є найбільш потенційними індикаторами, що реагують на якість водойми. Блакитна мідія, широко поширений організм в океані, використовувалася для вказівки на забруднення прибережної води будь-якими металами.

Їх висока доступність і належний моніторинг зробили їх хорошим біоіндикатором. Повідомляється, що дощові черв’яки вказують на високе радіоактивне забруднення ґрунту, тоді як морські тварини визначають здоров’я

водойми [24]. Щільність популяції біоіндикаторів тварин збільшується або зменшується у відповідь на зміну навколишнього населення. Токсичні речовини безпосередньо впливають на тканини тварин. Фізіологічні, морфологічні та поведінкові зміни також визначають якість навколишнього середовища.

4. Планктонний біоіндикатор. Планктони відіграють вирішальну роль у моніторингу забруднення водойм, головним чином в озерах. Їх можна назвати найкращими маркерами для визначення стану води. Вони також можуть сприяти розкладанню органічних відходів у водоймі. Накопичення фосфору та азоту збіднює воду, збільшуючи щільність популяції планктону, що створює серйозну проблему в управлінні водоймою. У цій ситуації риба харчується планктоном, щоб підтримувати баланс у водоймах. Деякий планктон, наприклад ціанобактерії, виробляє токсини, які змішуються з водою та погіршують якість води.

4.1 Фітопланктони є водними рослинами, які виробляють їжу за допомогою фотосинтезу. Вони також відомі як мікроводорості та зустрічаються переважно як вільно плаваючі в океані. кількість сонячного світла відіграє вирішальну роль у їхньому житті для виробництва їжі. Було помічено, що промислові стоки або будь-які кольорові чи тверді забруднювачі змішуються у воді, тоді ріст фітопланктону значно зменшується через проникнення сонячного світла. Крім того, зменшення кількості сонячного світла може безпосередньо вплинути на поглинання аміаку та нітратів фітопланктоном [25, 26].

4.2 Зоопланктон. Мікроскопічні тварини водойм відомі як зоопланктони. Їх можна зустріти біля поверхні води і вони погано плавають. Основною їжею зоопланктону є фітопланктон, бактеріопланктон і морський сніг. Крім того, вони можуть завчасно попередити про евтрофікацію. Потенційні зоопланктони залежать від багатьох абіотичних факторів, таких як температура, стратифікація, і біотичних факторів, таких як хижацтво, конкуренція за їх ріст і розвиток [27−31].

1.3 Організми, як індикатори стану урбоекосистеми та угруповання безхребетних організмів талому лишайника та моху

Коловертки - тварини, які можуть жити активно лише в умовах вологості. Вони зустрічаються не лише у водоймах, але й у регулярно вологих наземних біомах, таких як ґрунти, мохи та лишайники. В ґрунті коловертки переважно зосереджені у верхньому шарі підстилки, і лише окремі особини зустрічаються на глибині. Коловертки живляться, фільтруючи ґрунтові розчини або очищаючи поверхні від бактерій, одноклітинних водоростей, грибів та поглинаючи продукти розпаду атмосферних опадів. Деякі види коловерток є хижаками. Хоча коловертки не є найчисельнішою та найбільшою групою мікрофауни в ґрунті (цю роль виконують найпростіші та нематоди), вони можуть формувати популяції з щільністю до 300 000 особин на квадратний метр. Деякі вчені вважають, що коловертки можуть слугувати індикатором стану ґрунту.

За даними Яковенка, в Україні було виявлено 117 видів бделоїдей суходолу:

- 59 видів зустрічаються у суборах;
- 41 вид - у міських і сільськогосподарських екосистемах;
- 39 видів - у степах; 38 видів - у лісах Полісся і Лісостепу ;
- 32 види - у лісах середземноморської зони;
- 30 видів - у смерекових лісах;
- 28 видів - у букових лісах;
- 24 види - у соснових лісах Полісся і Лісостепу;
- 22 види - у ялицевих лісах Криму;
- 20 видів - у гірських лучних степах Карпат і Криму;
- 15 видів - у лучних степах Лісостепу;
- 13 видів - у соснових лісах Криму;
- 13 видів - у мохах і лишайниках узбережжя моря;

- 12 видів - у заплавних рослинних угрупованнях;
- 10 видів - у вільшаниках.

Найбільші спільність у видовому складі спостерігається між сосняками, суборами і дібровами в Поліссі та Лісостепу, а також між степовими угрупованнями і угрупованнями на південному узбережжі Криму. Це можна пояснити подібними умовами температури і вологості.

Що стосується фітоценозів антропогенного походження, таких як парки і сільськогосподарські угіддя, їх видовий склад схожий на діброві лісостепу і степи. Найнижчі значення індексів видової подібності спостерігаються з бделоідеями смерекових лісів Карпат та вільшаників. Загалом, у мохах було знайдено 77 видів бделоідей : у лишайниках - 51 вид: у ґрунті і підстилці - 68 видів; в трутових грибах і розкладаючись деревині - 12 видів.

На суходолі розподіл бделоідей визначається головним чином вологістю субстрату. Враховуючи цей фактор, виділяються чотири екологічні групи суходільних бделоідей:

1. гігрофіли – мешканці постійно зволожених субстратів, переважно лісові (24 види);
2. ксерофіли – термо- та висушливостійкі, утримуються на наскельних мохах і лишайниках, підстилці ксерофітних рідколісь (11 видів);
3. болотний комплекс (сфагнофіли) - мешканці перезволожених мохів на берегах водойм або в заплавних ділянках лісу (4 види);
4. Убіквісти - екологічно пластичні, численні в різних умовах вологості субстрату (11 видів). Співвідношення цих екологічних груп різниться в різних фітоценозах.

Більшість суходільних бделоідей в Україні (до 75%) пов'язані з мохами. З 77 видів, знайдених у мохах, 52 види зустрічаються в лісових угрупованнях, зокрема:

20 видів в мохах сосняків;

18 видів – в суборах;

24 види – в дібровах лісостепу;

19 видів – в смерекових лісах;

18 видів – в букових лісах;

20 видів – в пухнастодубових лісах Криму;

29 видів – бделоідей відмічаються у мохах степової зони;

36 видів – у мохах антропогенних угруповань.

Відносна частка видів, що мешкають у мохах, найвища в умовах вологих гірських районів (60-76%).

Звичайними для мохів видами є:

1. *Adineta vaga*;

2. *Didymodactylus carnosus;*

3. Philodina plena;

4. *Macrotrachela ehrenbergii*;

5. *M. multispinosa*;

6. Rotaria sordida;

7. *Mniobia russeola*.

Також, ураховуючи видовий склад і частоту трапляння виокремлюють чотири топічні групи бделоідей мохів:

1. лісова;

2. лучно–степова;

3. синантропна;

4. петрофільна.

Також варто зауважити, що українськими вченими і дослідниками були досліджені мохові угруповання острова Пітерман та прилеглого регіону Антарктичного півострова, де в складі фауни безхребетних виявлено тринадцять видів бделоідних коловерток. Серед них найчастіше траплялися:

1. Adineta grandis;

2. Macrotrachela sp.;

3. M. concinna.

Під час дослідження певних регіонів України було визначено в лишайниках більше половини видів (31 із 51) належать до лісових. Дванадцять

видів знайдено в сосняках, 16 – в суборях, 11 – в пухнастодубових лісах Криму, 20 видів – у лишайниках степів та 11 – антропоценозів. Відносна частка видів-мешканців лишайників є найбільшою в ксерофільних фітоценозах: степах (34 відсотки), ялівцевих рідколіссях південного берегу Криму (42 відсотки). Найчастіше в лишайниках трапляються:

1. *Adineta glauca*;

2. Habrotrocha ligula;

3. Mniobia magna;

4. Mn. russeola;

5. Mn. scarlatina.

Методом кластерного аналізу виділені лісова, лучно-степова, а також петрофільна топічні групи коловерток лишайників.

1.4 Антропогенне забруднення атмосферного повітря різних районів міста Запоріжжя

В середньому по місту Запоріжжя в 2021 році одне підприємство, яке є стаціонарним джерелом забруднення, викинуло 960 тон забруднюючих речовин. Це на 24,5% більше, ніж у 2020 році.

Збільшення обсягів викидів забруднюючих речовин у атмосферу головним чином пов'язане зі зростанням обсягів виробництва найбільшими підприємствами-забруднювачами атмосфери порівняно з 2020 роком.

У 2021 році збільшилися обсяги викидів забруднюючих речовин на одну особу населення і становили сто дев'яносто вісім кілограм, порівняно з сто сімдесят сім кілограмами у 2020 році. З цих обсягів, викиди від стаціонарних джерел становили сто тридцять вісім кілограмів, порівняно з сто шістнадцять кілограмами у 2020 році.

Таблиця 1.3 – Динаміка викидів у атмосферне повітря, тисяч тон

Роки	Викиди у атмосферне повітря, тисяч тон			Щільність викидів на 1 км^2/т	Обсяги викидів на 1 ос./кг	Обсяг викидів на одиницю ВРП*
	Усього	В т. ч.				
		стаціонарними джерелами	пересувними джерелами			
2013	383.4	262.0	121.4	14.1	205	19.2
2014	378.8	258.1	120.7	13.9	204	15.3
2015	347.6	231.6	116.0	12.8	189	10.5
2016	331.7	218.3	113.4	12.2	182	7.9
2017	280.5	180.8	99.7	10.3	154	7.5
2018	326.1	217.5	108.6	12.0	180	7.6
2019	341.2	229.3	111.9	12.5	190	6.9
2020	316.0	207.6	108.4	11.6	177	7.4
2021	353.0	245.9	107.1	13.0	198	7.8

У місті Запоріжжя у межах соціально-гігієнічного моніторингу виконано 1472 дослідження атмосферного повітря, із них не відповідало нормативним показникам 263 – 17,9% (в 2020 рік – 19,1%). Найбільш повітря у 2021 р. було забруднене у:

1. Вознесенівському (33% від загальної кількості перевищень);
2. Заводському (12% від загальної кількості перевищень);
3. Шевченківському (10% від загальної кількості перевищень).

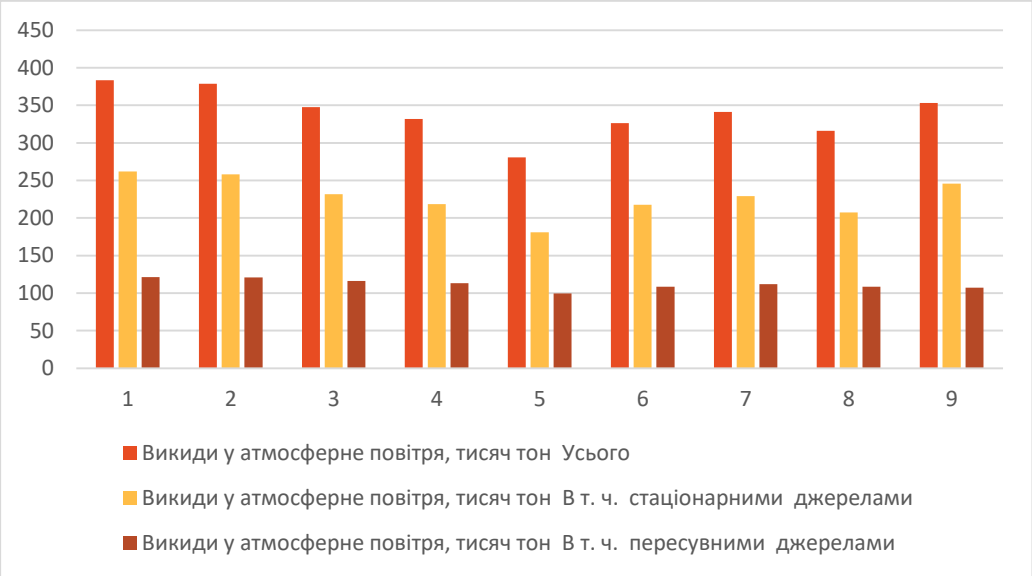

Рисунок 1.3 – Викиди у атмосферне повітря м. Запоріжжя, тисяч тон

Як й у попередні роки, нижче середньоміського показника реєструвалося забруднення атмосфери у таких районах міста Запоріжжя:

1. Олександрівському районі;
2. Дніпровському районі;
3. Хортицькому районі;
4. Комунарівському районі.

Головною причиною забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя є застарілі технології та устаткування, якими користуються підприємства, що не відповідають сучасним гігієнічним нормам. На даний момент корпоративні очисні споруди на цих підприємствах здатні в основному уловлювати лише пил, тоді як небезпечні хімічні сполуки викидаються в атмосферу без належного очищення. До цих шкідливих сполук можуть належать:

1. окисли азоту;
2. вуглецю;
3. фенол;
4. сірчані;
5. фтористі сполуки й інші.

Оцінка рівня забруднення атмосфери міста Запоріжжя, проведена відповідно до вимог пункту 8 ДСП-201-97 «Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами)», показує, що рівень забрудненості атмосферного повітря за показником сумарного забруднення (Σ ПЗ) сумішшю речовин перевищує гранично допустимий показник.

За критерієм показника рівня забруднення, рівень забрудненості атмосфери Запоріжжя визначається як "неприпустимий". Оцінка за ступенем небезпеки показує, що рівень забруднення є "помірно небезпечним".

Ці дані свідчать про наявність значного рівня забруднення атмосфери у місті Запоріжжя, що потребує вжити відповідних заходів для покращення якості повітря та зменшення впливу шкідливих речовин на здоров'я мешканців.

Рисунок 1.4 – Промисловий район міста Запоріжжя

Запоріжжя є єдиним містом у області, де проводяться дослідження стану атмосферного повітря по постам спостереження забруднення. Систематичні спостереження за вмістом забруднюючих речовин у атмосферному повітрі міста Запоріжжя проводяться Запорізьким обласним центром із гідрометеорології на п’яти стаціонарних постах.

2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Методи ліхеноіндикації стану атмосферного повітря урбоекосистеми

Одним з найбільш відомих біологічних індикаторів є лишайники, чутливість яких обумовлена їх фізіологією та симбіотичною природою. Лишайники обрані об'єктом глобального біологічного моніторингу, оскільки вони розташовані по всій Земній кулі та оскільки їх реакція на зовнішній вплив дуже сильна, а власна мінливість не значна в зрівнянні з іншими організмами. Із всіх екологічних груп лишайників найбільш чутливими є лишайники – епіфіти.

Ліхеноіндикаційні методи умовно можна розділити на декілька груп:

1. Історичний аналіз. Можливий при гарній вивченості ліхенофлори даного району, коли можна зрівняти історичні данні з сучасним станом лишайників;
2. Градієнтний аналіз. Використовується для оцінки впливу джерела забруднення по градієнту к фоновому району. Дає гарні результати у випадку точкових і одиничних джерел забруднення. Гірше працює у випадку множинних джерел забруднення;
3. Картування. Складання карт поширення лишайників з використанням видової оцінки, різних індексів та ін..

Використовуючи лишайники, легко організувати систему біомоніторингу – систему довгострокових спостережень за зміною ступеню забруднення, за станом тест – об'єктів. Для цього проводять вимір проектного покриття лишайників по системі постійних пробних площадок, або змінних пробних площадок і отримують середнє значення проектного покриття для досліджуваної території. Потім через певний проміжок часу проводять повторний вимір проектного покриття. За зміною, як загального проектного покриття, так і окремих видів можна, використовуючи шкали чутливості лишайників, говорити про ступінь забруднення. Пробні площадки закладаються

в гомогенному по складу фітоценозі. На постійних площадках дослідження проводять протягом декількох років.

Методи дослідження лишайників включають визначення видового складу лишайників та їх відносну чисельність. Це дозволяє скласти карту їх поширення. Інший метод включає дослідження лишайників, процент покриття та інші екологічні параметри, а також видове різноманіття [33].

Трансплантаційні методи.

Для трансплантаційних методів частіше всього використовують епіфітні види лишайників. При цьому ділянки кори діаметром декілька сантиметрів вирізається із дерев, зростаючих в незабруднених районах і переносять на дерева або стовпи в досліджуваному районі. Одним з перших симптомів ураження лишайників є зменшення товщі талому, а також хлороз через порушення хлоропластів. Репродуктивні структури лишайників змінюються або припиняють розвиток. За швидкістю відмирання лишайників можна судити про ступінь забруднення.

Трансплантаційні методи використовуються в основному при біологічній індикації.

Методика повторного циклу.

Коли колонія деяких видів лишайників досягає певного розміру, центральна ділянка починає руйнуватись і молоді колонії починають колонізувати цей центр. Така форма сукцесії відома під назвою повторного циклу. Наявність такого виду сукцесії в незабруднених районах вказує на відносно велику чутливість молодих колоній. Наявність повторного циклу в недавно очищених забруднених районах є свідченням ефективності заходів за контролем навколишнього середовища. Для методу повторного циклу необхідно обрати тест – об’єкт. Серед епіфіт них видів лишайників таким об’єктом є вид *Parmelia centrifuga*. Метод повторного циклу зручний для біологічної індикації [34].

Метод сіточок – квадратів.

У даний час для кількісного опису епіфітної ліхенофлори в основному використовується метод сіточок – квадратів з відношення сторін 1:1 або 1:2. Такі сіточки представляють собою твердий контур прямокутної або квадратної форми, поділений на квадрати розміром 1х1 см тонкими дротиками, натягнутими паралельно сторонам контуру. Цей метод є різновидом методу широко застосовуваного в геоботаніці, володіє такими перевагами, як наглядність результатів і простота. Він загальноприйнятий в ліхенології. При визначенні проективного покриття лишайників зазвичай використовують сіточки 10х10 см, що представляють собою рамки, на які через кожен сантиметр натягнуті поздовжніі та поперечні тонкі дротики. Рамку накладають на стовбур дерева і фіксують. Потім визначають число *a* одиничних квадратів, в яких лишайники займають на око більше половини площі квадрату, і їм приписують покриття, рівне 100%; визначають число *b* квадратів, в яких лишайники займають менше половини площі квадрату, і їм приписують покриття, рівне 50% [35].

Загальне покриття у відсотках вираховують за формулою (*c* - число досліджених площадок).

$$R=100a+50b/c, \quad (2.1)$$

де a – одиничні квадрати, в яких лишайники займають на око більше половини площі квадрату;

b – квадрати, в яких лишайники займають менше половини площі квадрату;

c – число досліджених площадок.

Метод лінійних пересічень.

Спочатку, метод лінійних пересічень використовувався для геоботанічних обстежень судинних рослин.

Цей метод полягає в накладенні гнучкої стрічки з дрібними поділами на поверхню стовбура і фіксуванні всіх перетинів з таломом лишайника.

Проективне покриття даного виду лишайників на стволі даного дерева, вимірюється методом лінійних пересічень, тобто сума довжин частин горизонтальної поверхні дерева на висоті 1,5 м., що належить талому лишайників даного виду, ділена на довжину усього горизонтального січення.

Облік лишайників – епіфітів виробляється на деревах соснових лісоутворюючих порід. В якості модельних дерев даної породи всередині проби вибираються дерева без видимих ушкоджень, приблизно одного діаметру та висоти, зростаючі в однакових умовах. Серед більшості дерев даної проби модельні дерева обираються випадково. Це означає, що збирач обирає дерево, не маючи відомостей про наявність та достаток лишайників на ньому. Після вибору модельного дерева збирач визначає на стовбурі точку, яка знаходиться на заданій висоті від комля з північної сторони.

Потім накладається на стовбур мірна стрічка з поділками таким чином, щоб нуль шкали співпадав з обраною точкою, а зростання чисел на шкалі відповідало з рухом по часовій стрілці. Шляхом суміщення першої точки на натягнутій стрічці з нулем шкали визначають довжину окружності поперечного січення стовбура на обраній висоті, після цього фіксують початок і кінець кожного пересічення стрічки з лишайниками. Лишайники, які мають пересічення зі стрічкою, збираються для наступного визначення. Вимір проводиться з точністю до 1 мм.

Дослідження лишайників методом лінійних пересічень проводять або на одній стороні – 100 або 150 см від низу дерева, або на чотирьох висотах: 60, 90,120, 150 см.

Візуальна оцінка.

Покриття кожного виду на стовбурі дерева може бути також представлено в якості візуальної оцінки. Це можна зробити за допомогою невеликих пробних площадок, розташованих на стовбурі дерева на певній

висоті. Для визначення проективного покриття використовується бальна шкала Браун – Бланке, об’єднуюче покриття і велику кількість:

+ - зустрічається рідко, ступінь покриття мізерна.

1 – індивідуумів багато, ступінь покриття мала або особини розріджені, але площа покриття велика;

2 – індивідуумів багато, ступінь проективного покриття не менше 10%, але не більше 25%;

3 – будь – яка кількість індивідуумів, ступінь покриття 25 – 50%;

4 – будь – яка кількість індивідуумів, ступінь покриття 50 – 75%;

5 – ступінь покриття більше 75%, число особин будь-яке.

Метод візуальної оцінки використовується переважно при біоіндикаційних дослідженнях.

Загальні зміни структури лишайникових співтовариств під дією забруднення проявляються у зменшені числа видів і великої кількості чутливих видів, зміні субстратів і збільшення великої кількості стійких до забруднення видів, зміна спектру життєвих форм. В основі цих змін лежить диференціальна чутливість різних видів до впливу полютантів [36].

2.2 Методи індикації атмосферного повітря при використанні угруповань безхребетних

Розглядаючи мікроорганізми в якості співмешканців лишайників більш-менш пристосованих до вузько специфічних умов існування, Красильников відзначає дві сторони їх діяльності. З одного боку, безсумнівна їх роль в ґрунтоутворенні та підготовці субстрату для розвитку даної групи нижчих рослин, а з іншого – участь у різних процесах, що протікають в лишайниках як у самостійній екосистемі, синтезі і деструкції речовин.

Серед мікроорганізмів, що мешкають в слань лишайників, особливий інтерес представляють олігонітрофільні бактерії, які пов'язують атмосферний азот і тим самим регулюють азотне живлення лишайників. Крім того, як показано роботами Н.І. Мальцевої і Н.А. Карпушина і Мальцевої та ін, олігонітрофільні мікроорганізми продукують позаклітинні слизові речовини полісахаридної природи. Слиз мікробного походження, за деякими літературними даними, можуть використовуватися іншими мікроорганізмами, зокрема актиноміцетами, нокардій і пліснявими грибами в реакціях енергетичного та конструктивного обміну. У той же час відомо, що олігонітрофіли, що входять до складу мікробних асоціацій, постачають супутню мікрофлору біологічно активними речовинами, органічними кислотами і азотом, фіксованим з повітря. Вважають, що однією з причин виникнення тісних взаємин, що складаються в ґрунті між олігонітрофілами та іншими мікроорганізмами, і створення міцних мікробних асоціацій є позаклітинні слизу олігонітрофілів, які використовуються як самими продуцентами, так і супутніми мікроорганізмами як джерело енергії. Можливо, цей фактор пояснює відсутність в чистих культурах зростання деяких мікроорганізмів з групи «карликових», які можуть розвиватися тільки при змішаних посівах [37].

При дослідженні лишайникових біот урбанізованих територій були виявленні певні закономірності. Для деяких міських екосистем були відмічені зміни лишайникових біот у динаміці в залежності від підвищення рівня забруднення.

З лишайниками як субстратом топічно пов’язані різноманітні представники безхребетних, таких як, олігохети, нематоди, тихоходки, коловертки, тощо [38].

2.3 Загальна методика збору безхребетних тварин

Разом із таломом лишайників та мохів топічно пов’язані різноманітні безхребетні організми, наприклад коловертки, нематоди, інфузорії, личинки двокрилих та личинки кліщів та інші.

Коловертки (*Rotatoria*)–тварини, які можуть активно жити лише за наявності вологи. У ґрунті коловертки зосереджені у верхніх шарах підстилки, а в глибших шарах зустрічаються лише поодинокі особини. [39–40]. Проби фіксуються разом з мохом, лишайниками і вибірка коловерток відбувається вже в лабораторії.

При відборі проб, в загальному випадку, прийнято вказувати місце збору (назва місця і прив’язку до помітного крапкового географічного об'єкта), дату збору, тип мохів та лишайників [41]. Якщо місце відрізняється чимось екзотичним (наприклад, служить водопоєм), це теж потрібно вказати. Всю цю інформацію розумніше тримати в записній книжці, а саму пробу позначити номером, за яким її буде легко впізнати. Номер можна або нашкрябати на банці або на кришку, якщо вона пластикова, або написати маркером, або вкласти всередину банки коротку етикетку на щільному папері (при фіксації спиртом писати етикетку тільки олівцем [42].

Обсяг проби. При зборі якісних проб однакових (на око) екземплярів бажано взяти 3−5 екземпляри, після чого цей вид ігнорувати, а збирати інші, більш рідкісні види, до появи стійкого відчуття, що нові форми більше не трапляються (цей момент називається «вихід числа видів на плато»). Зазвичай якісна проба містить від 5 до 10 екземплярів. При зборі кількісних даних обсяг проби заданий типом пробовідбірника, але для отримання надійних результатів потрібен збір серії (не менше трьох) проб з кожного біотопу і усереднення даних по них, для обліку просторової неоднорідності розміщення організмів.

Обробка проб при якісних зборах полягає у визначенні всіх зібраних організмів і складанні повного видового списку. Основні необхідні

інструменти: бінокулярний мікроскоп типу МБС, тонкий пінцет, препарувальні голки, чашки Петрі або ємності для безхребетних. Мікроскоп типу МБР або Біолам є корисним допоміжним обладнанням (служить для вивчення особливо дрібних деталей будівлі деяких груп коловерток та інших безхребетних організмів).

При кількісних зборах потрібно, крім того, що підрахувати організми кожного певного виду та для визначення біомаси, виміряти чи зважити їх. Вибірка і облік організмів, як правило, проводиться під бінокуляром [43].

Дослідження коловерток та інших безхребетних організмів, що топічно пов'язані з лишайниками та мохами проводили наступним чином. Спочатку від талому лишайника або моху відокремлювали його частину площею 1 см^2. Потім відокремлену частину талому переносять до стерильної чашки Петрі та змочують його 10 мл дистильованою водою. Далі проводять подрібнення талому, препарувальною голкою або пінцетом та залишають утворену суміш у закритій чашці Петрі на 2−3 години. У подальшому об'єм утвореної суміші концентрують до 1 мл та проводять її мікроскопування. Встановлюють кількісні показники активних коловерток та інших організмів які не вийшли зі стану анабіозу. У подальшому чисельність безхребетних організмів перераховують на 1 см^2 талому лишайника або моху. Визначення безхребетних організмів проводили за визначниками [44−46].

Під час статистичної обробки ми вираховували середню арифметичну прямим способом.

Основним показником, який характеризує генеральну сукупність за величиною ознаки, що вивчають, є середня арифметична $\bar{X}$. Прямий спосіб її вирахування полягає в сумуванні усіх варіант ($X_1 + X_2 + X_3 + \dots X_n$) з наступним діленням суми на число варіант у сукупності:

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + X_3 + \dots X_n}{n} = \frac{\sum X}{n}, \qquad (2.2)$$

де X – сума варіант.

А також індекс видового різноманіття.

Індекс Шеннона (H) використовується для оцінки видового різноманіття спільнот:

$$H = -\sum \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N} \times 1{,}4426, \quad (2.3)$$

де n_i – кількість видів у групі;

N – загальне число елементів[47].

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Видовий складу та кількісні характеристики угруповань безхребетних організмів талому лишайника й моху різних районів м. Запоріжжя

Для проведення досліджень було обрано нами наступні райони у межах м. Запоріжжя: Заводський район (вул. Діоганальна), Олександрівський район (парк «Дубовий гай»), Вознесенівський район (парк «Перемоги») та Хортицький район, на яких проводили дослідження. У кожному з вибраних районів досліджували пробні ділянки. На кожній пробній ділянці збирали для дослідження лишайники та мох на деревах. У різних районах міста досліджували угруповання безхребетних організмів талому одного виду лишайника – пармелії блюдчастої (*Parmelia acetabulum*) та одного виду моху – політріху волосконосного (*Polytrichum piliferum*).

Видовий склад лишайників та мохів за три роки складається з 9 видів. З них: коловерток – 3 види; інфузорій та личинок – 2 види; нематод, кліщів – по 1 виду відповідно.

Перед дослідженням безхребетних організмів талому лишайника для всіх визначених районів міста провели морфометричний аналіз пармелії блюдчатої, збір якої проводився у 2022 році, визначали (площу талому, $см^2$; максимальну довжину талому, см та вагу талому у мг).

Низькими кількісними показниками характеризувався талом лишайника у Заводському районі. Тут, площа талому була у межах 1,5-3,5 $см^2$, вага – у межах 105−136 мг, а довжина талому коливалась від 1,5 см до 2,5 см. Середні значення площі, ваги та довжини талому лишайника у Заводському районі складали 2,25 $см^2$, 85,2 мг та 2,14 см відповідно (див. табл. 3.1).

Високими середніми значеннями морфометричні показники талому лишайника були виявлені в Хортицькому та Олександрівському районах міста. Так, середня площа талому лишайника у цих районах була 7,45 $см^2$ та 6,00 $см^2$;

вага талому – 387,6 мг та 407,0 мг; довжина талому – 3,26 см та 3,02 см відповідно.

У Вознесенівському районі морфометричні показники площі та ваги талому лишайника були середніми та складали 2,60 см^2 і 114,0 мг, а середня довжина талому була низькою – 2,10 см (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Морфометричні показники талому лишайника *Parmelia acetabulum* досліджених районів м. Запоріжжя (весна, 2022 р.)

Райони міста	Морфометричні показники		
	Площа, см^2	Вага, мг	Довжина, см
Заводський	2,25±0,17	85,20±7,08	2,14±0,12
Олександрівський	6,00±0,75	407,00±97,37	3,02±0,20
Вознесенівський	2,60±0,24	114,00±3,75	2,10±0,12
Хортицький	7,45±0,84	387,60±46,01	3,26±0,12

Дослідження талому *Parmelia acetabulum* та талому *Polytrichum piliferum* у весняний період показали, що з цими субстратами топічно пов'язані представники безхребетних організмів (2 таксони): коловертки, а саме форма *Bdelloidea gen. sp.* та нематоди – *Nematoda gen. sp.*

Кількісні показники виявлених безхребетних організмів талому лишайника та талому моху із досліджених районів м. Запоріжжя у осінній період 2022 р. представлені в таблиці 3.2.

Найбільша чисельність безхребетних організмів талому лишайника було виявлено в Олександрівському районі (парк «Перемоги») – 110 екз./см^2, де за чисельністю переважали коловертки, що складали 59% загальної чисельності.

Максимальні показники чисельності організмів, що топічно пов'язані із таломом моху були характерними для Хортицького району – 115 екз./см^2, де домінували за чисельністю нематоди (74% від загальної чисельності). Низька чисельність організмів талому моху було встановлено для парку «Дубовий гай» – 30 екз./см^2, це найменший показник чисельності безхребетних організмів із досліджених таломів лишайника та моху.

Дослідження талому *Parmelia acetabulum* у весняний період показали, що з цим лишайником топічно пов'язані різні представники безхребетних організмів (6 таксонів): коловертки, а саме форма *Bdelloidea gen. sp.*, нематоди – *Nematoda gen. sp.*, вільноживучі інфузорії – *Ciliata gen. sp.1* та *Ciliata gen. sp.2*, личинки кліщів (*Acariformes*) та личинки двокрилих (*Diptera*). Коловертки, нематоди, інфузорії були виявлені у всіх досліджених районах міста. Личинки кліщів були виявлені в таломі лишайника в парку «Дубовий гай» Олександрівського району, а личинки двокрилих комах – в парку «Перемоги» Вознесенівського району.

Таблиця 3.2 – Загальна чисельність безхребетних організмів талому лишайника та моху із різних районів м. Запоріжжя (осінь, 2022 р.)

Таксон	Загальна чисельність організмів, екз./см^2	
	Талом лишайнику	Талом моху
Заводський район (вул. Діоганальна)		
Bdelloidea gen. sp.	20	—
Nematoda gen. sp.	25	—
Разом	45	—
Олександрівський район (парк Дубовий гай)		
Bdelloidea gen. sp.	20	10
Nematoda gen. sp.	25	20
Разом	45	30
Вознесенівський район (парк Перемоги)		
Bdelloidea gen. sp.	65	35
Nematoda gen. sp.	45	40
Разом	110	75
Хортицький район		
Bdelloidea gen. sp.	50	30
Nematoda gen. sp.	10	85
Разом	60	115

Кількісні показники виявлених угруповань безхребетних організмів талому лишайника *Parmelia acetabulum* із досліджених районів м. Запоріжжя у літній період 2022 р. представлені в таблиці 3.3.

Максимальні показники чисельності безхребетних організмів талому лишайника були виявлені для парку «Перемоги» 580 екз./см^2, де переважали за

чисельністю коловертки і складали 77% від загальної чисельності угруповання. Високі показники чисельності безхребетних організмів були встановлені для Хортицького району міста – 370 екз./см^2, де також в угрупованні домінували коловертки *Bdelloidea gen. sp.* (54% від загальної чисельності), таблиця 3.3.

Таблиця 3.3 – Чисельність безхребетних організмів талому лишайника із різних районів м. Запоріжжя (літо, 2022 р., температура води 24°С)

Таксон	Чисельність організмів, екз./см^2		
	Загальна	Організми, що вийшли із анабіозу	Організми, що не вийшли із анабіозу
Заводський район (вул. Діоганальна)			
Bdelloidea gen. sp.	60	40	20
Nematoda gen. sp.	10	10	—
Ciliata gen. sp.1	30	30	—
Разом	100	80	20
Олександрівський район (парк Дубовий гай)			
Bdelloidea gen. sp.	80	60	20
Nematoda gen. sp.	10	—	10
Ciliata gen. sp.1	40	10	30
Ciliata gen. sp.2	40	40	—
Личинки *Acariformes*	20	20	—
Разом	190	130	60
Вознесенівський район (парк Перемоги)			
Bdelloidea gen. sp.	445	29	155
Nematoda gen. sp.	15	10	5
Ciliata gen. sp.1	50	15	35
Ciliata gen. sp.2	65	60	5
Личинки *Diptera*	5	—	5
Разом	580	375	205
Хортицький район			
Bdelloidea gen. sp.	200	80	120
Nematoda gen. sp.	40	30	10
Ciliata gen. sp.1	50	—	50
Ciliata gen. sp.2	80	70	10
Разом	370	180	190

Мінімальна чисельність безхребетних організмів талому лишайника була зафіксована для Заводського району (вул. Діоганальна) – 100 екз./см^2, що

майже в 6 раз менше у порівнянні із Вознесенівским районом. Високі показники чисельності організмів талому лишайника, що вийшли із стану анабіозу при температурі води 24°С також характерні для парку «Перемоги» та Хортицького району, що складали 375 екз./см^2 та 180 екз./см^2 відповідно. Низькі показники чисельності безхребетних організмів талому лишайника, що вийшли із стану анабіозу характерно для Заводського району – 80 екз./см^2.

Для з'ясування питання щодо кількісних показників угруповань безхребетних організмів талому лишайника додатково проводили дослідження чисельності організмів при температурі води 34°С із розчину якої у подальшому готували препарати для мікроскопування. Так, високі показники чисельності угруповань безхребетних організмів були виявлені для парку «Перемоги» – 465 екз./см^2 та парку «Дубовий гай» – 400 екз./см^2. В обох випадках в угрупованнях безхребетних домінували за чисельністю коловертки, що складали 62% та 48% відповідно. Другорядне значення в угрупованні організмів парку «Перемоги» мали інфузорії (*Ciliata gen. sp.2*), а в угрупованні безхребетних парку «Дубовий гай» мали нематоди (*Nematod gen. sp.*) таблиця 3.4.

Мінімальні показники чисельності безхребетних організмів талому лишайника також були характерними для Заводського району (вул. Діоганальна). Тут чисельність угруповання організмів складало 140 екз./см^2, головним чином за рахунок розвитку коловерток.

Максимальна кількість організмів талому лишайника, що вийшли із анабіозу було встановлено для парку «Дубовий гай» та парку «Перемоги», де їх чисельність відповідно складала – 330 екз./см^2 та 310 екз./см^2. У цілому було зафіксовано, що із стану анабіозу вийшли максимально організми угруповань із парку «Перемоги», це 83% від загальної чисельності та із Заводського району – 71 % від загальної чисельності організмів.

Таким чином із отриманого матеріалу з'ясовано, що високі показники чисельності безхребетних організмів талому лишайника характерно для рекреаційних територій (парк «Перемоги» та парк «Дубовий гай»), а низькі

показники чисельності виявлених видів організмів в обох випадках характерно для промислової ділянки міста (Заводський район, вул. Діоганальна).

Таблиця 3.4 – Чисельність безхребетних організмів талому лишайника із різних районів м. Запоріжжя (літо, 2022 р., температура води 34°С)

Таксон	Чисельність організмів, екз./см^2		
	Загальна	Організми, що вийшли із анабіозу	Організми, що не вийшли із анабіозу
Заводський район (вул. Діоганальна)			
Bdelloidea gen. sp.	100	60	40
Nematoda gen. sp.	10	10	—
Ciliata gen. sp.1	10	10	—
Ciliata gen. sp.2	20	20	—
Разом	140	100	40
Олександрівський район (парк Дубовий гай)			
Bdelloidea gen. sp.	190	180	10
Nematoda gen. sp.	140	100	40
Ciliata gen. sp.1	20	—	20
Ciliata gen. sp.2	50	50	—
Разом	400	330	70
Вознесенівський район (парк Перемоги)			
Bdelloidea gen. sp.	290	175	115
Ciliata gen. sp.1	65	35	30
Ciliata gen. sp.2	110	100	10
Разом	465	310	155
Хортицький район			
Bdelloidea gen. sp.	120	40	80
Nematoda gen. sp.	50	50	—
Ciliata gen. sp.1	40	—	40
Ciliata gen. sp.2	400	30	10
Разом	250	120	130

Видовий склад та кількісні показники угруповань безхребетних організмів досліджували із талому моху – вид політріх волосконосний (*Polytrichum piliferum*). Дослідження талому моху у літній період 2022 р. показали, що з цим мохом топічно пов’язані наступні безхребетні організми (4 таксони): коловертки, форма *Bdelloidea gen. sp.*, нематоди – *Nematoda gen. sp.*,

вільноживучі інфузорії – *Ciliata gen. sp. 1* та *Ciliata gen. sp. 2*. Коловертки, нематоди, інфузорії були виявлені у всіх досліджених районах міста.

Кількісні показники виявлених угруповань безхребетних організмів талому моху *Polytrichum piliferum* із досліджених трьох районів м. Запоріжжя у літній період представлені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Чисельність безхребетних організмів талому моху із різних районів м. Запоріжжя (літо, 2022 р., температура води 24°С)

Таксон	Чисельність організмів, екз./см^2		
	Загальна	Організми, що вийшли із анабіозу	Організми, що не вийшли із анабіозу
Олександрівський район (парк Дубовий гай)			
Bdelloidea gen. sp.	190	70	120
Nematoda gen. sp.	30	—	30
Ciliata gen. sp.1	130	—	130
Разом	350	70	280
Вознесенівський район (парк Перемоги)			
Bdelloidea gen. sp.	50	25	15
Nematoda gen. sp.	25	5	20
Ciliata gen. sp.1	10	—	10
Разом	85	40	45
Хортицький район			
Bdelloidea gen. sp.	100	30	70
Nematoda gen. sp.	50	10	40
Ciliata gen. sp.1	30	10	20
Ciliata gen. sp.2	30	20	10
Разом	210	70	140

Максимальні показники чисельності безхребетних організмів талому моху були виявлені для парку «Дубовий гай» 350 екз./см^2, де переважали за чисельністю коловертки і складали 54% від загальної чисельності угруповання. Високі показники чисельності безхребетних організмів були встановлені для Хортицького району міста – 210 екз./см^2, де також в угрупованні домінували коловертки *Bdelloidea gen. sp.* (48% від загальної чисельності). Мінімальна

чисельність безхребетних організмів талому моху була зафіксована для Вознесенівського району (парк «Перемоги») – 85 екз./см^2, таблиця 3.5.

Високі показники чисельності організмів талому моху, що вийшли із стану анабіозу при температурі води 24°С також характерні для парку «Дубовий гай» та Хортицького району, що складали 20% та 33% від загальної чисельності угруповань безхребетних організмів відповідно.

Для з'ясування питання щодо кількісних показників угруповань безхребетних організмів талому моху додатково проводили дослідження чисельності організмів при температурі води 34°С із розчину якої у подальшому готували препарати для мікроскопування. Так, високі показники чисельності угруповань безхребетних організмів були виявлені для парку Хортицького району міста – 180 екз./см^2 та парку «Дубовий гай» – 150 екз./см^2 див. таблицю 3.6.

Максимальна кількість організмів талому моху, що вийшли із анабіозу було встановлено також для Хортицького району та парку «Дубовий гай», де їх чисельність відповідно складала – 140 екз./см^2 та 100 екз./см^2. У цілому було зафіксовано, що із стану анабіозу вийшли максимально організми угруповань із Хортицького району, це 78% від загальної чисельності та із парку «Дубовий гай» – 71 % від загальної чисельності організмів.

Загальна чисельність організмів, чисельність організмів, що вийшли із анабіозу та кількість видів які було виявлено із талому моху були мінімальними в парку «Перемоги» Вознесенівського району.

Таким чином із отриманого матеріалу з'ясовано, що високі показники чисельності безхребетних організмів талому моху характерно для рекреаційної території (парк «Перемоги») та селітебної території міста (Хортицький район).

Структурну організацію угруповань безхребетних організмів характеризує індекс видового різноманіття Шеннона. Так, при дослідженні талому лишайника влітку 2022 р. при приготуванні препаратів для мікроскопування (температура води 24°С) було виявлено коливання індексу Шеннона у межах 1,14-2,02 біт/екз.. Високі показники індексу видового

різноманіття характерні для парку «Дубовий гай» Олександрівський район (2,02 біт/екз.) та Хортицького району міста (1,76 біт/екз.). Видове різноманіття угруповань організмів талому лишайника (при температурі води 34°С) коливалось у межах від 1,29 біт/екз. до 1,81 біт/екз. Високі показники індексу Шеннона характерні для Хортицького району міста (1,81 біт/екз.) та парку «Дубовий гай» Олександрівський район (1,63 біт/екз.). Мінімальні значення індексу видового різноманіття угруповань організмів талому лишайника в обох температурних режимах було встановлено для парку «Перемоги» – 1,14-1,30 біт/екз.

Таблиця 3.6 – Чисельність безхребетних організмів талому моху із різних районів м. Запоріжжя (літо, 2022 р., температура води 34°С)

Таксон	Чисельність організмів, екз./см^2		
	Загальна	Організми, що вийшли із анабіозу	Організми, що не вийшли із анабіозу
Олександрівський район (парк Дубовий гай)			
Bdelloidea gen. sp.	70	60	10
Nematoda gen. sp.	20	20	—
Ciliata gen. sp.1	50	10	40
Ciliata gen. sp.2	10	10	—
Разом	150	100	50
Вознесенівський район (парк Перемоги)			
Bdelloidea gen. sp.	30	20	10
Nematoda gen. sp.	40	5	35
Разом	70	25	45
Хортицький район			
Bdelloidea gen. sp.	80	60	20
Nematoda gen. sp.	40	30	10
Ciliata gen. sp.1	20	20	—
Ciliata gen. sp.2	40	30	10
Разом	180	140	40

При дослідженні талому моху в літній період 2022 р. було виявлено максимальні показники індексу Шеннона при приготуванні препаратів для

мікроскопування (при температурі води 24°С та 34°С) для Хортицького району 1,8 біт/екз. та 1,83 біт/екз. відповідно.

Із отриманих даних дослідження угруповань безхребетних талому лишайника та моху слід зазначити, що не було виявлено чіткої залежності підвищення або зниження загальної чисельності організмів, що вийшли із анабіозу при приготуванні препаратів для мікроскопування при підвищеній температурі води до 34°С. Це підтверджується і показниками індексу видового різноманіття, максимальні значення якого були практично однаковими для одних і тих же районів міста.

Кількісні показники виявлених безхребетних організмів талому лишайника із досліджених районів м. Запоріжжя у осінній період 2022 р. представлені в таблиці 3.7.

Мінімальні показники чисельності безхребетних організмів талому лишайника були характерними для Заводського району (вул. Діаганальна) та Вознесенівського району (парк Перемоги). Тут чисельність угруповання організмів складало 70 екз./см^2, головним чином за рахунок розвитку коловерток.

Максимальна кількість організмів талому лишайника, що вийшли із анабіозу було встановлено для парку «Дубовий гай» та Хортицького р-ну, де їх чисельність відповідно складала – 145 екз./см^2 та 270 екз./см^2. У цілому було зафіксовано, що із стану анабіозу вийшли максимально організми угруповань із парку «Перемоги», це 96% від загальної чисельності та із Хортицького району – 93 % від загальної чисельності організмів.

Таким чином із отриманого матеріалу з’ясовано, що високі показники чисельності безхребетних організмів талому лишайника характерно для рекреаційної території (парк «Перемоги») та селітебної території міста (Хортицький район), а низькі показники чисельності виявлених видів характерно для промислової ділянки міста (Заводський район, вул. Діаганальна) та Вознесенівський район (парк Перемоги).

Таблиця 3.7 – Чисельність безхребетних організмів талому лишайника із різних районів м. Запоріжжя (осінь, 2022 р.)

Таксон	Чисельність організмів, екз./см^2		
	Загальна	Організми, що вийшли із анабіозу	Організми, що не вийшли із анабіозу
Заводський район (вул. Діагональна)			
M. quadricornifera	40	30	10
M. ehrenbergii	30	20	10
Разом	70	50	20
Олександрівський район (парк Дубовий гай)			
M. quadricornifera	95	95	—
M. ehrenbergii	50	45	5
Nematoda gen. sp.	5	5	—
Разом	150	145	5
Вознесенівський район (парк Перемоги)			
M. quadricornifera	40	30	10
M. ehrenbergii	5	5	—
Nematoda gen. sp.	10	10	—
Кліщ	15	15	—
Разом	70	60	10
Хортицький район			
M. quadricornifera.	210	200	10
M. ehrenbergii	70	60	10
Nematoda gen. sp.	10	10	—
Разом	290	270	20

Видовий склад та кількісні показники угруповань безхребетних організмів досліджували із талому лишайника – вид пармелії блюдчастої (*Parmelia acetabulum*). Дослідження талому лишайника у осінній період 2022 р. показали, що з цим лишайником топічно пов’язані наступні безхребетні організми: коловертки – *M. quadricornifera, M. ehrenbergii*, нематоди – *Nematoda gen. sp.*

Покриття лишайниками стовбурів дерев із досліджених районів м. Запоріжжя у весняний період 2022 р. представлені в таблиці 3.8.

При визначенні проективного покриття лишайників, були встановлені такі дані.

Таблиця 3.8 – Покриття лишайниками стовбурів дерев із досліджених районів м. Запоріжжя (весна, 2022 р.)

Відібраний лишайник	Вид дерева	Висота збору, см	Кі-ть лишайників, шт	Ступінь покриття, %
Олександрівський р-н (Парк «Дубовий гай»)				
1.	Тополя	110	9	14,08
2.	Тополя	98	6	9,81
3.	Тополя	106	10	15,02
4.	Тополя	101	7	12,6
5.	Тополя	75	8	13,01
Ср. ступінь покриття		98	8	12,9
Вознесенівський р-н (парк Перемоги)				
1.	Тополя	203	6	9,92
2.	Тополя	182	8	11,07
3.	Тополя	196	5	6,2
4.	Тополя	151	8	11,7
5.	Тополя	163	9	12,3
Ср. ступінь покриття		179	7,2	10,2
Хортицький р-н				
1.	Тополя	150	21	37,7
2.	Тополя	142	25	50,3
3.	Тополя	164	19	36,8
4.	Тополя	157	30	54,2
5.	Тополя	162	20	35,1
Ср. ступінь покриття		155	23	42,8
Заводський р-н (вул. Діагональна)				
1.	Тополя	113	4	6,8
2.	Тополя	100	2	2,3
3.	Тополя	96	5	7,0
4.	Тополя	109	4	5,9
5.	Тополя	115	6	6,7
Ср. ступінь покриття		106,6	4,2	5,74

Максимальний відсоток покриття лишайниками стовбура дерев, був зафіксований у Хортицькому районі і складає 37,7%.

Мінімальний відсоток становить 6,8%, що був характерним для Заводського району(вул. Діагональна).

Таким чином із отриманого матеріалу з’ясовано, що високі показники проективного покриття характерні для селітебноі території міста (Хортицький район) та для рекреаційної території (парк «Дубовий гай»), а низькі показники проективного покриття характерні для промислової ділянки міста (Заводський район, вул. Діагональна) та Вознесенівський район (парк Перемоги).

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Всі види робіт, що виконує студент, виконуються відповідно до вимог цієї інструкції.

Студент має постійне робоче місце. Повинен виконувати такі види робіт:

1) проводить складні аналізи розчинів, реактивів, допоміжних матеріалів за установленою методикою;

2) В приміщені лабораторії аналіз синтезу за заданою методикою

3) Оформлення та розрахунок результатів аналізу

4) Збір лабораторних установок за схемами, які є

5) Проведення аналізів простої та середньої складності.

До роботи в умовах лабораторії допускаються особи, які: не молодше 18 річного віку, ті які за результатами медичного огляду не мають протипоказань, пройшли навчання, інструктаж з охорони праці, в тому числі при виконанні робіт з підвищеною небезпекою, наданні першої допомоги потерпілим від нещасних випадків та правила поведінки при виникненні аварій.

Студент зобов’язаний:

- Вміти користуватись різноманітними засобами захисту (колективними та індивідуальними);
- Дотримуватись зобов’язань з охорони праці, що зазначені в договорі та в правилах внутрішнього трудового розпорядку, в тому числі: своєчасно розпочинати і закінчувати роботу;
- Не перебувати на роботі у позаробочий час без відповідного дозволу керівника.

У процесі роботи на працівника можливий вплив небезпечних та шкідливих виробничих чинників:

- Небезпечний вплив напруги електричної мережі, замикання якої може відбутись крізь тіло людини;
- Підвищена загазованість та запиленість повітря робочої зони;

- Підвищена та низька температура поверхні обладнання;
- Підвищена та низька температура повітря робочої зони;
- Підвищена та низька рухомість повітря;
- Недостатня освітленість робочої зони;
- Токсична дія шкідливих речовин на організм людини;
- Нервова та психічна перенапруга.

На роботах з шкідливим і небезпечними умовами праці а також роботах, пов’язаних із забрудненням, або які здійснюються у несприятливих температурних умовах, студенту видається спеціальний одяг, спеціальна взуття та інші засоби індивідуального захисту.

При проведенні робіт в умовах можливого впливу на людину агресивних хімічних речовин (кислот, лугів), повинен застосовуватись спецодяг, що виготовлявся з матеріалів, які забезпечують захист від цих впливів.

При виконанні своїх обов’язків студент зобов’язаний дотримуватись вимог санітарних норм.

Приступати до роботи студент має тільки у засобах індивідуального захисту.

Зберігати і приймати їжу тільки у відведених місцях.

Після роботи вимити забруднені частини тіла.

Перед початком роботи студент зобов’язаний перевірити та одягти засоби індивідуального захисту.

Включити систему припливно – витяжної вентиляції за 10-15 хвилин до початку роботи.

На робочому місці повинні бути тільки необхідні для виконання конкретної роботи реактиви, прилади та обладнання.

Студент перед роботою зобов’язаний перевіряти технічну справність приладу та обладнання.

Перед тим як проводити роботи з використанням вакууму треба перевірити обладнання на герметичність.

В разі виявлення несправності устаткування або засобів колективного або індивідуального захисту, необхідно доповісти про це керівникові робіт. Заборонено приступати до роботи поки несправності не будуть усунені.

Будь – які операції, що пов’язані із застосуванням або ймовірним утворенням отруйних, вибухонебезпечних, їдких речовин або таких, що мають різкий запах, проводяться тільки у витяжній шафі та з увімкненою газообмінною вентиляцією. При цьому обов’язкове використання засобів індивідуального захисту.

Якщо необхідно нагріти легкозаймисті та горючі речовини, для цього не використовують відкрите полум’я.

В разі необхідності використовують термостійкий та порцеляновий посуд для розведення й змішування рідин, що здатні виділяти тепло.

Під час нагрівання речовини в пробірці її спрямовують у протилежний від себе бік.

Під час взбовтування рідини в колбі або пробірці її закривають пробкою.

Працівник лабораторії повинен:

- Не залишати без нагляду запалений пальник або будь – які інші нагрівальні прилади;
- Заборонено зберігання речовин невідомого походження без етикетка та написів;
- Зливання відпрацьованих горючих рідин допускається лише у спеціальну тару.

Вимоги безпеки праці при роботі зі скляним посудом:

- Уважно слідкувати щоб характер виконуваної роботи співпадав із використовуваною маркою скла;
- Заборонене різке охолодження скляного посуду бо скляний посуд може тріснути;
- Заборонене використання скляного посуду в умовах підвищеного тиску;

- При нагріванні рідин необхідною умовою є доступ повітря до посуду;
- Під час закриття скляної тонкостінної посудини пробкою її слід підтримувати за верхню частину;
- Під час роботи із скляним посудом руки мають бути захищенні.

Вимоги безпеки праці під час роботи з легкозаймистими та горючими речовинами:

- Робота з легкозаймистими та горючими речовинами повинна виконуватись лише у витяжній шафі, спеціалізованій для даного виду роботи, при ввімкненій вентиляції та вимкнених електроприладах й газових пальників;
- Горючі рідини нагрівають в невеликих кількостях на водяній бані при закритих електроплитах;
- легкозаймисті та горючі речовини переносяться у добре закритому посуді;
- легкозаймисті та горючі речовини зберігати можна лише у закритому скляному посуді із товстими стінками, потім цей скляний посуд зберігається в металевому ящику;
- в разі розливання легкозаймистих речовин їх необхідно засипати піском;
- нагрівання легкозаймистих та горючих речовин допускається виконувати тільки в обладнані, що здатне забезпечити повну конденсацію утворюваної пари;
- посуд в якому виконувались досліди з легкозаймистими та горючими речовинами, одразу після досліду промити гарячою водою.

Вимоги безпеки праці під час роботи з отруйними речовинами:

- всі досліди з лугами та кислотами виконуються із використанням засобів індивідуального захисту;
- під час підготовки кислотного розчину допускається лише вливання кислоти в воду;

- розколювання великих шматків їдких лугів на більш дрібні проводиться під щільно накритою тканиною;

Вимоги безпеки праці при роботі з вакуумними системами:

- під час роботи з використанням вакууму слід користуватись захисними окулярами або маскою;
- вакуумна установка, яка є вибухонебезпечною, повинна бути екранована;
- заборонено нагрівати скляні частини працюючої вакуумної машини відкритим полум'ям;
- колби, що використовуються при роботі повинні бути круглодонні;
- проведення аналізів допускається лише на справному обладнані. В разі виникнення несправності необхідно негайно повідомити керівництву;
- у випадку відключення електроенергії всі електроприлади відключаються від мережі;

Вимоги безпеки охорони праці під час охорони праці у витяжній шафі:

- необхідна наявність тяги для роботи й вона перевіряється перед початком роботи;
- під час роботи відчиняється лише те відділення витяжної шафи де буде вестись дослідження;
- зберігання легкозаймистих та горючих речовин здійснюється при працюючій припливно – витяжній вентиляції;

В результаті виконання даного розділу було встановлено, що поліпшення охорони праці в організації досягається через виконання спеціальних заходів, які необхідні для досягнення встановлених нормативними документами показників безпеки, таких як: гігієни праці; гігієни виробничого середовища; підвищення наявного рівня охорони праці; запобігання випадкам виробничого травматизму; попередження професійного захворювання; запобігання виникнення аварій та пожеж.

ВИСНОВКИ

1. Дослідження талому *Parmelia acetabulum* у весняно-осінній період показали, що з цим лишайником топічно пов’язані різні представники безхребетних організмів (6 таксонів): коловертки, а саме форма *Bdelloidea gen. sp.*, нематоди – *Nematoda gen. sp.*, вільноживучі інфузорії – *Ciliata gen. sp.1* та *Ciliata gen. sp.2*, личинки кліщів (*Acariformes*) та личинки двокрилих (*Diptera*).

2. Дослідження талому *Polytrichum piliferum* у весняно-осінній період показали, що з цим субстратом топічно пов’язані представники безхребетних організмів (2 таксони): коловертки, а саме форма *Bdelloidea gen. sp.* та нематоди – *Nematoda gen. sp.*

3. Максимальні показники чисельності безхребетних організмів талому лишайника (при температурі води 24°−34°C) були виявлені для парку «Перемоги» 580−465 екз./см^2, де переважали за чисельністю коловертки і складали 77−62% від загальної чисельності угруповання. Мінімальна чисельність безхребетних організмів талому лишайника була зафіксована для Заводського району (вул. Діагональна) – 100-140 екз./см^2, що майже в 6 раз менше у порівнянні із Вознесенівським районом.

4. Високі показники чисельності безхребетних організмів талому моху (при температурі води 24°−34°C) були виявлені для парку «Дубовий гай» 350−150 екз./см^2, де переважали за чисельністю коловертки і складали 54−47% від загальної чисельності угруповання. Мінімальна чисельність безхребетних організмів талому моху була зафіксована для Вознесенівського району (парк «Перемоги» – 85−70 екз./см^2).

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Шевчук В.Я. Саталкін Ю.М., Білявський Г.О. та ін. Екологічне управління: Підручник. К.: Либідь, 2004. 432 с.

2. Федоренко О.І., Бондар О.І., Кудін А.В. Моніторинг навколишнього середовища. *Основи екології: підручник*. К., 2006. 306−318 с.

3. Руденко С.С., Костишин С.С., Морозова Т.В. Загальна екологія: практичний курс. Частина 1. Чернівці : Рута, 2003. 320 с.

4. Мусієнко М.М. Фітоіндикація та фітомоніторинг. *Екологія рослин: підручни*. К., 2006. 344−404 с.

5. Мусієнко М.М. Серебряков В.В. Екологія. Охорона природи: словник-довідник. К. : Знання, 2007. 624 с.

6. Клименко М.О., Прищепа А.М., Вознюк Н.М. Моніторинг довкілля. К.: Академія, 2006. 360 с.

7. Калінін М.І., Єлісєєв В.В. Біометрія: Підручник для студентів вузів біологічних та екологічних напрямків. Миколаїв: Вид-во МФ НаУКМА, 2000. 204 с.

8. Білявський Г.О. та інші. Основи екологічних знань: Навч. посібник. К.: Либідь, 2003. 336 с.

9. Джигирей В.С. Екологія то охорона навколишнього середовища: Навч. посібник: для студ. вузів. К.: Знання, 2000. 203 с.

10. Злобін Ю.А., Кочубей Н.В. Загальна екологія. Навчальний посібник. Суми : Університетська книга, 2003. 414 с.

11. Cowart N. Within- and among-individual variation in fluctuating asymmetry of leaves in the fig (*Ficus carica* L.).N. Cowart, J. Graham Int J Plant Sci. 1999. Vol. 160. P. 116–121.

12. Clarke G. Fluctuating asymmetry: a technique for measuring developmental stress of genetic and environment origin G. Clarke Acta Zool Fenn. 1992. Vol. 191. P. 31–35.

13. Скакальський О.О. Екологічний моніторинг у системі природоохоронної діяльності регіональної влади. *Державне управління та місцеве самоврядування*. 2015. Вип. 4. С. 152–162.

14. Григора І.М. Основи фітоценології. К.: Фітосоціоцентр, 2000. 240 с.

15. Юсипіва Т.Т. Зміни анатомічних характеристик стебла однорічного пагона *Betula pendula* Roth. за дії антропогенного навантаження. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2016. Вип. 72. С. 125–133.

16. Юсипіва Т.І., Заморена В. С. Зміни біометричних парметрів однорічної втечі *Betula pendula* Roth. за умов техногенезу. Софія : Бял ГРАДБГ ООД, 2011. С. 23–25.

17. Arora, H.C. 1966. Rotifer as indicators of trophic nature of environments. *J. Hydrobiologia*., 27 (1–2). P. 146–159.

18. Aslam, M., Verma, D.K., Dhakerya, R., Rais, S., Alam, M. and Ansari, F.A. 2012. Bioindicator: a comparative study on uptake and accumulation of heavy metals in some plants leaves of M.G. Road, Agra City, India. *Res. J. Environ. Earth Sci*., 4(12). P. 1060–1070.

19. Batiuk, R.A., Orth, R.J., Moore, K.A., Dennison, W.C., Stevenson, J.C., Staver, L.W. and Carter, V. et al. 1992. Chesapeake Bay submerged aquatic vegetation habitat requirements and restoration targets: a technical synthesis. Annapolis (MD): Chesapeake Bay Program, 83/92. P. 166–169.

20. Fritts, H.C. 1976. Tree Rings and Climate. Academic Press, New York.Grill. P. 457-463

21. Lieg, I.E. and Windisch, E., 1979. Holzanatomische Untersuchungen an abgasbelasteten B~iumen. Phytopathologische Zeitschri, 94. P. 335−342.

22. Grizzle, R.E. 1984. Pollution indicator species of macro benthos in a coastal lagoon. Mar. *Ecol. Prog. Ser*., 18. P. 191-200.

23. Hans, W., Dyble, P.J., Moisander, P.H., Noble, R.T., Piehler, M.F., Pinckney, J.L., Steppe, T.F., Twomey, L. and Valdes, L.M. 2003. Microbial indicators of aquatic ecosystem change: current applications to eutrophication studies. FEMS *Microbiol Ecol*., 46. P. 233-246.

24. Holt, E.A. and Miller, S.W. 2010. Bioindicators: using organisms to measure environmental impacts. *Nature*, 3(10). P. 8-13.

25. Hosmani, S.P. 2013. Freshwater algae as indicators of water quality. Univers. J. Environ. Res. Technol., 3(4). P. 473-482.

26. Jain, A., Singh, B.N., Singh, S.P., Singh, H.B. and Singh, S. 2010. Exploring biodiversity as bioindicators for water pollution. National Conference on Biodiversity, Development and Poverty Alleviation; 2010 May 22, Uar Pradesh. Lucknow (India): Uar Pradesh State Biodiversity Board.P 420.

27. Joanna, B. 2006. Bioindicators: types, development, and use in ecological assessment and research. Environmental Bioindicators 1. P. 22-39.

28. Khan, H.M. and Khan, M.A.Q. 1974. Biological magnication of photodieldrin by food chain organisms. *Archives of Environmental Contamination and Toxicoogy* 2. P. 289-301.

29. Khatri, N. and Tyagi, S. 2015. Influences of natural and anthropogenic factors on surface and groundwater quality in rural and urban areas. Front Life Sciences 8 (1). P. 23–39.

30. Klemm, D.J. 1990. Macro invertebrate field and laboratory methods for evaluating the biological integrity of surface waters. Cincinnati (OH): EPA. Lambert, S.J. and Davy, A.J. 2011.P 127–128

31. Water quality as a threat to aquatic plants: discriminating between the effects of nitrate, phosphate, boron and heavy metals on charophytes. New Phytologist. 189. P. 1051−1059.

32. Lerman, Si., Darley, E.F. 1975. Particulates. In: Mudd, J.B., Kozlowski, T.T. Responses of Plants to Air Pollutants. Academic Press, New York. P. 141-158.

33. Гриценко, А. В. Моніторинг впливу на стан навколишнього природного середовища підприємств-об’єктів підвищеної екологічної небезпеки. *Екологія та промисловість*. 2011. № 4. С. 116-120.

34. Ібрагімова Е. Е. Людина-Природа-Суспільство: теорія та практика безпеки життєдіяльності, екології та валеології. Сімферополь, 2008. 46. 49 с.

35. Ярмолюк С.М. Лишайники, як індикатори екологічного стану природи. К.: Київський національний університет імені Тараса Шевченка. 2016. 226 с.

36. Гудзій О.С. Лихенофлора України: екологічні та географічні аспекти. К.: Наукова думка. 2004. 336 с.

37. Литвиненко Ю.І., Вакал А.П., Литвиненко Д.П. Біоіндикаційні дослідження за епіфітною ліхенофлорою м. Суми та його околиць. *Слобожанський науковий вісник. Серія Природничі науки*. Вип. 2. 2023. С. 26-30.

38. Димитрова Л.В. Ліхеноіндикація забруднення атмосферного повітря м. Києва. *Укр. ботан. журн*. 2008 б. Т. 65, № 4. С. 572-585.

39. Лисун І.В. Методи вивчення безхребетних тварин. Львів : Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка, 2014. 224 с.

40. Кондратюк С. Я., Мартиненк В.Г. Ліхеноіндикація. К.: ТОВ «КОД», 2006, 260 с.

41. Рупперт Э.Э., Фокс Р.С., Барнс Р.Д. Зоологія безхребетних: Функціональні та еволюційні аспекти: підручник для студентів вузів. К.: Видавничий центр «Академія», 2008. 438 с.

42. Щербак Г.І., Царичкова Д.Б., Верес Ю.Г. Зологія безхребетних К.: Либідь, 1995. 320 с.

43. Рахманов І.О. Безхребетні тварини. Класифікація, будова, екологія. Львів : Видавництво Львівського університету, 2015. 274 с.

44.Арсан О.М. Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод. За ред. В.Д. Романенка. НАН України. Ін-т гідробіології. К.: ЛОГОС, 2006. 408 с.

45. Романенко В.Д. Основи гідроекології: Підручник. К.: Обереги, 2001. 728 с.

46. Хижняк М. І., Євтушенко М. Ю. Методологія вивчення угруповань водних організмів [навчальний посібник]. К.: Український фітосоціологічний центр, 2014. 269 с.

47. Бовт В.Д., Гороховський Є.Ю. Основи статистичного аналізу в екології. Запоріжжя : ЗНУ, 2012. 57 с.