

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МАРІУПОЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЕКОНОМІКО-ПРАВОВИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА РАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ ТА
ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

До захисту допустити:
Зав. кафедри
Г. О. Черніченко

«__» _____ 2020 р.

Кваліфікаційна робота
за освітнім ступенем «Магістр» на тему:
«Квантифікаційний біомоніторинг міських екосистем»

Студентки економіко-правового факультету
спеціальності «Екологія»
освітнього ступеня «Магістр»
Ломізової Валентини Михайлівни
Науковий керівник:
Пастернак Олена Миколаївна
к.х.н., доцент
кафедри раціонального природокористування
та охорони навколишнього середовища
Рецензент:
Яровий С.С., в.о. директора Українського
степоного природного заповідника НАН
України

Кваліфікаційна робота захищена
з оцінкою _____
Секретар ЕК _____
«__» _____ 20__ р.

Маріуполь – 2020

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА БІОМОНІТОРИНГУ ЯК МЕТОДУ ОЦІНКИ МІСЬКИХ ЕКОСИСТЕМ	7
1.1. Біомоніторинг: поняття, види, розвиток.....	7
1.2. Біоіндикація – як метод екологічного дослідження міських екосистем.....	13
1.3. Світова та національна практика біомоніторингу.....	23
Висновки до розділу 1.....	29
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	30
2.1. Загальна характеристика досліджуваних територій.....	30
2.2. Біоекологічна характеристика досліджуваних видів.....	42
2.3. Екологічна оцінка якості довкілля методами біомоніторингу.....	48
Висновки до розділу 2.....	54
РОЗДІЛ 3. СТАБІЛЬНІСТЬ РОЗВИТКУ ВИДІВ ЗА УМОВ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ	55
3.1. Квантифікаційна оцінка симетричних морфологічних параметрів видів.....	55
3.2. Визначення рівня антропогенного навантаження методами біомоніторингу.....	64
3.3. Фітомеліоративна та середовищеутворююча роль деревних насаджень в умовах техногенного навантаження	75
Висновки до розділу 3.....	83
ВИСНОВКИ	85
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	87
ДОДАТКИ	95

ВСТУП

Екологічна ситуація в Україні, не зважаючи на вжиті заходи, залишається напруженою та несприятливою, особливо в містах з високим рівнем розвитку промисловості. Великий внесок в забруднення довкілля вносить збільшення автотранспорту. Це негативно впливає не тільки на здоров'я населення, але і на стан всіх живих біоценозів, що піддаються антропогенному навантаженню. Та навіть однакове антропогенне навантаження може по різному впливати на різні екосистеми та їх об'єкти, так як на рівень впливу екологічних факторів впливають клімат, геологічні особливості, ландшафт, ступінь сільськогосподарського освоєння територій.

В цих умовах є доцільним проводити оцінку стану навколишнього середовища всіма доступними методами, в тому числі за допомогою біомоніторингу. В якості досліджуваних об'єктів для біомоніторингу використовують представників різних царств. Зазвичай вибирають найбільш доступні та масові об'єкти: рослини, безхребетні, лишайники. Досить перспективним напрямком є фітоіндикація, так як рослини не пересуваються, мають велику асиміляційну поверхню, тому є чутливими к негативному впливу на довкілля.

Одним з методів біомоніторингу є оцінка стабільності розвитку популяцій за ступенем флуктуючої асиметрії. Флуктуюча асиметрія представляє собою випадкові незначні відхилення від симетричного стану білатеральних морфологічних структур біологічного об'єкту.

Оцінка стану біотичних компонентів міських екосистем відображає зміни в навколишньому середовищі та вплив антропогенного навантаження. Флуктуюча асиметрія на груповому рівні вказує на дестабілізацію процесу розвитку в популяції та спостерігається на відносно низькому рівні порушень,

що дає можливість використовувати її як неспецифічний індикатор незначних відхилень параметрів від фонового стану.

Біоіндикаційний підхід дозволяє на основі фенотипічного аналізу визначити найбільш вразливі елементи екосистеми, оцінити в цілому стан антропогенного навантаження та визначити показник стійкості розвитку видів.

У зв'язку з цим вивчення коефіцієнту флуктуючої асиметрії видів та порівняння стану довкілля промислової міської екосистеми з екосистемами, що не мають значного техногенного пресингу набуває актуального значення для встановлення взаємозв'язку між промисловим забрудненням та стабільністю розвитку видів-індикаторів.

Мета кваліфікаційної роботи полягає у проведенні біоіндикаційної оцінки та порівнянні стану різних за ступенем антропогенного навантаження міських екосистем України.

У зв'язку з поставленою метою було сформовано наступні завдання дослідження:

- 1) дати загальну характеристику біомоніторингу як методу екологічного дослідження та можливості його застосування для оцінки міських екосистем;
- 2) охарактеризувати досліджувані території;
- 3) проаналізувати біоекологічну роль видів-індикаторів;
- 4) розглянути методику флуктуючої асиметрії для оцінки стану довкілля;
- 5) провести експериментальні заміри для визначення величини флуктуючої асиметрії;
- 6) надати квантифікаційну оцінку параметрів видів-індикаторів;
- 7) визначити стан навколишнього середовища за допомогою методів біомоніторингу;
- 8) надати оцінку фітомеліоративної здатності видів.

Предмет дослідження – хвоя виду *Pinus sylvestris*, листова пластина виду *Acer*, *Tilia cordata*, поверхневі води р. Сейм та р. Кальміус.

Об'єкт дослідження – оцінка екологічного стану навколишнього середовища.

Ступінь вивченості в спеціальній науковій літературі. Теоретичною основою проведення дослідження є роботи дослідників Д. Д. Ганжа, У. В. Легети, Н. О. Непошивайленко, А. В. Павличенко, С. Г. Баранов, Ю. В. Беляєва, В. С. Гаврикова, Є. В. Авдєєва, В.В. Докучаєв, та ін.

Методологічну основу роботи складають загальнонаукові методи, що було використано для досягнення поставленої мети та вирішення задач дослідження, зокрема аналітичний, порівняльний, оціночний, математично-статистичний. Польові натурні спостереження проводилися для збору дослідного матеріалу для розрахунків та оцінки стану довкілля. Методикою біомоніторингу було визначено найбільш забруднені райони міста та порівняно з містами з меншим антропогенним навантаженням.

Наукова новизна одержаних результатів. Проведено біомоніторинг техногенно навантаженого м. Маріуполь трьома різними методиками та отримані результати порівняно з менш антропогенними міськими екосистемами. Розроблено власний SWOT-аналіз екологічної ситуації м. Маріуполь.

Практичне значення отриманих результатів може бути використано для подальших досліджень та визначення динаміки інтегрального показника якості навколишнього середовища, побудови статистичної сукупності за роками для досліджень залежності зміни якості середовища від обсягів викидів забруднюючих речовин.

Апробація результатів роботи. Результати досліджень та матеріали кваліфікаційної роботи апробовані на конференціях та Всеукраїнському студентському кейс-чемпіонаті «M.student.champ» за темою «Біомоніторинг

состояния окружающей среды промышленной зоны», отримано диплом півфіналіста. Перелік публікацій за темою:

1. SWOT-аналіз екологічної ситуації в місті Маріуполь // Декада студентської науки (2020 року). - Дебют: Збірник тез доповідей студентів економіко-правового факультету за результатами участі у Декаді студентської науки – 2020 / За заг. ред. д.політ.н., проф. К.В. Балабанова, д.е.н., проф. О.В. Булатової. Маріуполь: Маріупольський державний університет, 2020. 398 с.

2. Квантифікаційний біомоніторинг м. Маріуполь // питання екологізації економіки промисловості та освіти. - Всеукраїнська науково-практична заочна конференції студентів, аспірантів та молодих учених (29 травня 2020 р.). - Екологія, природокористування та охорона навколишнього середовища: прикладні аспекти: матер. Всеукр. наук.-практ. заоч. конф. студ., аспір. та молод. учених, м. Маріуполь, 29 травня 2020 р. / за заг. ред. Г.О. Черніченка. – Маріуполь: МДУ, 2020. – 147 с.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, які містять дев'ять підрозділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг роботи становить XX сторінки та список використаних джерел (88 найменувань).

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА БІОМОНІТОРИНГУ ЯК МЕТОДУ ОЦІНКИ МІСЬКИХ ЕКОСИСТЕМ

1.1 Біомоніторинг: поняття, види, розвиток

Біомоніторинг – один з перспективних напрямків екологічного моніторингу. Особливістю біомоніторингу є те, що контролюються не самі показники якості компонентів середовища, а відгук біоти на якість середовища та його зміни. Він розглядається як складова частина екологічного моніторингу стеження за станом навколишнього середовища по фізичних, хімічних і біологічних показників. Завдання біомоніторингу – проводити оцінку якості навколишнього середовища за допомогою спеціально обраних для цієї мети живих об'єктів [1].

В 1990 р. економічна комісія Європи під егідою ООН прийняла програму інтегрованого моніторингу (ІМ) навколишнього середовища за групами показників (вказана кількість показників) загальна метеорологія (6), хімічний склад повітря (3), хімічний склад ґрунтових та підземних вод (4), хімічний склад поверхневих вод (4), ґрунти (6), біологічні показники (11).

Серед досліджуваних показників провідне місце зайняли біоіндикатори: епіфітні лишайники, рослинність, чагарники, дерев'яна рослинність, проективне покриття крони дерев, біомаса дерев, хімічний склад хвойних голок, мікроелементи в хвої, ґрунтові ферменти, мікоріза, швидкість розкладу рослинних залишків.

В системі екологічного моніторингу методам біомоніторингу потрібно надати переважне місце. Основу екоаналітичного моніторингу складають три визначальних фактори:

- висока токсичність та небезпечність речовин (з урахуванням віддалених ефектів, специфічної дії, кумуляції) для людини та навколишнього середовища, розглянуті на рівні ГДК, ЛД, ГДС;
- здатність виступати в якості маркерів (показника присутності отруйних речовин);
- обов'язковість для контролю специфічних та загальнопромислових забруднювачів.

За наявності постійного контролю та моніторингу за наявністю супертоксикантів хіміко-аналітичними методами неможливо надати інформацію про реакцію живих організмів на їх вплив.

За довготривалою оцінкою впливу небезпечних промислових об'єктів на довкілля чи при оцінці наслідків впливу об'єктів (наприклад при аварії) пріоритетним напрямком комплексного екологічного моніторингу є моніторинг стану природних екосистем, що виявляє процеси їх деградації, що не завжди можна оцінити по хімічному складу компоненти навколишнього середовища. Проблема контролю віддалених наслідків (аккумуляції чи трансформації в компонентах НС) отруйних речовин та продуктів їх деструкції є важливим аспектом досліджень. Трансформація отруйних речовин в довкіллі призводить до утворення більш стабільних сполук. Такі сполуки важко ідентифікувати за стандартними методиками кількісного хімічного аналізу, але їх ефект можливо виявити біологічними методами. Використання біологічних методів для оцінки та прогнозу різних змін в природних комплексах, викликаних факторами техногенних забруднень, необхідне з метою прогнозу можливих техногенних забруднень. Основним індикатором сталого розвитку є якість середовища існування організмів.

Багаторічний досвід контролю стану довкілля показує перевагу біоіндикаторів. Хронічні антропогенні навантаження, внаслідок кумулятивного ефекту, викликають реакцію навіть на відносно слабкі впливи. Реакції проявляються при накопиченні критичних значень сумарних дозових

навантажень, сумується вплив всіх без винятку біологічно важливих впливів та відображається стан довкілля в цілому, включаючи антропогенний вплив на біоценози та їх забруднення. Задача біомоніторингу – системний аналіз природних та антропогенних процесів, що протікають в компонентах природного середовища, як неперервний процес взаємодії хімічних, фізичних та біологічних зв'язків. Тому розглядаються як єдиний процес побудови інформаційної моделі для отримання відомостей про зміни в навколишньому середовищі, пов'язаних з негативним впливом хімічних забруднюючих речовин, виявлених хіміко-аналітичним моніторингом. Система регулярного біомоніторингу є невід'ємною частиною моніторингу довкілля .

Біомоніторинг включає дві основні групи методів: біоіндикацію та біотестування, якими визначається присутність в навколишньому середовищі забруднення за станом окремих організмів, чутливих до змін екологічної обстановки. Таким чином, застосування біологічних методів для оцінки довкілля виявляє групи рослин чи тварин, реагуючих на тип впливу забруднення. Метод біоіндикації застосовується для якісної та кількісної оцінки ефекту антропогенного впливу без визначення ступеню забруднення [1].

Можливість застосовувати живі організми в якості біоіндикаторів зробили античні вчені: вони звернули увагу на зв'язок вигляду рослин з умовами їх проростання. Теофаст написав роботу «Природа рослин», яка містить поради про те, як за характером рослинності можна судити про властивості ґрунту. Такі ж відомості містяться в роботах римлян Катона та Плінія Старшого. Ідея біоіндикації за допомогою рослин сформована ще в I ст. до н. е. Основоположником біоіндикації рослин вважають А. П. Карпинського, який писав про можливість рослинної біоіндикації та використовував характер розповсюдження рослин для створення геологічних карт. Також в працях М. В. Ломоносова та А. Н. Радищева є спогади про рослини-індикатори

властивостей ґрунту, підземних вод [2]. Проблемам біоіндикації забруднень довкілля присвячені роботи Д.А. Криволуцького [3].

Найбільший вклад в розвиток біоіндикації зробив вчений В. В. Докучаєв. За комплексом ґрунтових тварин можна визначити тип ґрунту та їх зміну під впливом господарської діяльності. Використання рослин в якості біоіндикаторів за особливостями їх розвитку для оцінки ґрунтів та підстилаючої поверхні описував А.П. Карпинський. Він зазначав, що використовуючи рослинну біоіндикацію, можна складати геологічні карти. У. Д. Менінг та У.А. Федер описували рослини, як накопичувачі токсикантів, у яких виявлені ознаки пошкодження. Рослини-індикатори – це ті, що акумулюють в тканинах забруднюючі речовини, в результаті взаємодії їх з джерелом забруднення.

Швидкий розвиток біомоніторингу почався в ХІХ ст., з розвитком промисловості та її впливом на навколишнє середовище. Біоіндикацію визначають як метод кількісної оцінки ступеню впливу екологічного фактору на навколишнє середовище. За допомогою біоіндикації визначають вміст вітамінів, антибіотиків, гормонів, БАР, інтенсивність хімічних (рН, вміст солей) та фізичних факторів середовища. На сучасному етапі важливі задачі біоіндикації стоять в розробці теоретико-методологічних основ аналізу реакцій біосистем на фактори впливу з урахуванням диференційних відмінностей та патологічних проявів в залежності від екологічних умов та стану організмів, популяцій, ценозів, екосистем [1].

Симетрія розуміється як незмінність структури, властивостей, форми об'єкту відносно його перетворень. Реалізацію форм симетрії у біологічних об'єктів можна спостерігати на різних стадіях організації живого. Термін «флуктуюча асиметрія» (*fluctuating asymmetry*) був запропонований Ван Валеном у 60-х роках минулого сторіччя (Van Valen, 1962), хоча пов'язаний з ним напрям досліджень стабільності розвитку (*developmental stability*) почав розвиватися значно раніше (Thoday, 1958, Waddington, 1957), а пізніше був

спрямований на вивчення генетичних основ згаданих процесів (Lewontin, 1983, Mather, 1953, Zacharov, 1989, Palmer, 1992) [4].

Аналізу цього явища в живому світі присвячено велику кількість робіт, які зачіпають різні аспекти: філософський (Урманцев, 1974; Готт, Хоменко, 1977; Ніконов, 1977; Петухов, 1981, Толстопятенко, 1993, 1994), загальнобіологічні (Ludwig, 1932; Гаузе, 1940; Касінов, 1973; Neville, 1976), конкретні прояви у різних організмів (Danforth, 1924; Colyer, 1951; Yamaguchi, 1977; Vermeij, 1977; Dunham, 1981; Govind, 1984) і т. д. [5].

В останні роки в практику біомоніторингу впроваджують новітні біотестери, що дозволяють в короткий проміжок часу провести екотоксикологічний аналіз ґрунту, поверхневих та підземних вод, повітря.

Актуальність використання методів біомоніторингу має значну перевагу над традиційними методами. Антропогенні забруднення діють на живі організми комплексно. Їх інтегральний вплив можна оцінити лише за реакцією живих організмів та їх груповань. Результат дії забруднених речовин з повітря, води, ґрунтів, що накопичуються в організмі, викликають патологічні зміни в результаті тривалого впливу при малих концентраціях та можуть бути оцінені біологічними методами. В залежності від інтенсивності забруднень зміни в організмах біоіндикаторів можуть сильно змінюватись. Найбільш стійкими є екосистеми, що мають найбільше видове різноманіття, чисельністю видів, репродуктивністю, міжвидовим відношенням та абіотичними факторами. Реакція на стресовий стан може бути виражена відповідною реакцією організму.

В навколишньому середовищі на організм діє комплекс стресових факторів, що відрізняються за величиною інтенсивністю, строком дії. Таким чином, дослідження комплексного впливу стресових навантажень, стає дедалі принципово важливим для встановлення допустимого навантаження та стабільності біологічних систем в порушеному довкіллі з багатьма антропогенними складовими.

Оцінка ступеню екологічної небезпеки визначається шляхом визначення в НПС окремих потенційно небезпечних речовин та впливів та порівняння отриманих результатів з встановленими законодавством гранично допустимих величин. Такий спосіб має ряд недоліків. Аналітичні методи трудомісткі, довготривалі, потребують спеціального дорогого устаткування та реактивів, кваліфікованих працівників. Такі методи не дають оцінку біологічному ефекту впливу забруднення на організм.

В зонах промислового впливу аналіз якості НПС здійснюється методами біотетування. Метод дозволяє дати оцінку біологічних ефектів малих концентрацій забруднюючих речовин. Біомоніторинг проводять на різних тест-об'єктах різних таксономічних груп живих організмів. Методи біомоніторингу можуть використовуватися як додатковий контроль за якістю НПС. При використанні біомоніторингу для проведення оцінки необхідно враховувати біотичні, абіотичні, антропогенні фактори, що мають вплив на живі організми в природних умовах.

Біомоніторинг дозволяє визначити комфортність існування в конкретній екосистемі видів і груп організмів, найбільш чутливих до забруднення і трансформації природного стану природи, а також непрямий вплив на здоров'я людини. Саме дані біомоніторингу надають значення і правомірність таких нормативів, як ГДК, ГДВ [1].

Таким чином, методи біологічного контролю дозволяють оцінити зміни параметрів середовища за наявності, життєздатності і поведінки організмів: визначити якість води у водоймі, якість ґрунту і атмосфери, а також встановити ступінь їх забрудненості і стан біоценозів. Поєднання методів хімічного аналізу з біологічними є основою моніторингу за станом навколишнього середовища, що необхідно для прогнозу її змін.

1.2 Біоіндикація – як метод екологічного дослідження міських екосистем

З кожним роком рівень техногенного пресингу на навколишнє середовище збільшується. Світова екологічна криза досягла глобального розмаху. Нераціональне використання природних ресурсів призводить до швидкого збіднення та виснаження природних територій. Міські території, яких з кожним роком стає більше, захаращують природні території, збіднюючи видовий склад екосистем.

Використання методів біомоніторингу для контролю за станом НПС в міських екосистемах є доцільним. Реакція біологічної складової на антропогенне навантаження та стресові фактори відображає вплив на екосистеми.

Одним з методів визначення рівня антропогенного навантаження на біогеоценози є біоіндикація. Це ефективний метод моніторингу НПС, заснований на дослідженні впливу екологічних факторів на характеристики біологічних об'єктів та систем [6].

Біоіндикація – комплексна оцінка інтенсивності і наслідків тривалого забруднення навколишнього середовища або іншого впливу на неї за наявності індикаторних організмів, таксономічному складу ценозів, щодо порушень у функціонуванні спільноти або відхилень у нормальному розвитку організмів. При проведенні біоіндикації та біомоніторингу необхідні інформативні біологічні об'єкти, звані біоіндикаторами. Біоіндикатори – живі організми одного виду або групи, за наявності, станом і поведінки яких судять про зміни в природному середовищі, про наявність і концентрації забруднювача. Стійкість екосистеми визначається за станом виду-едифікатора. Для оцінки стану екосистем таким видом є рослини, безхребетні, лишайники, що є найбільш чутливими к досліджуваним факторам [2].

Вивчення теоретичної та практичної складової в області біоіндикації пов'язано з методологічними труднощами відображення та моделювання предметної області. Оцінка антропогенного впливу на біотичну компоненту екосистеми ускладнюється просторово-часовою диференціацією видової структури. Один вид в різних спільнотах організмів характеризується різними екологічними умовами існування та їх реакція на дію фактору може відрізнятися. Більшість видів реагує на техногенний вплив не чітко вираженими ознаками. Випадки, коли техногенний пресинг виводить екосистему за рамки природної мінливості, відбувається порушення динамічної стабілізації популяційних зв'язків, змінюється генетичний склад.

Умовою для виявлення якісних порушень біотичних процесів в екосистемах під впливом антропогенних факторів є знання діапазону природної мінливості біоценозів, тобто побудова простору стану популяцій. Виявлений тісний зв'язок між факторами середовища на біотичні процеси екосистем (щільність популяцій, динаміка видової структури, поведінка). Фактори середовища – світло, температура, водний режим, біогенні елементи, солоність мають функціональну важливість для організмів на всіх етапах життєвого циклу. Так, можна використовувати взаємну закономірність та визначати по видовому складу тип фізичного середовища. Тому «біоіндикацію» можна визначити, як визначення біологічно значущих навантажень на основі реакцій живих організмів та їх угруповань.

Біоіндикацію можна визначити як сукупність методів та критеріїв, призначених для пошуку інформативних компонентів екосистем, які могли б:

- адекватно відображати рівень впливу середовища, включаючи комплексний характер забруднення з врахуванням явищ синергізму діючих факторів;
- діагностувати ранні порушення в найбільш чутливих компонентах біотичних угруповань та оцінювати їх значимість для всієї екосистеми в майбутньому [6].

Екосистема знаходячись у рівновазі з факторами зовнішнього середовища, має систему біологічних зв'язків, що порушаються під впливом антропогенних факторів. Біологічний метод оцінки стану системи дозволяє вирішити задачі, вирішення яких за допомогою фізичних та хімічних неможливо.

Рекогносцировочна оцінка ступеню забруднення за складом біонтів дозволяє встановити його санітарний стан, визначити ступінь та характер забруднення, шляхи його розповсюдження в екосистемі, а також надати кількісну характеристику протікання процесів природного самоочищення.

Біомоніторинг включає два види біологічного контролю: біоіндикацію та біотестування. Біотестування – оперативний метод прямої оцінки якості води, зокрема скидних вод підприємств, ґрунту, кормів та ін. субстратів шляхом експериментального визначення (зазвичай в лабораторних умовах) дії конкретних забруднюючих або токсичних речовин на живі організми, або так звані тест-об'єкти. Тест-об'єкти - це організми-біоіндикатори, відповідні реакції яких (тест-реакції) відомі і попередньо градуйовані за ступенем впливу.

Біотестування – використання в контрольованих умовах біологічних об'єктів для виявлення та оцінки дії факторів середовища на організм, його функції чи систему органів [7].

В залежності від цілей та задач біотестування в якості тест-об'єктів використовують різні організми: вищі та нижчі рослини, бактерії, водорості, безхребетні.

Підкреслюючи всю важливість біоіндикаційних методів дослідження, необхідно зазначити, що біоіндикація передбачає виявлення забруднень, що вже відбулися або відбуваються, за функціональними характеристиками особин та екологічними характеристиками угруповань організмів. Поступові зміни видового складу формуються в результаті довготривалого отруєння середовища.

Біоіндикація потрібна для виявлення екологічно вагомих природних та антропогенних навантажень на основі реакцій живих організмів в середовищі їх існування. Організмам-індикаторам властиві якості, характерні процесам, в їх основі проходить якісний та кількісний аналіз динаміки, визначення та оцінка розподілу стану екосистем. Кінцевий результат – основний індикатор сталого розвитку [8].

На сьогодні, в умовах тривалого техногенного пресингу, говорять про ступінь впливу антропогенних факторів на природні комплекси. Існує шкала впливів, що реєструє за видом-індикатором різні ступені впливу на НПС. Така шкала екологічного фактору дозволяє найбільш вірогідно аналізувати конкретну досліджувану ділянку території. Таким чином, проводять біодіагностику територій – метод кількісної оцінки ступеню впливу екологічного фактору на НПС [9].

Виділяють два види біоіндикації: специфічна та неспецифічна. Неспецифічна – являє собою різноманітні фактори, що провокують одну й ту саму реакцію. Специфічна – отримані зміни, що відбуваються, пов'язані тільки з одним фактором [10].

Існує розмежованість біоіндикації: реєструюча та біоіндикація п акумуляції. Перший метод оцінює дію факторів середовища на стан організмів чи групи організмів. Другий метод дозволяє рослинам та тваринам накопичувати токсичні речовини. Таким чином, за видами біоіндикації, організми-індикатори поділяють на два види – реєструючі та накопичувачі. Реєструючі біоіндикатори дають реакцію на зміну стану НПС, що проявляється зміною чисельності, фенотипу, пошкодження тканин, соматичними проявами, зміною росту. Прикладом служать лишайники, хвоя дерев – хлорози, некрози, суховершинність. Такий вид біоіндикаторів має значні недоліки, так як не можна встановити причину зміни, тобто фактори, що визначають число організмів, їх розташування, вид. Це значний недолік

реєструючих біоіндикаторів, тому що досліджувані зміни виникають по різних причинах та комплексно.

Накопичуючі біоіндикатори концентрують шкідливі речовини в тканинах, органах тіла, які служать для виявлення рівня забруднення НПС за допомогою хімічного аналізу [10].

Дослідження живих організмів за допомогою біоіндикації має ряд недоліків, наприклад живий організм не може виявити концентрацію речовини в суміші, через те, що реакція йде в комплексі. фізичні та хімічні методи дають кількісні та якісні характеристики фактору, але не характеризують його біологічну дію. За допомогою організмів отримують інформацію про біологічні наслідки. Моніторинг за допомогою накопичуючих біоіндикаторів часто потребує обладнання, методики в лабораторіях. Та основні методи біоіндикації не потребують значних затрат праці, дорогого обладнання, тому широко використовуються для проведення моніторингу.

Фітоіндикація якості наземно-повітряного середовища

Повітря невід'ємна частина земної кулі, що складається з суміші різноманітних газів. Коли в суміші присутні компоненти в конкретних обсягах і тривалий час, то відбувається забруднення атмосферного повітря і з'являється небезпека здоров'ю всіх живих організмів. Людина, тварини, рослини реагують на забруднення повітря, перші хто подає реакцію, є рослинні організми. Для визначення початку змін в складі повітря використовують рослини, нижчі в тому числі. Кількісні показники, які дають можливість побачити наочно уявлення про токсичні ефекти забруднюючих повітря речовин [11]. Рівень чистоти атмосферного повітря оцінюють і за допомогою вищих рослин [12]. Результат представлених порушень в індивідуальному розвитку рослинних організмів може бути виявлений по частоті морфологічних відхилень, величині показників флуктуючої асиметрії, методом аналізу складно організованих комплексних структур. Всі рівні

відхилень від норми спостерігаються мінімальними тільки при оптимальних умовах і зростають при різноманітних негативних впливах [13].

Детеріорація екологічної обстановки на Землі в цілому в другій половині ХХ століття призводить до переосмислення екологічних установок охорони природи. Йде безперервний пошук більш результативних методів для оцінювання забруднення середовища і стану біоти на всіх рівнях її організації. Ведеться активна розробка вдосконалених екологічних нормативів для допустимих антропогенних навантажень на природні екосистеми [14]. Рослинність забезпечує життєдіяльність різних біотичних елементів. Зміна параметрів рослинності під дією різноманітних факторів навколишнього середовища впливає на стан біогеоценозу в цілому, саме тому можуть використовуватися в якості діагностичних ознак.

Фітоіндикація є однією з гілок великого напрямки біоіндикації, зародилася ще в ХІХ в. У той час була необхідність визначення залягання глибини ґрунтових вод, засолення, геохімічних аномалій і т.д. Фітоіндикація проходить по реакції рослин. Відбираються види, більш чутливі по відношенню до окремих інгредієнтів, або до накопиченню токсичних речовин. У зв'язку з цим серед рослин виділяють біоіндикаторів з високою чутливістю до поллютантів і біоіндикаторів-накопичувачі.

Через особливості обміну речовин рослинних організмів їх частіше використовують для виявлення забруднення атмосферного повітря, ніж для аналізу забруднення ґрунтових порід. Біоіндикаторів з високою чутливістю краще використовувати для загального аналізу рівня забруднення повітря, так як їх порушення наочно будуть відображати ступінь забруднення [15]. Друга група біоіндикаторів більше підходить для виявлення конкретних шкідливих речовин в повітряній масі.

В такому випадку експериментально визначають, на яких конкретно рівнях накопичення шкідливих речовин в організмі знаходяться допустимі рівні забруднення. В експерименті виявляються збої зростання і розвитку

рослинного організму, можливе прискорення процесу старіння, так само ранне розпускання бруньок, опадання листів, пагонів, початок цвітіння у деревних рослин, і як підсумок пожовтіння листя. Вегетативний період різко скорочується, але повноцінний листопад, як правило, припиняється в нормальні терміни, як і в сприятливому середовищі.

Спостереження показують, що для аналізу досить високого ступеня забруднення повітря можливі фенологічні методи біоіндикації. Промисловість впливає на стан рослини, так як речовини, які виділяються в діапазоні рослинного організму, викликають у них некрози на листових пластинах чи хвої [16]. Можливе зменшення пагонів, кількість і розміри органів на деревних або трав'янистих рослинах. Безсумнівно, перераховані порушення швидше і чіткіше проявляються у хвойних порід. У листяних дерев порушення проявляються лише при досить високому рівні забруднення повітря.

Постійний вплив промислових газів на рослинність проявляє зміни анатомічної будови листя та хвої рослин і збільшення їх ксерофітизації. У міських екосистемах у організмів рослин листя більш дрібні, більш товсті і мають більш дрібні клітини. У них менша товщина верхнього епідермісу, кутикули, товщина і число шарів полісадної тканини, більше число продихів на поверхні листа [17]. Безпосередньо зміни залежать від концентрацій та їх токсичності, а так само часу їх впливу на організм. Більшість шкідливих речовин «поселяються» в клітинах, головним чином в хлоропластах і вакуолях, тим самим відбуваються зміни в будові фотосинтезуючих клітин. При дуже сильних забрудненнях екосистем у рослин спостерігається мінімальний набір клітин асиміляційної паренхіми, обсяг і кількість хлоропластів. У листових пластинок рослин під дією газів відзначається спочатку активація, а потім пригнічення дихання. Пігментоутворення з'являється під впливом малих доз токсичних речовин, а ось вже високі концентрації призводять до руйнування або зниження синтезу хлорофілу. Дослідження хлорофілу *a* і каротиноїдів виявили, що вони найбільш чутливі

до викидів, ніж хлорофіл *b*. Для цього використовувався пігментний склад фотосинтезуючих рослин, і встановлювалася їх стійкість і рівень їх ураження [18].

Індикаторні ознаки рослин класифікуються як флористичні, фізіологічні, морфологічні, фітоценотичні.

Флористичні ознаки – відмінності складу рослинності вивчених ділянок, що сформувалися в результаті визначених екологічних умов. Індикаторне значення має присутність чи відсутність виду на території.

До фізіологічних ознак відносяться особливості обміну речовин рослин.

Анатомо-морфологічні ознаки характеризують особливості внутрішньої та зовнішньої побудови, різного роду аномалій розвитку та новоутворень.

Феноценотичні ознаки – особливості структури рослинного покриву: велика кількість та розсіяність видів, ярусність, поясність.

З метою біоіндикації використовують різні аномалії росту та розвитку рослин – відхилення від нормальних закономірностей, загальмованість зросту (карликовість чи гігантизм); деформація пагону, листя, кореневищ, квітів, плодів; з утворенням новоутворень.

Для біоіндикації представляють інтерес наступні деформації рослин:

- фасціація – лентоподібне сплющення і зрощення пагонів, коренів і квітконосів;
- махровість квіток, в яких тичинки перетворюються в пелюстки;
- проліферація - проростання квіток і суцвіть;
- асцидія – воронкоподібні, чашоподібні і трубчасті листя у рослин з пластинчастими листям;
- редукція – зворотний розвиток органів рослин, виродження;
- ниткоподібні – нитчаста форма листової пластинки;
- філлодій тичинок – перетворення їх в плоске листоподібне утворення

[9].

Симбіоз поширений в навколишньому середовищі, а симбіотичні асоціації відіграють ключову роль в підтримці нормального функціонування наземних, прісноводних і морських екосистем. Симбіоз грибів і азотфіксуючих бактерій з вищими рослинами і водоростей з грибами забезпечив процвітання цих асоціацій в наземному середовищі.

Лишайники, симбіотична асоціація водоростей і грибів, дуже чутливі до якості середовища і використовуються як традиційні біомаркери стану атмосферного повітря. Все більше визнається роль симбіотичних мікроорганізмів в трофіці практично всіх видів організмів. Прямо чи опосередковано, регулюючи чисельність своїх господарів, симбіонти істотно впливають на динаміку чисельності та структуру популяції. Біорізноманіття симбіонтів (паразитів, коменсалів, мутуалістів), як правило, значно перевищує різноманітність їх господарів [2].

Крім уточнення оцінки біорізноманіття за кількістю видів, облік симбіонтів дозволяє отримувати достовірну інформацію про якість середовища, так як ступінь інтенсивності інвазії (відносна кількість господарів, які мають симбіонтів) і екстенсивної інвазії (середня кількість симбіонтів на господаря) безпосередньо залежать від умов, в яких знаходиться популяція господарів.

Багато симбіонтів чутливі до змін зовнішнього середовища, зокрема симбіонти водних організмів – до забруднення і опріснення, а симбіонти наземних організмів – до радіонуклідів. При оцінці різноманітності фауни симбіонтів широко використовують статистичні методи. Облік симбіотичних, в тому числі і паразитичних, організмів, а також дослідження стану симбіотичних асоціацій дозволяють більш точно оцінити біорізноманіття та характер динамічних процесів в екосистемах і може бути рекомендований як важливий елемент екодіагностичних досліджень.

Найбільш чутливими біоіндикаторами на зміни навколишнього середовища є мікроорганізми. Оскільки мікроорганізми здатні руйнувати

з'єднання природного і антропогенного походжень, то їх розвиток і активність знаходяться в прямому зв'язку зі складом органічних і неорганічних речовин в середовищі. Принципи біоіндикації із застосуванням мікроорганізмів засновані на природному властивості засвоєння і деструкції речовин для чого необхідно мати відомості про склад, кількості і функціональної активності останніх [3].

Хребетні тварини характеризуються якісними індикаторними властивостями для оцінки стану середовища тому, що:

1. Організми-консументами та знаходяться на різних трофічних рівнях біоценозів, маючи здатність акумулювати полютанти через харчові ланцюги;
2. Активний метаболізм сприяє швидкому прояву впливу негативних факторів середовища на організм;
3. Диференційовані тканини і органи здатні акумулювати токсичні речовини в різній кількості, фізіологічний відгук на їх наявність дозволяє виявити їх на рівні тканин, органів і функцій;
4. Прояви поведінкових реакції до антропогенних змін, складні пристосування тварин до умов середовища дають можливість безпосередньо спостерігати і аналізувати швидкі відгуки на який чиниться вплив;
5. Життєвий цикл розвитку і численне потомство тварин дає можливість для проведення ряду тривалих спостережень, для простеження впливу фактору на наступні покоління з акцентом на особливо вразливі етапи онтогенезу.

Використання хребетних тварин в якості біоіндиктаорів можливо через їх близькість. Основні труднощі пов'язані зі складністю їх виявлення в природі, затримання, визначення виду, а також з тривалістю морфо-анатомічних спостережень.

Оцінка і прогнозування стану НПС з залученням хребетних тварин проводяться на всіх рівнях їх організації:

- порівняльний аналіз на рівні організму – за допомогою його оцінюються зміни морфо-анатомічних, поведінкових і фізіолого-біохімічних показників;

- особливості зовнішньої і внутрішньої будови тварин і їх зміна під впливом певних факторів (депігментація, зміна покривів, структури тканин і розташування органів, виникнення каліцтв, пухлин та інших патологічних проявів) оцінюється по морфо-анатомічних показниками;

- поведінкові і фізіолого-біохімічні показники найбільше відображають зміни в якості навколишнього середовища і є найбільш чутливими до антропогенних змін.

Токсиканти, проникаючи в кістки або кров хребетних тварин, відразу ж впливають на функції, що забезпечують життєдіяльність

- порушення ритму дихання, серцевих скорочень, швидкості травлення, ритміці виділень, тривалості циклів розмноження.

Результати досліджень повинні мати репрезентативний вигляд. Для цього в різних районах набір видів-індикаторів повинен бути невеликий і однаковий. Для цього визначені деякі критерії придатності тварин для біоіндикації: приналежність до різних ланок трофічних ланцюгів – рослиноїдних, комахоїдних, хижих ссавців; осілість або відсутність великих міграцій; широкий ареал, висока чисельність, простота і доступність до місць знаходження [9, 10].

1.3. Світова та національна практика біомоніторингу

Застосування методів біомоніторингу для визначення стану навколишнього середовища та оцінки якості активно розпочалося в ХХ ст. До цього моменту було накопичено дані, що можуть довести чутливість

організмів та визначення рівня флюктууючої асиметрії до різноманітних походжень антропогенних впливів. Найперші відомості щодо чутливості флюктууючої асиметрії до хімічних забруднень антропогенного походження отримано Валентайном із співавторами. Проводився аналіз трьох видів риб (*Paralabrax nedulifer*, *Leuresthes tenuis*, *Amphistichus Argenteus*) різного родинного походження, мешкаючих вздовж Каліфорнійського узбережжя. Вибірки було взято для тимчасового та просторового аналізу. Було виявлено, що в районі промислового антропогенного навантаження спостерігається збільшення рівня флюктууючої асиметрії. Район характеризується підвищеним рівнем забруднення токсичними речовинами (південні береги Каліфорнії). Більша асиметрія спостерігалася у молодих особин, більш старші мали менший вплив забруднюючих речовин, за даними динаміки забруднень – результати тимчасового аналізу. Автор вважає, що дані тимчасового аналізу можливо розглянути в подальшому для експериментальних досліджень, аби продемонструвати/відслідкувати чітку залежність від зростання рівня флюктууючої асиметрії у риб при підвищенні концентрації ДДТ.

При порівнянні вибірки великоротого американського чорного окуня (*Micropterus salmoides*) в різних водоймах Південної Кароліни отримали результат, що максимальне зростання значень асиметрії характеризували вибірки риб з водойм, що мають вищий рівень забруднень ртуттю. Проведено аналізу трьохгілкової Колюшкі (*Gasterosteus aculeatus*) – порівняння величини асиметрії числа бічних пластин двох річок в Латвії, що протікають недалеко одна від одної і являють водойми одного типу, але в одну з них відбувається стік вод целюлозно-паперового комбінату. Отримані результати дослідження свідчать про багаторазове зростання асиметрії в забрудненому водоймищі [6].

Дослідження іншої роботи полягає в проведенні порівняння вибірок однієї популяції до і після початку інтенсивного антропогенного впливу на прикладі сірого тюленя (*Halichoerus grypus*) Балтійського моря. Було досліджено колекційні черепи до 1940 року і після 1960 року. За даними

шведських дослідників, інтенсивне забруднення Балтійського моря біля узбережжя Швеції почалося в 50-60-х роках, що призвело до різкого зростання рівня таких поллютантів, як ДДТ і ПХБ в тілі балтійських тюленів після 1955 р. За отриманими даними і величина дисперсії асиметрії і відсоток асиметрично виражених неметричних ознак, середнє число асиметричних ознак істотно вище в другій вибірці [6].

Пізніше в лабораторних умовах проведено оцінку впливу поліхлорбіфенілів на американських норок *Mustela vison* [19]. Якщо в контрольній пробі стабільність розвитку у мертвонароджених норок була істотно нижче (висока асиметрія), ніж у живонароджених, то в досвіді при інтоксикації, і ті і інші мали подібний рівень порушень розвитку. Таким чином, порушення стабільності розвитку має місце при погіршенні стану організму в силу різних причин, але не є причиною його загибелі. Однак, ймовірно успіх планованого дослідження може залежати від виду-біоіндикаторів, адекватно відображає на дисплеї вид впливу. Так у двох видів гризунів із забрудненого нафто-відходи району Техасу, рівень флуктуючої асиметрії морфометричних показників не відрізнявся значимо від контролю [20].

Вивчено роботи, що присвячено вивченню радіоактивного забруднення. Наприклад, проводилося вивчення флуктуючої асиметрії восьми краніометричних ознак у східноєвропейських полівок з двох місцевостей, що розташовані в зоні впливу Тоцького радіоактивного сліду, і проба контрольної популяції. Середньопопуляційні узагальнені показники результати, яких були вищі в імпактних популяціях, ніж у контрольній пробі. Порушення онтогенетичного гомеостазу у полівок із зони радіоактивного сліду є результатом забруднення радіонуклідами (зокрема плутонієм), що призвело до опромінення багатьох поколінь полівок протягом більш ніж 40 років. Отримані результати свідчать про нові можливості для використання флуктуючої асиметрії вимірних ознак ссавців в якості індикатора антропогенного впливу [20]. У низці робіт проводилася спроба визначення

комплексного антропогенного навантаження без виділення провідного фактору [22]. Наприклад, порівняння вибірок будинкового горобця (*Passer domesticus*), зібраних в двох точках: центральна садиба Воронежського заповідника і в Комінтернівському районі міста Воронежа (близькість великих підприємств, магістраль з інтенсивним рухом автотранспорту). В результаті, показник флуктуючої асиметрії в другій вибірці виявився значно вище в порівнянні з заповідником на достовірному рівні [23].

Національна практика біомоніторингу має не таке сильне поширення, у порівнянні з сусідніми державами. В роботах українських студентів проводилися оцінка рівні асиметрії популяції ондатри в Запорізькому регіоні. В результаті досліджень асиметрія краніологічних ознак ондатри проявляється по всім досліджуваним ознаками. За більшістю ознак ФА коливається в межах 60-80% від загальної кількості особин у самців і 70-90% у самок. Як у самців, так і у самок ондатри району досліджень переважає лівостороння асиметрія.

Багато робіт присвячено вивченню ліхеоіндексації (оцінка якості навколишнього середовища за допомогою лишайників) на території України, зокрема у містах Київ, Рівне, Івано-Франківськ, Херсон, Чернігів та інші. У роботі [24] досліджено якість атмосферного повітря Львова, в результаті було виявлено, що ступінь забруднення міста залишається стійким протягом 20 років.

Найбільш поширеними є дослідження з використанням флуктуючої асиметрії деревних рослин. Так, вивчення показників флуктуючої асиметрії якості довкілля проводилися з використанням порід дерев берези повислої (*Betula pendula*), клена гостролистного (*Acer platanoides L.*), липи дрібнолистої (*Tilia cordata*), порід хвойних дерев.

В роботі [25] визначено сутність використання комах у якості біоіндикаторів. У літературі накопичено значну кількість даних про зміни параметрів популяцій комах в антропогенно трансформованих екосистемах.

Ці дані необхідні для використання комах як об'єктів біоіндикації. Комахи є універсальними групами тварин для досліджень з використанням біомоніторингу. Вони відрізняються значною видовою та екологічною різноманітністю, різною стійкістю до антропогенних навантажень та різними характерними реакціями на забруднення. Дана методика оцінки реакцій видів-індикаторів на антропогенні фактори, заснована з розрахунком індексу угруповань модельної групи комах і кількості досліджуваних видів, що дозволяє раціональним шляхом визначити реакцію всіх видів модельної групи на антропогенний вплив. Ступінь антропогенного навантаження на навколишнє середовище можна визначити за даними показниками: видовий склад і стадіальний розподіл комах; динаміка, структура та спектри домінування видів; характер вертикального розподілу популяцій ґрунтових комах у профілі ґрунтів; характер анатомо-морфологічних, біохімічних, фізіологічних, імунологічних, цитогенетичних, біоритмологічних і поведінкових відхилень під впливом антропогенних стресорів; визначення концентрації хімічних забруднювачів і радіонуклідів у тілі комах тощо.

Про використання виду *Pelophylax ridibundus* в якості біоіндикатора описано в роботі м. Запоріжжя [26]. Встановлена наявність суттєвих відмінностей особин за дослідженими морфометричними та морфофізіологічними характеристиками популяцій *P. ridibundus* з різним ступенем впливу на середовище їх існування, що встановлює можливість застосування цього виду для здійснення біоіндикаційних досліджень. Досліджені показники асиметрії для одних і тих же популяцій надають різну оцінку стану довкілля: від умовної норми до критичного стану, через що їх використання є обмеженим. Морфометричні параметри амфібій досліджених популяцій виявилися достовірно відмінними. При цьому, вони залежать від віку тварин і не завжди можуть свідчити про стан довкілля. Морфофізіологічні показники внутрішніх органів показують, що в урбанізованих умовах

відбувається активізація компенсаторних механізмів, спрямованих на підтримання гомеостазу організму.

В роботі [27] наведено приклад використання моллюсків для біоіндикації з використанням технічного обладнання. Розроблені технічні засоби реєстрації вимірюваних даних, алгоритми їх обробки, що дозволяють в оперативному режимі проводити комплексну оцінку ряду параметрів водного середовища за допомогою поведінкової реакції моллюсків.

Аналізуючи роботи [28, 29, 30] зроблено висновок, що біоіндикація є універсальним методом для оцінки якості середовища, та дозволяє правильно встановити рівень антропогенного забруднення та навантаження на навколишнє середовище.

Висновки до розділу 1

Біологічний моніторинг – це система багатofакторного аналізу, що враховує вплив найбільш типових антропогенних впливів, а також змін природних факторів середовища, рівень яких змінюється внаслідок антропогенного впливу. Біологічний моніторинг включає методи біоіндикації і біотестування.

Моніторинг навколишнього середовища методами біоіндикації та біотестування і характеризує стан навколишнього середовища. Біоіндикація використовується для якісної і кількісної оцінки (визначення ступеня забруднення) антропогенного і природного впливу на навколишнє середовище. При цьому виявлено, що методи біоіндикації фіксують швидкості змін, що відбуваються, розкриваються тенденції, вказуються шляхи надходження і місця скупчень в екосистемах різного роду забруднень і отруйних речовин.

Розглянуто методи біотестування, що визначають можливі шляхи впливу токсикантів на живі організми, а також ступінь шкідливості будь-яких синтезованих речовин для живої природи і людини.

Встановлено, що організмами-біоіндикаторами є різні таксономічні групи організмів, ступінь вивчення яких є досить широким, а використання для оцінки стану навколишнього середовища дуже поширеним.

Кінцева мета досліджень методами біоіндикації та біотестування – встановити рівень антропогенного впливу на компоненти навколишнього середовища.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Загальна характеристика досліджуваних територій

Район проведення досліджень охоплює промислове місто Маріуполь та райони без промислового навантаження смт. Безлюдівка Харківської області та місто Путивль Сумської області.

Маріуполь — це торговельне, туристичне, промислове місто біля моря. Сьогодні Маріуполь — форпост України, місто фактично стало центром Донецької області. Місто є одним із найпривабливіших в Україні місць для інвестування, з високим промисловим і науковим потенціалом, розвиненою транспортною інфраструктурою, великою мережею фінансових установ і сприятливим підприємницьким кліматом. Промисловість міста багатогалузева з переважанням важкої індустрії. Маріуполь є центром металургії України, найважливішим для економіки регіону, одним з основних донорів, джерелом валютних надходжень до бюджету країни, найбільшим морським торговельним портом [31].

За фізико-географічним районуванням місто розташоване на півдні Донецької області на березі Азовського моря та гирлі р. Кальміус. Зелені масиви займають 80,6 км². Ландшафт переважно рівнинний. За ґрунтово-кліматичним районуванням належить до степу. Ґрунти на території міста — солонцюваті чорноземи. Зсуви ґрунтів є частим явищем, через наявність підземних вод. Клімат зони помірно континентальний і характеризується спекотним літом, малосніжною зимою з відлигами. В літній період рівень зволоження низький, випаровування переважає над кількістю опадів: гідротермічний коефіцієнт в середньому, складає 0,8-0,9. Середньорічна кількість опадів складає 422-541,2 мм, максимум опадів припадає на червень

(84 мм), які випадають у вигляді злив, мінімум – на лютий – березень (30,2-46,2 мм). За багаторічними даними в період з 2013 р. по 2019 р. середньорічна температура повітря складає 8,1-11,1°C. Найжаркіший місяць – липень (21,0-25,6°C), найхолодніший – січень (-6,2°C).

Результати проведених досліджень показують, що погодні умови вегетаційного періоду за 2013-2019 рр. були наступними.

Показники	Місяць											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Температура повітря, °C												
Кліматична норма	-5,8	-5,4	1,5	8,9	15,6	19,3	21,2	20,5	14,9	7,9	1,7	-2,6
2013 рік	-1,5	-0,4	1,2	11,5	20,5	21,8	21,8	22,4	12,9	7,7	5,2	-2,2
2014 рік	-5,3	-2,0	5,1	9,7	18,9	18,6	22,7	22,5	15,5	10,3	1,2	-2,1
2015 рік	-3,1	-1,2	3,5	8,8	15,9	20,9	25,6	21,9	19,9	6,0	3,2	-0,1
2016 рік	-6,0	-4,7	0,5	9,4	15,8	19,3	20,9	20,0	14,8	7,8	2,1	-2,6
2017 рік	-5,9	2,2	4,2	12,3	17,6	20,9	23,1	22,3	19,9	6,0	4,5	-0,1
2018 рік	-6,2	-4,8	1,2	10,6	18,1	22,5	25,6	28,6	21,7	8,5	3,2	4,5
2019 рік	-4,5	-1,5	2,5	10,2	17,5	20,2	23,0	20,0	18,0	7,5	3,5	1,3
Середнє	-4,67	-1,82	2,62	10,38	17,8	20,67	23,28	22,95	17,45	7,72	3,23	-0,43
Кількість опадів, мм												
Кліматична норма	47	39	35	39	56	56	51	47	31	40	45	56
2013 рік	90,9	15,7	68,9	9,6	27,3	100,0	17,6	16,0	82,2	79,8	6,7	19,5
2014 рік	51,2	7,3	24,3	32,8	77,8	141,5	12,6	45,9	59,3	11,0	35,5	69,7
2015 рік	59,6	47,6	32,3	93,3	34,7	58,6	35,7	39,6	22,8	9,5	69,4	34,6
2016 рік	74,9	34,6	60,7	47,9	75,6	116,9	12,4	44,2	22,0	9,5	33,4	34,6
2017 рік	47,1	37,5	35,0	43,0	41,2	66,1	56,4	39,1	39,4	29,3	46,0	55,2
2018 рік	65,9	38,6	55,7	27,5	21,1	25,6	57,6	38,4	28,6	21,5	34,2	33,5
2019 рік	64,9	30,1	46,2	42,2	46,1	84,8	31,9	36,9	42,0	26,5	37,3	41,0
Середнє	64,93	30,21	46,15	42,35	46,3	84,78	32,05	37,2	42,38	26,76	37,5	41,18

Рис. 2.1 Показники гідротермічних умов, Донецької ДСДС за період 2013-2019рр.

Місто Маріуполь — велике промислове місто, з території якого здійснюється емісія великої кількості CO₂, який виробляється не тільки промисловістю, але також автомобілями і самим населенням, та завжди опинялося на перших місцях рейтингів найзабрудненіших міст України. У місті розвинені чорна металургія, машинобудування, є морський порт, розвинутий автомобільний транспорт.

Найбільша екологічна проблема Маріуполя це забруднення атмосферного повітря викидами промислових підприємств. У Маріуполі діє ряд підприємств металургійного комплексу, які є основними забруднювачами атмосферного повітря, підприємства групи «Метінвест» – ПАТ «Маріупольський металургійний комбінат ім. Ілліча», ПАТ «Металургійний

комбінат «Азовсталь», коксохімічне виробництво ПАТ «Металургійний комбінат «Азовсталь».

Нераціональне використання природних ресурсів, відсутність точних прогнозів і наслідки зміни елементів екосистеми Азовського моря призвели до значних трансформацій у його природному балансі. Важливою причиною скорочення біоресурсів та їхніх запасів у Азовському морі є зростаюче забруднення річок, що в нього впадають. Однією з основних причин забруднення поверхневих водних об'єктів Маріуполя є надходження промислових стічних вод, які становлять реальну небезпеку для навколишнього середовища. Стічні води містять важкі метали, нафтопродукти, органічні сполуки, які мають властивості токсикантів кумулятивного та адитивного характеру, можуть мати мутагенну та канцерогенну дію на живі організми [32].

Значним джерелом забруднення є полігон твердих побутових відходів на березі річки Кальміус. Його стоки містять органічні та неорганічні речовини у високій концентрації, найбільшим є перевищення ГДК за залізом, фтором, і роданідом та ароматичними вуглеводнями.

В результаті дії антропогенних факторів основними екологічними проблемами м. Маріуполь є:

1. Високий рівень забруднення повітряного басейну викидами шкідливих речовин.
2. Забруднення вздовж залізничної колії та автодоріг.
3. Забруднена акваторія Азовського моря, р. Кальміус.
4. Незаконні сміттєзвалища, швидке зростання території полігону ТПВ, відсутність системи переробки [31].

Повітря міста забруднене пилом, частинками важких металів, золою, димом, вихлопними газами. Основним джерелом забруднення атмосферного повітря є викиди промислових підприємств. Кількість автомобільного транспорту в межах міста невпинно зростає. Оцінку стану забруднень довкілля

в межах міста здійснюють органи міського врядування. Екологічний моніторинг проводять: машина-лабораторія «Атмосфера», Маріупольська гідрометеорологічна обсерваторія, Автоматизована система моніторингу довкілля в Донецькій області. Автоматизована система екологічного моніторингу включає в себе 6 підсистем: моніторинг атмосферного повітря, поверхневих вод, морської води, ґрунтів, підземних вод, зелених насаджень.

Моніторинг у галузі охорони атмосферного повітря проводиться з метою отримання, збирання, оброблення, збереження, аналізу інформації про викиди забруднюючих речовин та рівень забруднення атмосферного повітря, оцінки, прогнозування його змін і ступеня небезпечності та своєчасного оперативного реагування у разі виникнення надзвичайних ситуацій. На даний час моніторинг стану атмосферного повітря здійснюється з урахуванням вимог Директиви 2008/50/ЄС Європейського Парламенту та Ради від 21 травня 2008 року про якість атмосферного повітря та чистіше повітря для Європи.

Опорні пости спостереження за станом атмосферного повітря знаходяться за адресами ОАПС-02. м. Маріуполь, пр. Металургів, 112, ОАПС-03. м. Маріуполь, пр.Перемоги, 21 [33].

Індекс забруднення атмосферного повітря м. Маріуполь у 2019 році відноситься до дуже високого рівня забруднення. Середні концентрації по місту за рік, що перевищували ГДКс.д.: формальдегід – 6,9 ГДКс.д.; фенол – 1,8 ГДКс.д.; діоксид азоту – 1,5 ГДКс.д.; пил – 1,1 ГДКс.д.

Таблиця 2.1.

Динаміка індексу забруднення повітря у м. Маріуполі за 2014-2019 роки

Рік	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Індекс	10,7	9,6	8,6	15,5	16,18	17,35

Аналіз динаміки середнього рівня забруднення повітря за 2015-2019 роки показує негативну тенденцію зростання рівня забруднення в місті за

всіма показниками: оксид вуглецю, сірководень, аміак, манган, залізо, мідь та цинк. З пилу, діоксиду сірки, діоксиду азоту, фенолу, формальдегіду, свинцю та кадмію [34].

Таблиця 2.2.

Зміни середнього рівня забруднення атмосферного повітря
за 2015 –2019 роки по місту Маріуполю

Домішки	Характеристика	Роки					Тенденція
		2015	2016	2017	2018	2019	
Пил	q _{ср.}	0,1	0,1	0,146	0,1622	0,1595	+0,018
	N	2144	2690	2751	2753	2730	
Діоксид сірки	q _{ср.}	0,012	0,010	0,0127	0,0137	0,0153	-0,0104
	N	2831	3101	3030	3013	3011	
Оксид вуглецю	q _{ср.}	1	1	2,1598	1,1272	0,8845	-0,0104
	N	2578	2826	2791	2768	2762	
Діоксид азоту	q _{ср.}	0,04	0,04	0,0504	0,0654	0,061	+0,006
	N	2831	3104	3030	3013	3011	
Сірководень	q _{ср.}	0,002	0,002	0,0022	0,0014	0,0014	-0,0002
	N	3011	3226	3150	3096	3226	
Фенол	q _{ср.}	0,003	0,003	0,0043	0,0059	0,0055	+0,001
	N	1548	1654	1592	1622	1624	
Аміак	q _{ср.}	0,02	0,01	0,0087	0,0096	0,0098	-0,0021
	N	1038	1120	1097	1133	1042	
Формальдегід	q _{ср.}	0,013	0,012	0,0188	0,0176	0,0206	+0,002
	N	2211	2796	2688	2744	3201	
Свинець	q _{ср.}	0,040	0,01	0,03	0,03	0,05	+0,004
	N	24	36	6	36	35	

Таким чином, спостерігається позитивна динаміка постійного зросту ІЗА. Маріуполь продовжує очолювати рейтинг найзабрудненіших міст України. Екологічний стан оцінюється як дуже напружений та спостерігається високий рівень забруднень, що призводить до погіршення та зміни фізичних,

санітарно-гігієнічних, естетичних показників, зниження якості міського середовища.

Для з'ясування чи є взаємозв'язок між викидами забруднюючих речовин та величиною показника ІЗА на базі статистичних даних за період 2014-2019 рр. був проведений кореляційний аналіз за допомогою Microsoft Excel. Коефіцієнт кореляції покаже ступінь взаємозв'язку між цими показниками.

Дані для кореляційного аналізу наведені у Таблиці 2.3.

Таблиця 2.3.

Викиди забруднюючих речовин та показник ІЗА в Маріуполі

Рік	Динаміка викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення, тис. т	Величина ІЗА
2014	289,4	10,7
2015	249,6	9,6
2016	257,3	8,6
2017	288,2	15,5
2018	316,6	16,18

На основі даних, розраховано коефіцієнт кореляції, який дорівнює 0,90.

Коефіцієнт кореляції може набувати значення від -1 до +1. Визначення тісноти зв'язку проводиться за шкалою Чеддока.

Згідно шкали зв'язок між показниками викидів забруднюючих речовин та показником ІЗА, є прямим дуже сильним зв'язком. Прямий дуже сильний зв'язок показує, що один фактор (показник ІЗА) змінюється в тому ж напрямку, в якому змінюється інший фактор (обсяг викидів).

Крім відображення щільності зв'язку, коефіцієнт кореляції відіграє ще одну важливу роль – через коефіцієнт детермінації (D), який характеризує розмір впливу факторів на результативну ознаку:

$$D = r^2 \quad (2.1)$$

де: D – коефіцієнт детермінації;

r – коефіцієнт кореляції.

За отриманим коефіцієнтом кореляції, коефіцієнт детермінації складає 0,81 та показує, що величина показника ІЗА на 81% залежить від кількості викидів. При зменшенні обсягу викидів суттєво знизиться показник ІЗА.

На рисунку 2.2. наглядно представлено характер зв'язку (чим щільніше розташовані точки – тим тісніше зв'язок), його напрямок – вгору – позитивний.

Коефіцієнт регресії дорівнює 0,80, що можна описати (апроксимувати) таким чином: показник ІЗА на 80% залежать від обсягів викидів (Y рівнянні Y – залежна величина – величина ІЗА, X – визначальний фактор – обсяг викидів). При збільшенні обсягів викидів X , величина ІЗА буде збільшуватися на 0,107.

$$Y = -17,95 + 0,107X$$

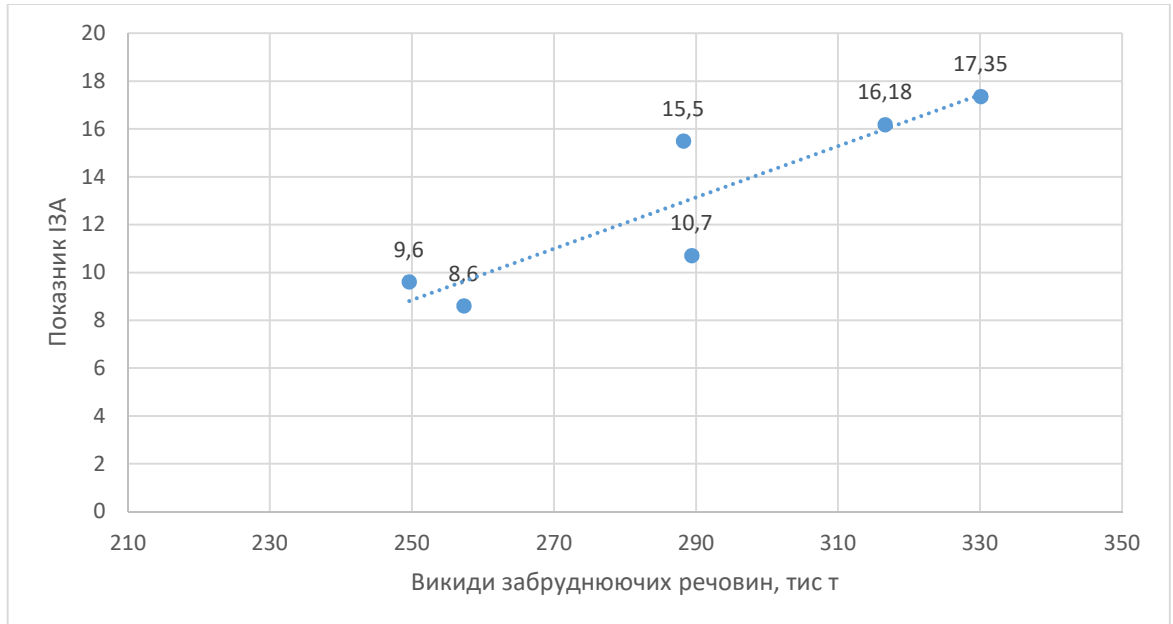


Рис. 2.2. Величина ІЗА та викиди забруднюючих речовин

Аналіз скиду зворотних вод показує, що найбільший об'єм скиду зворотних вод здійснюється до Азовського моря – 69 % від загального скиду по басейну (490,6 млн м³) та водних об'єктів басейну р. Кальміус – 29 %

(170,9 млн м³), з яких безпосередньо до р. Кальміус скидається 115,3 млн м³ (67 % від скиду до басейну р. Кальміус). 95 % скиду забруднених зворотних вод від загального скиду по басейну здійснюються комунальними підприємствами КП «Компанія «Вода Донбасу».

Таблиця 2.4.

Оцінка якості поверхневих вод за гідрохімічними показниками

Місце спостереження за якістю води	Показники складу та властивостей											
	Завислі речовини	БСК	мініралізація	сульфати	хлориди	амоній сольовий	Нітрати	нафтопродукти	ХСК	Розчинений кисень	фосфати	нітри
р. Кальміус, 1 км, м. Маріуполь, гирло	21,9	4,3	2221	758,7	324,3	1,18	18,1	0,12	24,1	8,5	1,55	0,44
р. Кальчик, 18 км, нижній б'єф Старо-Кримського водосховища	21,4	4,4	2226	675,2	426,1	1,06	14,9	0,11	23,1	8,5	1,67	0,32
р. Кальчик, 1 км, м. Маріуполь, гирло	21,3	4,3	2069	738,0	282,9	1,14	17,6	0,12	22,3	8,6	1,36	0,40
ОБВР(1990 р.)	-	2	-	100	300	0,5	40	0,05	-	>6	-	0,08

Стан альгофлори (показник фітопланктон, короткотерміновий моніторинг) цих річок був стабільним. В обох створах міста Маріуполь на річці Кальміус спостерігалось «цвітіння» вод весною та влітку – слабкий ступінь, масово розвивались 55 діатомові та пірофітові водорості. Якість товщі води річок Кальміус та Кальчик протягом року відповідала 3-му класу (помірно забруднені води). Стан донних ценозів (показник макрозообентос, довготерміновий моніторинг) характеризувався як екологічний регрес. Протягом 2019 року в усіх створах річок Кальміус та Кальчик якість

придонних шарів води відповідала 4-му, 5-му та 6-му класам – від забруднених до дуже брудних вод [34].

Таким чином, на основі вивчених даних виконано SWOT-аналіз екологічної ситуації в місті Маріуполь, узагальнені результати якого наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5.

SWOT-аналіз екологічної ситуації в місті Маріуполь

Сильні сторони	Слабкі сторони
Економічний центр Донецької області Потужний промисловий комплекс Ресурсна база розвитку агропромисловості Розвинута транспортна інфраструктура (автотранспорт, морський порт) Значна концентрація науково-дослідного персоналу, кадрового потенціалу Високий рівень активності екологічної громади, стурбованості громадян.	Зосередженість промислових підприємств у центрі міста Неефективне використання природно-ресурсного потенціалу Індекс забруднення атмосферного повітря за 2019 рік 17.35 Пряме скидання промислових вод у річки та акваторію Азовського моря Відсутність роздільного збору, переробки ТПВ та їх накопичення Негативний імідж регіону через політичну ситуацію Високий рівень безробіття Низький рівень інформованості населення (вздовж лінії розмежування) Рівень озеленення міської території складає 40% Рівень захворюваності органів дихання населення складає 25% від загальної кількості Неналежний контроль за охороною довкілля з боку громади

Продовження табл. 2.5

Можливості	Загрози
Завершення військового конфлікту Впровадження використання сонячної енергетики, альтернативних джерел енергії Впровадження енергозберігаючих технологій Розвиток системи екологічного управління Залучення проектів міжнародних організацій, залучення іноземних інвестицій Екологізація промисловості	Ескалація бойових дій Відсутність даних моніторингу довкілля окупованих територій Падіння рівня інвестицій, конкурентоспроможності секторів економіки Погіршення економічної ситуації, скорочення фінансової підтримки з відновлення інфраструктури регіону Несправедливий розподіл коштів екологічного податку між державним та місцевими рівнями Концентрація екологічно небезпечних виробництв у місті Високий рівень захворюваності, алергічних захворювань Нестабільна ситуація з водними ресурсами (питною водою)

Тому сьогодні великого значення набуває питання мінімізації негативного впливу забрудненого середовища та здійснення заходів, направлених на допомогу у відновленні стану довкілля.

Місто Путивль – районний центр у Сумській області України. Розташований на правому березі річки Сейм за 100 кілометрів від обласного міста Суми й за 22 кілометри від залізниці. Населення – 17 тисяч жителів.

Річка в цьому місці звивиста, утворює лимани, стариці (Любка) і заболочені озера. Через місто проходять автомобільні дороги. Місто є історичною пам'яткою. Перша згадка про Путивль датується 1146 роком в Іпатіївському літописі.

Антропогенне навантаження складають такі галузі промисловості:

– птахопідприємство «Натон». Вирощує угорську птицю кросу ХайЛайн коричневий. Однак у перспективі хоче збільшити асортимент

продукції шляхом посадки білої птиці, тому що на ринку попит має як коричневе яйце, так і біле;

- ТОВ «Путивль-хліб»;
- ТОВ «Колос»;
- ППП «Сейм» (завод радіодеталей).

Місто налічує десятки пам'яток архітектури, монастирі та церкви. У місті розташований Державний історико-культурний заповідник, який складається з 44 об'єктів нерухомої культурної спадщини. Об'єкти, що знаходяться власне в місті: краєзнавчий музей, Святодухівський монастир, Церква Миколи Козацького, Городок та інші. Східна і північно-східна частина області розташована на південно-західних схилах Середньоруської височини. Це найбільш підвищена, порізана ярами, балками і долинами рік частина області. Клімат формується під впливом температури повітря, опадів, сонячної радіації, повітряних мас, циркуляції атмосфери, підстилаючої поверхні, рельєфу. Вся територія знаходиться в помірному поясі помірно континентального клімату. Рівнинний характер поверхні території області сприяє вільному просуванню атлантичних, арктичних і континентальних повітряних мас. Середня річна температура повітря у 2019 році становила 8,5–9,5°, що на 2,5-3° вище за річну норму. Найвища температура повітря 33-35° зареєстрована на переважній території області у червні, на півдні - в серпні, найнижча 16-22° морозу – у січні. Річна сума опадів 415-480 мм, що складає 70-75% річної норми [35].

Якість атмосферного повітря м. Путивль не фіксується приборно-вимірними методами. Індекс забруднення атмосферного повітря (ІЗА) по м. Суми становить 5,99. Тому є актуальним визначити рівень забруднення в самому Путивлі та порівняти з промисловим Маріуполем.

Річка Сейм – у створі с. Пески (поблизу кордону з Російською Федерацією) концентрації більшості забруднюючих речовин знаходилися на рівні минулих років та не перевищували норм ГДК. Перевищення норм ГДК

були зафіксовані по БСК5 – 1,0–1,2 ГДК, ХСК – 1,2–2,0 ГДК, залізу загальному – 1,2–1,9 ГДК, марганцю – 7,0–9,0 ГДК, разові перевищення у лютому по амонію сольовому в 2,0 рази та у жовтні по нітратах в 1,2 рази. Кисневий режим річки задовільний, вміст розчиненого кисню у 2019 році знаходився в межах 4,96 – 11,04 мгО₂/дм³. Сольовий склад вод річки Сейм був стабільний. Жорсткість води середня – 5,4–7,0 мг-екв/дм³. За комплексною оцінкою якості води на основі ІЗР річку Сейм можна віднести до 3 класу (помірно забруднена) ІЗВ дорівнює 1,06 [36].

Смт. Безлюдівка – селище міського типу Харківського району Харківської області України. Впритул прилягає до південного кордону міста Харкова. Селище міського типу Безлюдівка знаходиться на лівому березі річки Уда (басейн Сіверського Дінця) і на обох берегах річки Студенок. На півночі примикає до межі міста Харкова, у 3 км на північний захід розташований харківський мікрорайон Жихор, у 4 км на південь розташоване смт Васищеве, в 1 км на південний захід — смт Хорошеве. На заплаві річки Уда між Хорошевим та Безлюдівкою розташоване урочище Крива Лука.

Через смт проходять дві інтенсивні залізничні магістралі та автомобільний шлях R-78 Харків-Зміїв, що складають одну із основних ланок антропогенного навантаження.

Промислові підприємства на території смт:

- ВАТ «Харківське кар'єроуправління»;
- АТ «Моноліт-Інком»;
- ЗАТ «Автобаза "Харківводбуд"» [37].

Індекс забруднення атмосфери міста (ІЗА) в 2019 році дорівнював 4,16, в 2018 році – 4,09 [38]. Рівень ІЗА та його динаміку м. Харків наведено на рис. 2.3.. ІЗА характеризується значним зменшенням з 2016 р. до 2018 р.



Рис. 2.3. ІЗА м. Харків за період 2015-2019 рр.

Таким чином, актуальним є дослідження рівня забруднення смт. Безлюдівка та порівняння з промислово навантаженим м. Маріуполь.

2.2 Біоекологічна характеристика досліджуваних видів

Серед видів, що було досліджено, використовувалися листопадні деревні рослини: липа дрібнолиста або серцеподібна, клен гостролистий, хвоя виду *Pinus sylvestris*. Для дослідження поверхневих вод використано методику біотестування, з використанням «Ростового тесту»

Липа дрібнолиста або серцеподібна (*Tilia cordata* Mill.) Відноситься до відділу покритонасінних, класу дводольних, порядку мальвоцвіті, сімейства мальвових. Липа – листяне дерево до 30м висотою, має овальну крону і стрункий стовбур циліндричної форми. Верхні гілки крони зазвичай направлені вгору, середні йдуть майже горизонтально, нижні звисають вниз. Листя до 6 см, серцеподібні, з відтягнутою верхівкою, гострозубчасті, загострені до вершини, зверху темно-зелені, голі, іноді блискучі, з нижньої сторони – сизі, на черешках до 3 см завдовжки. Квітки маленькі, жовтувато-білі, запашні, двостатеві, правильні, в щиткоподібних суцвіттях з півчастим

листоподібним прицвітником, що приріс до середини черешка суцвіття. Коренева система потужна, глибока, з добре вираженим стрижневим коренем. Вона витримує без пошкоджень мороз до -48 С. Плід – односім'яний горішок без ребер [11].

Ареал поширення липи серцеподібної покриває лісову зону Європи. Поширена по всій території України, окрім крайнього степу, на Поліссі рідше.

Цвітіння йде в липні-серпні і триває 12-17 днів, а вегетація з першої декади травня до середини вересня. Липа тіньовитривалий мезофіт, мікротерм, мезотроф, чутлива до засолення. Має хороші властивості пристосування і стійка до умов зростання в урбоекостемах, що було головним критерієм вибору індикатору. Стійка до впливу шкідників і хвороб, їх наявність говорить про несприятливі умови середовища [16].

Життєва форма липи варіюється в залежності від екологічних умов. Це може бути одноствольне пряме потужне дерево діаметром до 2 м, вік якого становить 300-400 років, а в затінених ділянках і на бідніших ґрунтах вона може приймати чагарникову форму, яка відрізняється своєю здатністю до вегетативного розростання і розмноженню, завдяки утворенню своєрідних багаторічних дерев'яних кореневищ. Липа часто утворює рясну поросль від пня після рубки, і ця здатність зберігається у неї до глибокої старості. Як правило, з роками на пні залишається тільки кілька великих порослевих пагонів, а ще пізніше виникає група "нових" дорослих дерев, які характеризуються зближеними основами стовбурів [16].

Липа дрібнолиста дуже часто використовується в озелененні міст, так як є дуже стійкою до забруднення шкідливими речовинами, атмосферного повітря. Липа – одна з найбільш зручних ґрунтополіпшуючих порід, так як її листові пластинки мають велику кількість кальцію при їх гнитті поліпшуються фізико-хімічні властивості ґрунту і в кінцевому результаті збільшується її родючість.

Опале листові пластинки крім кальцію (3%) містять 1,3% калію, 2% азоту, 0,5-1% сірки. Це сприяє сприятливим умовам для появи підросту інших деревних рослин [11].

Клен гостролистий – він же звичайний (лат. *Acer Platanoides*), відноситься до сімейства Кленові (лат. *Aceraceae*) і роду Клен (лат. *Acer*). Дерево має й інші назви: явір, платоподібний, платолистий. Це листопадне дерево, що має широку, густу і майже кулясту крону, в середньому розмір дорослого дерева досягає 12-30 м, а діаметр крони у клена – близько 15-20 м. Коренева система клена – потужна, складається з центрального стрижневого кореня (довжиною близько 3 м) і розгалуженої мережі горизонтальних коренів. Різні джерела вказують, що тривалість життя рослини становить 150-300 років. Прожити це дерево може довше двохсот років. Гілки – міцні і широкі, відростають вгору під гострим кутом до стовбура, закінчуються верхівковими бруньками. Кора забарвлена в сіро-коричневий колір, у молодих саджанців вона гладка, а з віком покривається глибокими поздовжніми тріщинками. П'ятилопатева листова пластина довжиною до 18 см забарвлена в темно-зелений колір, блискуча, з вивороту світліша. Зверху листя, що сидять на довгому черешку, мають темно-зелене забарвлення, тоді як знизу - більш світлий. Запахні, жовтувато-зелені квіти зібрані в щіткоподібні суцвіття по 15-30 штук. У кожній квіточці є по 5 листочків оцвітини. Сезон цвітіння починається в першій половині травня і передуює появі листя. Клен гостролистий є дводомної культурою. Запилення здійснюється переважно комахами. Квітки правильні одностатеві або двостатеві з подвійною оцвітиною, розміщені в багатоквіткових прямостоячих щіткоподібних голих суцвіттях на коротких квітконосах. Чашечка п'ятироздільна (5-7 мм завдовжки, 3-4 мм завширшки), пелюсток п'ять, вони жовтувато-зелені, трохи вужчі і довші за чашолистки, оберненояйценодібні, тупі, звужені в нігтик. Тичинок 5-12, маточка одна, зав'язь верхня з двома стовпчиками. Плід — блідо-зелена двокрилатка (8-11 см завдовжки), крила її розходяться під тупим

кутом. Плоди клена розвиваються з квіток і мають своєрідну будову. Насіння клена гостролистого – це крилатка, що складається з двох однонасінних плодиків. У кожного з плодиків є своє довге (близько 3,5-5,5 см) крило. Така будова допомагає насінню розлітатися на велику відстань від материнського дерева. Урожай дозріває в вересні, але вперше клен дає насіння в віці 17 років. Крилатка клена складається з двох зрослих між собою крилатих плодиків, які стирчать у протилежні боки. У кожному плодику міститься одне насіння. Крилаті плодики клена опадають з дерева, швидко обертаючись, мов пропелер і плавно опускаються на землю. Швидкість такого приземлення невелика, тому вітер відносить насіння далеко від дерева [39]. Восени листя клена фарбуються в жовтий, коричнево-червоний і бурий відтінки. Ранньою весною клени починають "плакати" (виділяти корисний сік, який тече по гілках і стовбуру дерева): так, сік білуватого кольору виділяється в невеликій кількості в місцях розриву черешка. З кленового соку отримують цукор і сироп.

Сортів клена виведено дуже багато. Один від одного вони відрізняються кольором, розміром і формою листків, габаритами крони, поведінкою в осінню пору. У числі найбільш популярних сортів можна перерахувати наступні.

У Європі та Західній Азії в лісах гостролистий клен зустрічається повсюдно. Найпівденніший ареал – в районі Північного Ірану. На півночі рослина росте в південній Скандинавії, Карелії, Фінляндії. Може рости поодинокі або невеликими групами в складі змішаного або листяного лісу. Поширення клена обмежується температурними показниками: сума максимальної та мінімальної температур в даній місцевості повинна бути вище 5 (морозостійкість до -40°C). Поширений майже по всій Україні. Культивують у парках і захисних насадженнях. Райони заготівель — правобережний і лівобережний Лісостеп. Прикарпаття та Карпати. Крім того, доведено, що це дерево затримує в повітрі шкідливі суспензії важких металів, а також пари бензолу, тим самим покращуючи сучасну несприятливу екологічну обстановку.

Pinus sylvestris – вид хвойного дерева зі специфічним і освіжаючим ароматом. Коренева система пластична, формується в залежності від структури і складу ґрунту. Максимальна висота сосни близько 35-40 м. Зустрічаються екземпляри до 50 м. Рослина однодомна, конусоподібна чи пірамідальна крона та моноподіальні кільчасті гілкування родини соснових. Стовбур прямий, розгалужений, в діаметрі досягає 0.6-1.2 м. Кора коричнева з глибокими тріщинками біля основи, а у верхній частині – тонка і луската світло-коричневого відтінку. Гілки щільно вкриті довгими зеленими голками. Хвоїнки сосни звичайної загострені, щільні, розміщені попарно, в довжину досягають 4-7 см, темно-зелені, зверху випуклі, знизу жолобчасті, загострені, розміщені на вкорочених пагонах по дві, тримаються 3-5 років. Чоловічі шишечки сіро-жовті, рідше червонуваті, яйцеподібні, 3-7 мм завдовжки, зібрані колосовидно при основі молодих видовжених пагонів. Жіночі шишечки червонуваті, одиничні або їх по 2-3, розташовані у верхній частині пагонів; нестиглі шишки зелені, конічні, стиглі — сірувато-бурі, матові, яйцеподібно-видовжені, 3-7 см завдовжки, обвислі; їхні луски дерев'яніючи, лопатеві, з майже ромбічним потовщенням (щитком) і бугорчатим сосочком на його верхівці. Вони розташовуються поодинокі або по 2-3 штуки на гілці. На другий рік дерев'яніють і змінюють світло-зелений на коричневий колір. У плодах дозріває насіння, що зберігає схожість 7 років. Насіння різного забарвлення, подовжені, в довжину досягають 3 мм. Мають легко виділення крило, яке охоплюють насіння з боків. Період вильоту з шишки - березень-червень. Запилюється у травні [17].

Поширення. Азія і Європа є місцем існування сосни. Рослину можна зустріти в Великобританії, Іспанії, країнах СНД, Монголії, Китаї. На бідних і посушливих землях утворює соснові бори, а на родючих землях входить до складу змішаних лісів. Сосна звичайна росте на Поліссі, в північній частині Лісостепу, зрідка на піщаних терасах рік північної частини Степу, де утворює чисті й мішані (переважно з дубом) ліси. Дерево не вимогливе до вологості і

складу ґрунту. Найчастіше росте на супіщаних, дернових та підзолистих землях. Займає несприятливі для інших культур ділянки – болота, піски. Утворює чисті і змішані ліси. Її сусідами може бути береза, ялина, дуб.

Сосна - світлолюбна рослина, підлаштовується під температурні умови середовища зростання. Коренева система в залежності від місця проживання пристосовується до умов. На посушливих ділянках більш розвинений стрижневий корінь, в зонах з помірно-вологим кліматом – розвиваються бічні корені.

Дерево сосна розмножується насіннєвим способом і щепленням. Пересадку саджанців починають з 3-7 років. Цвітіння починається з середини травня – температура в цей час вже висока. У цей період над лісом піднімається хмара «жовтого пилу». За допомогою вітру відбувається запилення, запліднення очікується на наступний рік. Плодоносити починає років з 15-и при одиночній посадці, в лісі - після 40 років. Середня тривалість життя дерева 200-300 років, в окремих випадках доживає до 500 років. Вона помірно зростає, максимальний приріст очікується до 15-20 років

Отже, особливості сосни звичайної: відрізняється хорошою виживанням, пристосовується до різних температурних умов, посухостійка і світлолюбна. Коренева система запобігає ерозії землі, осипання старих ярів і утворення нових обривів. Бруньки сосни містять ефірну олію (до 0,36%), дубильні речовини, гірку речовину пініпін, каротин, аскорбінову кислоту, метильні похідні флавоноїдів. До складу ефірної олії входять α - і β -пінен, карен, терпінеол, лимонен та інші терпеноїди. Хвоя сосни містить смолу (7-12%), каротин, аскорбінову кислоту (до 0,2%), дубильні речовини, до 1% ефірної олії, у складі якої є пінен (до 40%), лимонен (до 40%), борнілацетат (до 10%), борнеол, кадинен та інші терпени. Живиця (терпентин) становить собою розчин смоли (каніфолі) в ефірній олії (скипидарі). Очищений скипидар (*Oleum Terebinthinae rectification*) містить пінен (до 75%), карен, сильвестрен, кадинен, терпінеол та інші терпени, каніфоль — до 95% смоляних кислот

(декетропімарова, абієтинова, сапінова та ін.) і близько 5% смол. У дьогті містяться різні феноли [40]. Коріння сосни оповите чохлами з грибкових ниток, що утворюють мікоризу [41]

Крес-салат (*Lepidium sativum*) — однорічна перехреснозапильна трав'яниста салатна рослина родини капустяних. У культурі вирощують ранній (з видовженими вузькими часточками листка), середньостиглий (з короткими часточками листка) і пізньостиглий (цілолистий) крес-салат. В висоту кущ може досягати від 30 до 60 см. Корінь у росини простий. Листя як і пагони пофарбовано в світло зелений відтінок. Квіти мають різне забарвлення: білі і рожеві. Після рясного цвітіння в червні-липні, з'являються плоди, схожі на стручки. Віддає перевагу рости на сонячних або злегка затінених ділянках. Любить нейтральний або слабокислий ґрунт з високим вмістом поживних речовин, полив помірний. Розмножується насінням [42]. Цей вид трав'янистих рослин відноситься до самих невибагливих щодо умов зростання. Він може прорости навіть на простій паперовій серветці, змоченою водою. Цей факт є визначальним при виборі рослини, в якості тест-об'єкту.

Таким чином, рослини є добрими індикаторами якості довкілля. Листя є найбільш чутливими до дії атмосферних забруднювачів, тому широко використовуються для оцінки ступеню забруднення навколишнього середовища.

2.3 Екологічна оцінка якості довкілля методами біомоніторингу

Антропогенні чинники впливу на довкілля диктують необхідність контролю його стану. З усіх методів оцінки – біоіндикація є найкращим.

Для дерев вегетативним органом є лист. При антропогенному впливі в листі відбуваються морфологічні зміни (прояв асиметрії, зменшення площі листа). Липа гостролиста володіє високими поглинальними властивостями, і є гарним біоіндикатором. При формуванні листової пластини, в процесі

збільшення накопичення токсичних речовин, відбувається гальмування ростових процесів та деформація листа [43]. При формуванні листових пластин на деревах, що були підвержені антропогенному навантаженню, площа листа значно менша, ніж у дерев, що ростуть в сприятливих екологічних умовах.

В нормальних умовах організм реагує на вплив довкілля через складні фізіологічні системи буферних гомеостатичних механізмів. Під дією несприятливих умов ці механізми можуть бути порушені, що призводить до зміни розвитку.

Флуктуюча асиметрія являє собою випадкові незначні відхилення від нормального симетричного стану білатеральних морфологічних структур. Флуктуюча асиметрія дозволяє оцінити нестабільність розвитку організму. Флуктуючою асиметрією називають невеликі ненаправлені відмінності між лівою та правою (R-L) сторонами різних морфологічних структур, та використовують як індикатор стану довкілля, ступеню антропогенного навантаження [44].

Місце відбору проб залежить від мети дослідження. Для фонових моніторингу відбираються декілька модельних площадок в різних зонах досліджуваної території. Для оцінки антропогенного впливу на ділянку території, вибирається площадка, на якій росте декілька дорослих рослин, та ділянки через певну відстань від джерела забруднення.

Відбір матеріалу проводиться після зупинки росту листа (середина червня – липень). При зборі матеріалу необхідно врахувати вік дерева. Для дослідження вибирають дерева, які досягли генеративного вікового стану.

У рослини-біоіндиктатора з однієї точки відбору рівномірно навколо дерева збирають необхідну кількість листя з нижньої частини крони. Розмір листя повинен бути схожим, опосередкованим. Усе листя даної вибірки необхідно скласти в поліетиленовий пакет, покласти етикетку. На етикетці необхідно вказати номер вибірки, місце та дату збору проби.

Зібране листя для нетривалого зберігання необхідно зберігати в холодильнику в пакеті. Для тривалого зберігання треба зафіксувати матеріал в 60% розчині етилового спирту.

Для вимірювання лист треба покласти перед собою внутрішньою стороною ввєрх. У кожного листа вимірюють по п'ять ознак зліва та справа, як показано на рис. 2.4.

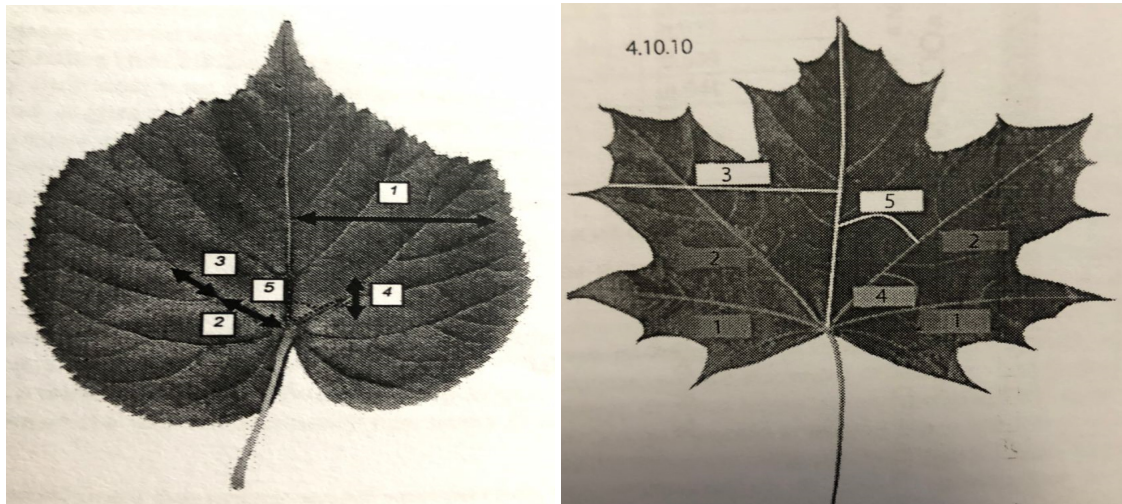


Рис. 2.4. Схема морфологічних ознак, використаних для оцінки стабільності розвитку *Tilia cordata* Mill, *Acer platanoides* L.

Для оцінки листової пластини липи використовували наступні морфометричні параметри:

- 1 – ширина лівої та правої половини листа;
- 2- довжина жилки другого порядку, друга від основи листа;
- 3 – відстань між основою першої та другої жилки другого порядку;
- 4 – відстань між кінцями цих же жилок;
- 5 – кут, між головною жилкою та другою від основи листа жилкою другого порядку.

Для оцінки листової пластини клену використовували такі морфометричні параметри:

- 1 – довжина жилки першого порядку, перша від основи листа;
- 2 – довжина жилки першого порядку, друга від основи листа;
- 3 – ширина половинки листа;

4 – кут між першою та другою жилкою від основи листа;

5 – кут між головною та другою від основи листа жилкою.

Для вимірювання ширини листа його складають навпіл, поєднуючи вершину з основою листової пластини. Потім розгинають лист, та за утвореною складкою вимірюється відстань від границі центральної жилки до краю листа.

Для виконання робіт необхідно:

- лінійка на 10 см з ціною поділки 1мм;
- транспортир з ціною поділки 1 град.;
- циркуль-вимірювач;
- калькулятор.

Ознаки 1-4 оцінюють за допомогою циркуля-вимірювача, кут між жилками (ознака 5) вимірюється транспортиром. Для цього центр основи транспортиру поєднують з точкою відгалуження другої жилки другого порядку від центральної жилки. Ця точка відповідає вершині кута. Результати вимірювань заносяться в таблицю.

Величину асиметрії у рослин розраховують як співвідношення різниці в оцінці зліва та справа до суми цих оцінок. Щоб отримати інтегральний показник стабільності розвитку, спершу розраховують середню відносну величину асиметрії за усіма ознаками для кожного листа, додавши відносні величини асиметрії за кожною ознакою та поділивши суму на число ознак. Згодом розраховують середнє арифметичне за цим показником для всього листа з одної модельної площадки [45].

Спочатку для кожного листа розраховують відносні величини асиметрії за кожною ознакою. Різницю між оцінками ознак зліва та справа ділять на суми цих же ознак. Отримані результати заносять в графи таблиці. Згодом розраховують асиметрію для кожного листа за всіма ознаками. Для цього додають значення відносних величин асиметрії за кожною ознакою та ділять на число ознак.

На останньому етапі розраховується інтегральний показник стабільності розвитку – величина середньої відносної відмінності між сторонами. Для цього розраховують середнє арифметичне всіх величин асиметрії для кожного листа. Значення округляється до третього знаку після коми. Отримані дані оброблялися в програмі Microsoft Excel, використанням формул, що надані в методиці В.М. Захарова. Величина ФА оцінювалася по міжнародній системі морфометричних показників.

П'ятибальна шкала оцінки відхилень від умовної норми по величині інтегрального показника стабільності розвитку для липи гостролистої.

Таблиця 2.6.

Шкала стабільності розвитку листової пластини

Бал	Величина показника стабільності розвитку
I	<0,040 (умовно нормальне)
II	0,040 – 0,044 (початкове відхилення від норми)
III	0,045 – 0,049 (середній рівень відхилення від норми)
IV	0,050 – 0,054 (значне відхилення)
V	>0,054 (критичне значення)

Таким чином, розрахунок показників флуктуючої асиметрії для листової пластини деревних рослин проводиться за відповідними формулами з методики запропонованої В.М. Захаровим, та проводиться порівняння зі шкалою стабільності розвитку для отримання бальної оцінки стану доквілля.

Другий метод оцінювання стану доквілля в дослідженні проводиться за допомогою методу фітоіндикації стану хвойних рослин. Утворення некрозів та хлорозів на хвоїнках свідотствує про антропогенний вплив на стан рослин. Цей метод проводиться візуально, оцінюючи стан хвойного дерева та порівнюючи отриманий результат з відповідною шкалою (рис. 2.5.).

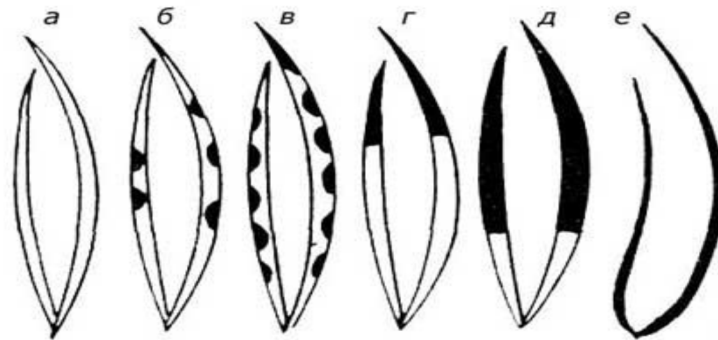


Рис. 2.5. Шкала пошкодження хвої

Класи пошкодження хвої: 1 - хвоя без плям; 2 – невелике число дрібних плям; 3 - велике число жовтих і чорних плям.

Класи всихання хвої: 1 - немає сухих ділянок; 2 – кінчик усох на 2-5 мм; 3 - усохла третину хвоїнки; 4 - усохло більше половини довжини; 5 - вся хвоя жовта і суха (некроз) [46].

Отримані дані заносять у відповідну таблицю.

Методика біотестування «Ростовий тест» оцінює фітотоксичний ефект (ФЕ, %) води за висотою рослин та довжиною коренів, а також за сухою масою паростків *Lepidium Sativum*.

При дослідженні токсичності проб води і водних витяжок методом плаваючих дисків в лабораторні склянки наливають досліджувані проби води чи витяжки в об'ємі 250–500 мл. Насіння індикаторної культури (по 20-25 насінин) пророщують на спеціальних плаваючих кільцях з пінопласту, обтягнутих марлею. На перші кілька діб ємності з досліджуваними зразками накривають склом. Два-три рази на добу скло знімають на 10–15 хвилин для провітрювання. На четверту добу ємності з насінням поміщають на полицю, де по можливості протягом 14-ти годин (з 6–00 до 20–00) підтримується постійне освітлення [47]. Витримують рослини в таких умовах ще 2 тижні, фіксуючи наступні показники:

- час появи сходів і їхню кількість (кожну добу);

- довжину надземної частини проростків та їх приріст (кожну добу);
- загальну кількість пророслих насінин (на кінець експерименту).

Через 2 тижні молоді рослини обережно звільняють із води та трохи підсушують на фільтрувальному папері. Потім проводять виміри довжини кореневої і стеблової системи та визначають масу [48]. Кінцеві результати проростання кореня та наземної частини рослини в лабораторних умовах за температури 20 °C при ясній сонячній погоді 30 насінин *Lepidium Sativum* в трьох пластикових стаканах на плаваючих дисках з використанням поверхневих вод р. Сейм, Кальміус та дистильованої води.

Висновки до розділу 2

Флуктуюча асиметрія являє собою випадкові незначні відхилення від нормального симетричного стану білатеральних морфологічних структур. Використання біоіндикації за показниками флуктуючої асиметрії в системі екомоніторингу дозволяє перейти від використання певних чутливих видів, виявити які в антропогенно трансформованому середовищі є проблематичним, до використання в якості індикаторів фонових видів, які є в достатній кількості.

До того ж, порівняння ступеню та характеру асиметрії теоретично можливе для будь-якого виду. Таким чином, флуктуючу асиметрію можна вважати своєрідним універсальним «екологічним термометром» на морфологічному рівні, що дає змогу вимірювати оптимальність умов середовища для різних видів за єдиною методологічною схемою.

РОЗДІЛ 3

СТАБІЛЬНІСТЬ РОЗВИТКУ ВИДІВ ЗА УМОВ ТЕХНОГЕННОГО ПРЕСИНГУ

3.1 Квантифікаційна оцінка симетричних морфологічних параметрів видів

Оцінку параметрів якості навколишнього середовища проведено за допомогою організмів-біоіндикаторів, зокрема методом промірів листової пластини дослідного виду. Дослідження флуктуючої асиметрії листової пластини проводилося з використанням польових методів: на вимірюваних точках відбиралося листя виду *Tilia cordata Mill* та *Acer platanoides L.*

Вимірювальними точками для дослідження обрано:

м.Маріуполь

1. Парк Лепорського (безпосередня приближеність до джерела викидів);
2. Приморський парк;
3. Парк Петровського;
4. с. Виноградне.

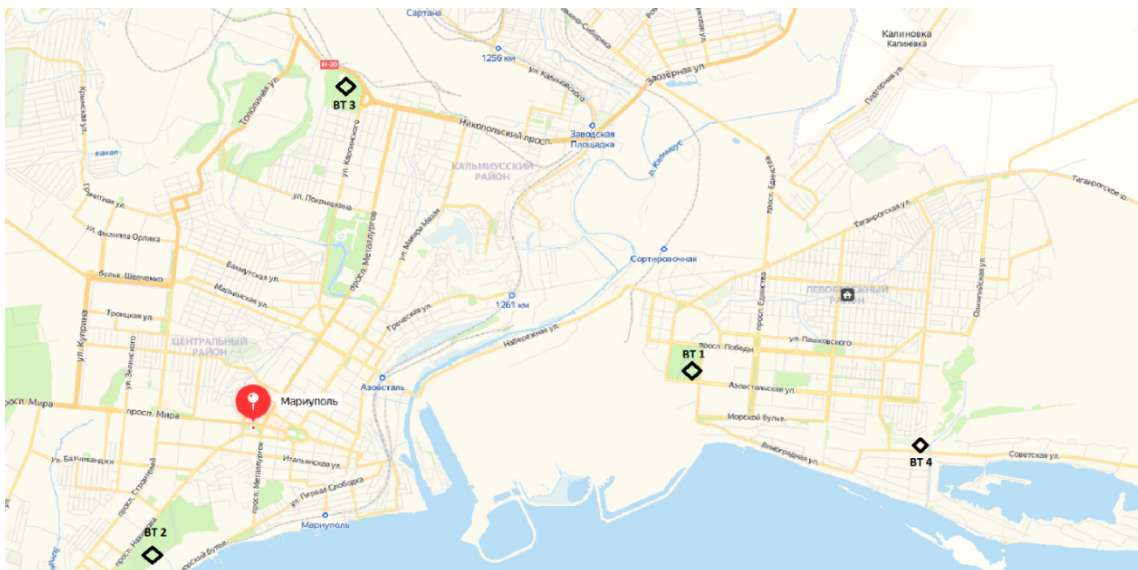


Рис. 3.1. Вимірювальні точки

м. Путивль

1. Завод Сейм (головна вулиця міста);
2. Міський парк;
3. Зелені насадження біля р. Сейм;
4. Садибина біля монастиря.

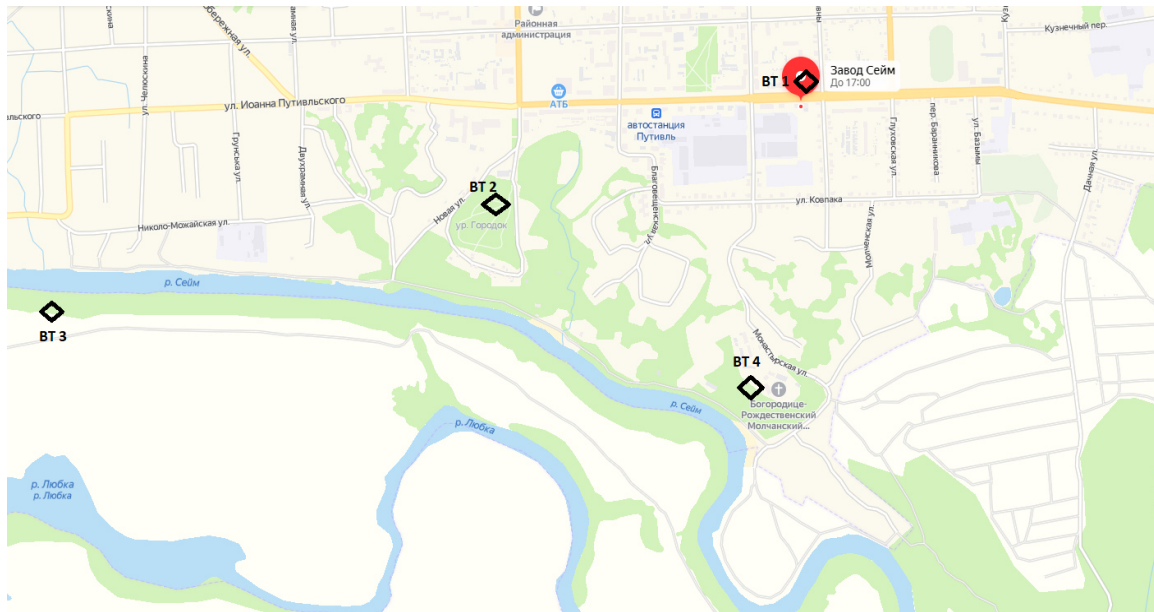


Рис. 3.2. Вимірювальні точки

Вимірювальні точки розміщено в районах впливу антропогенних факторів та у віддалених паркових зонах. Дослід проведено після зупинки зросту листової пластини – у липні.

Проводилися проміри відібраного матеріалу. Визначалися показники згідно методики [44].

Проводилися проміри відібраного матеріалу. Визначалися показники згідно методики В.М. Захарова, що описано у розділі 2.3.

Результати вимірювань заносилися в таблиці документа Microsoft Excel. Розрахунок значень по кожному показнику проводився за стандартною формулою.

Розрахунок величини флуктуючої асиметрії

Величина флуктуючої асиметрії оцінюється за допомогою інтегрального показника – величини середньої відносної відмінності на ознаку. Для проведення розрахунків використовувались проміри листа обраних видів-біоіндикаторів. Проміри листа позначаємо як X , тоді ліва та права сторона $X_{л}$ та $X_{п}$ відповідно. Вимірюючи параметри по п'яти ознакам с обох сторін отримуємо 10 значень X . В першій дії знаходимо відносну відмінність між ознакою зліва та справа – Y за формулою (3.1)

$$Y_1 = \frac{X_{л}-X_{п}}{X_{л}+X_{п}} \quad (3.1)$$

В другій дії знаходимо значення середньої відносної відмінності між сторонами на ознаку для кожного листа (Z). Для цього суму відносних відмінностей ділимо на число ознак.

$$Z = \frac{y_1+y_2+y_3+y_4+y_5}{N} \quad (3.2)$$

де N – число ознак.

Третя дія – розрахунок середніх відносних відмінностей ознак на вибірку. Для цього додаються всі значення Z та ділять на число цих значень.

$$X = \sum \frac{z}{n} \quad (3.3)$$

Розрахування середнього значення показника флуктуючої асиметрії для кожної точки спостережень та порівняння зі шкалою якості доквілля є заключним етапом дослідження. Остаточні дані заносяться в таблицю «Стабільність якості середовища».

Розрахунок флуктуючої асиметрії листової пластини дає продуктивну оцінку якості навколишнього середовища для міського середовища. Отримані результати відображені в таблицях «Заміри листової пластинки ($X_{л}$, $X_{п}$, мм) для розрахунку флуктуючої асиметрії», «Відносна відмінність ознак листової пластини».

Таким чином, відібрано по 4 вимірювальні точки (ВТ) в кожному місті, на яких досліджено по 40 листових пластин кожного виду.

Вихідні заміри листової пластини та розрахунок флуктуючої асиметрії для кожної вимірювальної точки наведено у Додатках.

Приклад таблиці замірів листової пластини *Tilia cordata* Mill у м. Маріуполь наведено у таблиці 3.1. «Заміри листової пластинки (X_L , X_P , мм)»

Таблиця 3.1.

Заміри листової пластинки (X_L , X_P , мм) *Tilia cordata* Mill

Номер зразку №	Номер ознаки									
	1		2		3		4		5	
	Л	П	Л	П	Л	П	Л	П	Л	П
1	18	20	31	31	6	4	11	11	34	40
2	21	22	33	32	5	5	11	11	50	43
3	17	20	30	31	5	6	12	16	37	28
4	17	16	25	25	6	5	11	9	34	38
5	21	23	33	31	10	8	10	12	44	41
6	30	32	39	42	3	2	15	15	45	45
7	30	35	43	43	5	3	15	15	40	40
8	30	35	43	46	5	4	15	15	55	55
9	36	31	45	40	4	3	15	15	55	59
10	29	30	35	35	4	2	13	14	45	30
8	30	35	43	46	5	4	15	15	55	55
9	36	31	45	40	4	3	15	15	55	59
10	35	30	45	47	4	3	15	13	45	45
11	27	30	39	35	4	4	12	14	40	45
12	20	25	30	30	4	2	10	9	55	45
13	25	25	37	35	5	5	14	13	55	65
14	30	30	34	35	4	5	10	14	45	55
15	22	26	30	35	4	5	12	10	50	54
16	30	35	43	43	5	3	15	15	45	45
17	29	30	35	30	4	2	13	14	45	30
18	23	25	34	34	5	4	10	11	50	50
19	25	26	40	35	4	3	12	11	50	55
20	29	30	35	35	4	2	13	14	45	30

Кожна вимірювальна точка містить по 40 листових пластинок кожного виду-біоіндикатору.

Морфометричні параметри клена гостролистого наведено в таблиці 3.2. «Заміри листової пластинки (X_L , X_P , мм)»

Таблиця 3.2.

Заміри листової пластинки (X_L , X_P , мм) *Acer platanoides* L.

Номер зразку	Номер ознаки									
	1		2		3		4		5	
	Л	П	Л	П	Л	П	Л	П	Л	П
1	60	54	100	94	62	54	35	40	55	65
2	73	70	100	105	60	70	35	38	55	58
3	80	76	99	103	60	65	40	41	55	60
4	80	90	105	103	63	65	35	32	65	57
5	80	78	96	98	73	70	34	38	62	57
6	87	90	100	95	60	66	40	33	62	61
7	68	70	94	96	70	66	35	30	57	66
8	55	65	100	93	60	65	35	33	55	55
9	60	64	98	97	62	54	35	40	55	59
10	60	55	100	95	69	55	30	38	60	45
11	80	56	110	95	70	56	38	45	38	45
12	70	72	103	97	62	54	35	43	55	45
13	71	80	100	96	53	50	35	40	55	65
14	60	54	100	94	62	54	35	40	55	65
15	73	70	100	105	60	70	35	38	55	58
16	80	76	99	103	60	65	40	41	55	60
17	80	90	105	103	63	65	35	32	65	57
18	60	64	98	97	62	54	35	40	55	59
19	87	90	100	95	60	66	36	33	65	61
20	73	70	100	96	70	66	36	30	57	66

Таким чином, було досліджено 4 точки в м. Маріуполь та 4 точки в м. Путивль: 320 листових пластин виду *Tilia cordata* Mill та 320 *Acer platanoides* L. Кожна листова пластина з двох міст відрізнялася морфометричними параметрами: шириною та довжиною пластини, кутом між жилками, загальними розмірами. Листя з урбанізовано Маріуполя менш зелене та соковите, менше за розмірами, має пошкодження. Листя з м. Путивль значно відрізняється за окрасою, формою, розміром.

Методом біотестування «Ростовий тест» оцінювали фітотоксичний ефект (ФЕ, %) води за висотою рослин та довжиною коренів *Lepidium Sativum*. Відбір проб води проводився за методикою [49]. Сутність ростового тесту полягає в обліку змін показників проростання індикаторної культури.

Результати проростання представлено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3.

Довжина наземної та підземної частини рослини (см)

№	Контрольна проба		Проба 1 К		Проба 2 С	
	\bar{l}_k	\bar{l}_c	\bar{l}_k	\bar{l}_c	\bar{l}_k	\bar{l}_c
1	0,8	1,3	3,5	2	1,4	1,3
2	2,2	0,6	3	0,7	1,4	1,6
3	1,3	0,9	1,2	1,2	3	2,1
4	0,8	1	2	1,5	3	1,5
5	0,7	1	1,7	2	3	1
6	0,3	1	1,2	1,6	2,5	1,2
7	0,9	2	1	1	2	1,5
8	1,6	0,6	0,6	0,5	2,7	1,1
9	1	0,8	1,2	1	2,4	1,6
10	1	1	0,5	1	3,1	1,5
11	1	1,7	1,3	1	3,4	2,7
12	0,9	1	1	1	1	1,2
13	0,6	1	0,3	0,6	0,5	1
14	0	0	0,3	1,5	1,1	2,5
15	0	0	1	0,9	3,7	1,7
16	0	0	1	1,1	0,5	1,3

Продовження табл. 3.3.

17	0	0	0	0	3,5	0,8
18	0	0	0	0	1,2	1,5
19	0,7	0,8	0	0	2,3	1,5
20	0,2	0,6	0	0	1	0,8
21	0,4	0,8	0	0	1	1,3
22	1	0,7	0	0	1,1	1,4
23	1	0,9	1	0,4	1,1	0,8
24	0,5	0,3	1	0,4	2	2
25	0,5	0,8	0,7	0,7	0,9	1,5
26	0,6	0,6	0,4	1,1	2,3	1,5
27	0	0	1	0,3	2,2	1,3
28	0	0	0,5	0,7	0	0
29	0	0	1,7	2,3	0	0
30	0	0	1	1,2	0	0

Результат проростання насіння має неоднозначний характер. Кожна з проб води містить насіння, що не проросло. Великий вплив на проростання насіння має тепло та освітленість, що за осінніх умов зменшує відсоток пророслого насіння, в порівнянні з сонячними умовами проведення експерименту. Результат підтверджує, що абіотичні умови впливають на фотосинтетичні властивості насіння.

Таблиця 3.4.

Дані проростання насіння в досліджених зразках

	N _{заг}	N _{непрор} , шт	%	Вага, гр
1	30	6	20	0,200
2	30	3	10	0,400
КП	30	9	30	0,168

Обробка результатів ростового тесту. По завершенню проведення досліду та вимірювань для кожного з досліджуваних варіантів обчислюють середню довжину наземної і кореневої частини $\bar{x} \pm m$,

де m – помилка середнього арифметичного, яку визначають за формулою (3.3).

$$m = \sqrt{\frac{\sigma^2}{N}} \quad (3.3)$$

де N – кількість результатів;

σ^2 – дисперсія, яку визначають за виразом:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{t=1}^N (x - \bar{x})^2}{N} \quad (3.4)$$

Достовірність різниці середніх арифметичних t розраховується за критерієм Стьюдента-Фішера:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{m_1^2 + m_2^2}} \quad (3.5)$$

де \bar{x}_1 – середнє арифметичне значення показника в контрольному досліді;

\bar{x}_2 – середнє арифметичне значення показника у досліджуваному варіанті;

m_1 – помилка середнього арифметичного в контрольному досліді;

m_2 – те ж у досліджуваному варіанті.

Якщо фактично встановлена величина t більше або дорівнює критичному (стандартному) значенню t робиться висновок про існування статистично достовірної різниці між середніми арифметичними у досліджуваному та контрольному варіанті. Якщо ж фактична величина t менша за t різницю між середніми вважають статистично недостовірною.

Відсутність статистично достовірної різниці між середніми значеннями біопараметра у контрольному та досліджуваному варіанті свідчить про відсутність значних змін ростових процесів у біоіндикаторів, в порівнянні з такої ж якості, як і в контрольному досліді та не має токсичних властивостей.

І навпаки, статистично достовірна різниця між варіантом та контрольним дослідом вказує на те, що досліджуваний зразок має фітотоксичні властивості.

Фітотоксичний ефект визначається у відсотках за будь-яким біопараметром: за масою рослини, довжиною кореневої або стеблової системи, кількістю ушкоджених рослин або кількістю сходів, тощо. Розраховується фітотоксичний ефект за формулою:

$$\text{ФЕ} = \frac{M_0 - M_x}{M_0} \cdot 100 \% \quad (3.6)$$

де M_0 – значення біопараметра (маса рослин, висота паростків, довжина корінців та ін.) у посуді з контрольним субстратом;

M_x – значення аналогічного біопараметра у посуді з досліджуваним субстратом.

Біомоніторинг стану довкілля за станом хвойних порід проведено у м. Маріуполь та смт. Безлюдівка, а саме зібрано зразки хвоїнок у сосновому борі на окраїні смт, для визначення стану навколишнього середовища та порівняння зі станом хвої у промисловому Маріуполі. Дослідний матеріал у м. Маріуполь зібрано по 4 вимірювальним точкам (рис. 3.1.) та налічує 160 хвоїнок. Всі хвоїнки поділено на групи пошкоджень згідно з методикою визначення (рис. 2.3.). Порівняно отримані результати з досліджуваних ділянок, визначено клас пошкодження та оцінено клас забруднення атмосферного повітря по таблиці 3.5. Стан хвої неоднорідний по районам м. Маріуполь. Хвоя в наближених до місць викидів SO_2 в пригніченому стані (значна наявність хлорозів та некрозів). Хвоя в віддалених місцях майже не пошкоджена. Хвоя з соснового бору смт. Безлюдівка зовсім без пошкоджень, голки рівні, великі за розміром.

Таким чином, проведено збір та дослідження видів-біоіндикаторів для дослідження стану навколишнього середовища з різним ступенем техногенного пресингу.

3.2 Визначення рівня антропогенного навантаження методами біомоніторингу

Оцінка стабільності розвитку видів-біоіндикаторів дає якісну та кількісну оцінку стану навколишнього середовища. На основі вимірювань морфометричних показників у розділі 3.1. проводяться розрахунки величини флуктуючої асиметрії за формулами 3.1, 3.2, 3.3. Розрахунки проводилися в програмі Microsoft Excel.

Розрахунок величини флуктуючої асиметрії для листа №1 на ВТ 1 за першою ознакою $X_{л}=18$, $X_{п}=20$. Знаходимо значення за формулою (3.1).

$$Y_1 = X_{л}-X_{п}/ X_{л}+X_{п} = 18-20/18+20 = 2/38 = 0,053$$

$$Y_2 = 31-31/31+31 = 0$$

$$Y_3 = 6-4/6+4=2/10 = 0,2$$

$$Y_4 = 11-11/11+11 = 0$$

$$Y_5 = 34-40/34+40 = 0,081$$

Знаходимо значення Z за формулою (3.2)

$$Z = 0,053+0+0,2+0+0,081/ 5 = 0,067$$

Ті самі дії проводимо для кожного листа. Останній крок – розраховуємо величину асиметрії у виборці за формулою (3.3).

$$X = \sum \frac{z}{n} = 0,068$$

Нижче приведена таблиця з розрахунками інтегрального показника флуктуючої асиметрії листової пластини для ВТ 1 (парк Лепорського). Проміри кожної листової пластини та розрахунки флуктуючої асиметрії кожної ВТ наведено в Додатках.

Відносна відмінність ознак листової пластини

Номер зразку	Номер ознаки					Величина асиметрії листа
	№	1	2	3	4	
1	0,053	0,000	0,200	0,000	0,081	0,067
2	0,023	0,015	0,000	0,000	0,075	0,023
3	0,081	0,016	0,091	0,143	0,138	0,094
4	0,030	0,000	0,091	0,100	0,056	0,055
5	0,045	0,031	0,111	0,091	0,035	0,063
6	0,032	0,037	0,200	0,000	0,000	0,054
7	0,077	0,000	0,250	0,000	0,000	0,065
8	0,077	0,034	0,111	0,000	0,000	0,044
9	0,075	0,059	0,143	0,000	0,035	0,062
10	0,077	0,022	0,143	0,071	0,000	0,063
11	0,053	0,054	0,000	0,077	0,059	0,048
12	0,111	0,000	0,333	0,053	0,100	0,119
13	0,000	0,028	0,000	0,037	0,083	0,030
14	0,000	0,014	0,111	0,167	0,100	0,078
15	0,083	0,077	0,111	0,091	0,038	0,080
16	0,077	0,000	0,250	0,000	0,000	0,065
17	0,017	0,077	0,333	0,037	0,200	0,133
18	0,042	0,000	0,111	0,048	0,000	0,040
19	0,020	0,067	0,143	0,043	0,048	0,064
20	0,017	0,000	0,333	0,037	0,200	0,117
Величина асиметрії вибірки						0,068

Узагальнені результати середнього значення флуктуючої асиметрії на кожну вибірку м. Маріуполь та м. Путивль представлено у таблицях нижче для кожного обраного виду-біоіндикатору.

Таблиця 3.7.

Середнє значення асиметрії листової пластини *Tilia cordata* Mill

№	Парк Лепорського		Приморський парк		Парк Петровського		с. Виноградне	
	1	0,067	0,030	0,041	0,022	0,065	0,096	0,040
2	0,023	0,065	0,034	0,015	0,071	0,043	0,041	0,041
3	0,094	0,084	0,024	0,057	0,045	0,063	0,036	0,036
4	0,055	0,121	0,068	0,061	0,108	0,024	0,022	0,022
5	0,063	0,039	0,065	0,098	0,035	0,063	0,063	0,022
6	0,054	0,081	0,048	0,035	0,074	0,071	0,040	0,015
7	0,065	0,102	0,076	0,036	0,062	0,073	0,111	0,057
8	0,044	0,055	0,012	0,045	0,066	0,040	0,044	0,061
9	0,062	0,073	0,034	0,042	0,065	0,060	0,053	0,098
10	0,063	0,081	0,063	0,012	0,073	0,062	0,017	0,035
11	0,048	0,079	0,038	0,066	0,073	0,072	0,073	0,036
12	0,119	0,061	0,027	0,005	0,041	0,016	0,031	0,045
13	0,030	0,092	0,049	0,055	0,048	0,048	0,046	0,042
14	0,078	0,090	0,084	0,079	0,111	0,055	0,021	0,012
15	0,080	0,046	0,049	0,070	0,065	0,049	0,053	0,053
16	0,065	0,104	0,047	0,063	0,056	0,054	0,056	0,056
17	0,133	0,050	0,026	0,041	0,062	0,065	0,050	0,050
18	0,040	0,064	0,036	0,059	0,017	0,044	0,027	0,027
19	0,064	0,066	0,093	0,022	0,053	0,062	0,041	0,041
20	0,117	0,038	0,075	0,076	0,069	0,117	0,059	0,059
Середнє	0,068	0,071	0,049	0,048	0,063	0,059	0,046	0,042
Загальне	0,048							

Таблиця 3.8.

Середнє значення асиметрії листової пластини *Acer platanoides L*

№	Парк Лепорського		Приморський парк		Парк Петровського		с. Виноградне	
	1	0,061	0,066	0,034	0,039	0,051	0,028	0,025
2	0,038	0,029	0,056	0,025	0,034	0,039	0,048	0,033
3	0,028	0,031	0,072	0,037	0,048	0,041	0,064	0,034
4	0,039	0,051	0,025	0,048	0,048	0,038	0,026	0,062
5	0,028	0,028	0,041	0,028	0,028	0,042	0,042	0,050
6	0,039	0,039	0,107	0,039	0,039	0,089	0,106	0,051
7	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,041	0,043
8	0,038	0,038	0,024	0,038	0,038	0,038	0,025	0,030
9	0,042	0,042	0,037	0,042	0,042	0,042	0,037	0,035
10	0,089	0,089	0,065	0,089	0,089	0,089	0,065	0,083
11	0,106	0,106	0,047	0,106	0,106	0,106	0,047	0,061
12	0,063	0,063	0,048	0,034	0,063	0,034	0,048	0,026
13	0,052	0,052	0,046	0,056	0,052	0,056	0,046	0,036
14	0,061	0,057	0,055	0,072	0,057	0,072	0,055	0,043
15	0,038	0,036	0,033	0,025	0,066	0,026	0,033	0,019
16	0,028	0,028	0,027	0,041	0,028	0,041	0,027	0,039
17	0,039	0,040	0,039	0,107	0,040	0,107	0,039	0,108
18	0,042	0,058	0,025	0,041	0,060	0,041	0,025	0,048
19	0,033	0,033	0,037	0,024	0,035	0,024	0,037	0,028
20	0,047	0,051	0,048	0,037	0,051	0,042	0,048	0,042
Середнє	0,047	0,049	0,045	0,048	0,051	0,052	0,044	0,045
Загальнє	0,047							

Таблиця 3.9.

Середнє значення асиметрії листової пластини *Tilia cordata Mill*

№	Завод Сейм		Міський парк		Зелені насадження біля р. Сейм		Садибина біля монастиря	
	1	0,015	0,015	0,021	0,018	0,043	0,057	0,035
2	0,013	0,041	0,016	0,032	0,051	0,023	0,026	0,028
3	0,036	0,042	0,042	0,023	0,025	0,017	0,019	0,010
4	0,022	0,088	0,022	0,054	0,017	0,015	0,024	0,020
5	0,057	0,009	0,052	0,018	0,034	0,018	0,040	0,018
6	0,040	0,007	0,051	0,005	0,049	0,005	0,028	0,018
7	0,109	0,055	0,105	0,022	0,086	0,055	0,017	0,020
8	0,044	0,056	0,026	0,054	0,027	0,026	0,048	0,030
9	0,043	0,108	0,038	0,108	0,066	0,057	0,065	0,055
10	0,035	0,035	0,038	0,031	0,011	0,045	0,022	0,044
11	0,054	0,064	0,051	0,049	0,023	0,057	0,036	0,035
12	0,044	0,043	0,040	0,035	0,056	0,045	0,078	0,033
13	0,046	0,042	0,049	0,035	0,046	0,026	0,046	0,029
14	0,021	0,015	0,015	0,024	0,029	0,030	0,049	0,032
15	0,053	0,053	0,028	0,068	0,028	0,061	0,025	0,033
16	0,056	0,052	0,063	0,055	0,056	0,055	0,053	0,065
17	0,054	0,050	0,033	0,058	0,030	0,064	0,040	0,031
18	0,024	0,015	0,024	0,023	0,015	0,011	0,048	0,045
19	0,041	0,041	0,045	0,044	0,044	0,053	0,038	0,047
20	0,058	0,047	0,055	0,053	0,047	0,072	0,049	0,077
Середнє	0,043	0,044	0,041	0,040	0,039	0,040	0,039	0,038
Загальне	0,040							

Таблиця 3.10.

Середнє значення асиметрії листової пластини *Acer platanoides L*

№	Завод Сейм		Міський парк		Зелені насадження біля р. Сейм		Садибина біля монастиря	
	1	0,020	0,025	0,022	0,030	0,023	0,037	0,021
2	0,040	0,034	0,019	0,033	0,018	0,041	0,027	0,022
3	0,060	0,055	0,039	0,043	0,032	0,047	0,036	0,020
4	0,026	0,025	0,025	0,032	0,034	0,036	0,026	0,028
5	0,025	0,037	0,029	0,050	0,022	0,047	0,029	0,054
6	0,034	0,065	0,048	0,058	0,041	0,053	0,039	0,057
7	0,055	0,043	0,058	0,043	0,053	0,038	0,053	0,038
8	0,025	0,039	0,027	0,036	0,018	0,033	0,018	0,033
9	0,037	0,108	0,037	0,055	0,039	0,052	0,041	0,055
10	0,065	0,048	0,065	0,034	0,071	0,041	0,069	0,036
11	0,049	0,028	0,049	0,028	0,042	0,026	0,040	0,037
12	0,048	0,042	0,048	0,050	0,047	0,054	0,047	0,040
13	0,051	0,036	0,051	0,034	0,042	0,039	0,041	0,051
14	0,055	0,040	0,055	0,035	0,047	0,030	0,050	0,017
15	0,033	0,019	0,028	0,022	0,028	0,016	0,029	0,031
16	0,027	0,029	0,039	0,022	0,042	0,016	0,055	0,060
17	0,039	0,106	0,041	0,102	0,041	0,094	0,054	0,080
18	0,025	0,044	0,038	0,032	0,024	0,032	0,014	0,027
19	0,037	0,026	0,042	0,024	0,043	0,024	0,038	0,025
20	0,083	0,040	0,089	0,040	0,071	0,036	0,063	0,030
Середнє	0,042	0,044	0,042	0,040	0,039	0,040	0,040	0,038
Загальне	0,040							

Отримані результати досліджень, показують, що м. Маріуполь зазнає значного антропогенного впливу. Місто сильно забруднене через роботу промислових підприємств. Постійні викиди в атмосферне повітря значно перевищують ГДК. Індекс забруднення атмосферного повітря м. Маріуполь у 2019 році відноситься до дуже високого рівня забруднення. Середні концентрації по місту за рік, що перевищували ГДКс.д.: формальдегід – 6,9 ГДКс.д.; фенол – 1,8 ГДКс.д.; діоксид азоту – 1,5 ГДКс.д.; пил – 1,1 ГДКс.д. Динаміка індексу забруднення повітря у м. Маріуполі за останні роки невпинно зростає. Рослини знаходяться в пригніченому стані. Прорахувавши середнє значення флуктуючої асиметрії по вимірюваним точкам, можна порівняти стан навколишнього середовища в містах з різним ступенем антропогенного навантаження за таблицею 2.5 «Шкала стабільності розвитку листової пластини»

Таблиця 3.11.

Шкала стабільності розвитку листової пластини *Tilia cordata Mill*

Район збору	Показник асиметрії	Бал	Якість середовища
Маріуполь	0,048	III	забруднений район
Путивль	0,040	I	умовно нормальний стан

Таблиця 3.12.

Шкала стабільності розвитку листової пластини *Acer platanoides L*

Район збору	Показник асиметрії	Бал	Якість середовища
Маріуполь	0,047	III	забруднений район
Путивль	0,040	I	умовно нормальний стан

Таким чином, обидва види-біоіндикатори дали однакову оцінку стану довкілля. Показники стабільності розвитку показують значний рівень

антропогенного навантаження в промисловому Маріуполі. Чим вище ступінь антропогенного впливу, тим більше показник флуктуючої асиметрії: залежність між стабільністю розвитку організму та якістю навколишнього середовища.

Результати проведення квантифікаційної оцінки наведено на графіку 3.1.

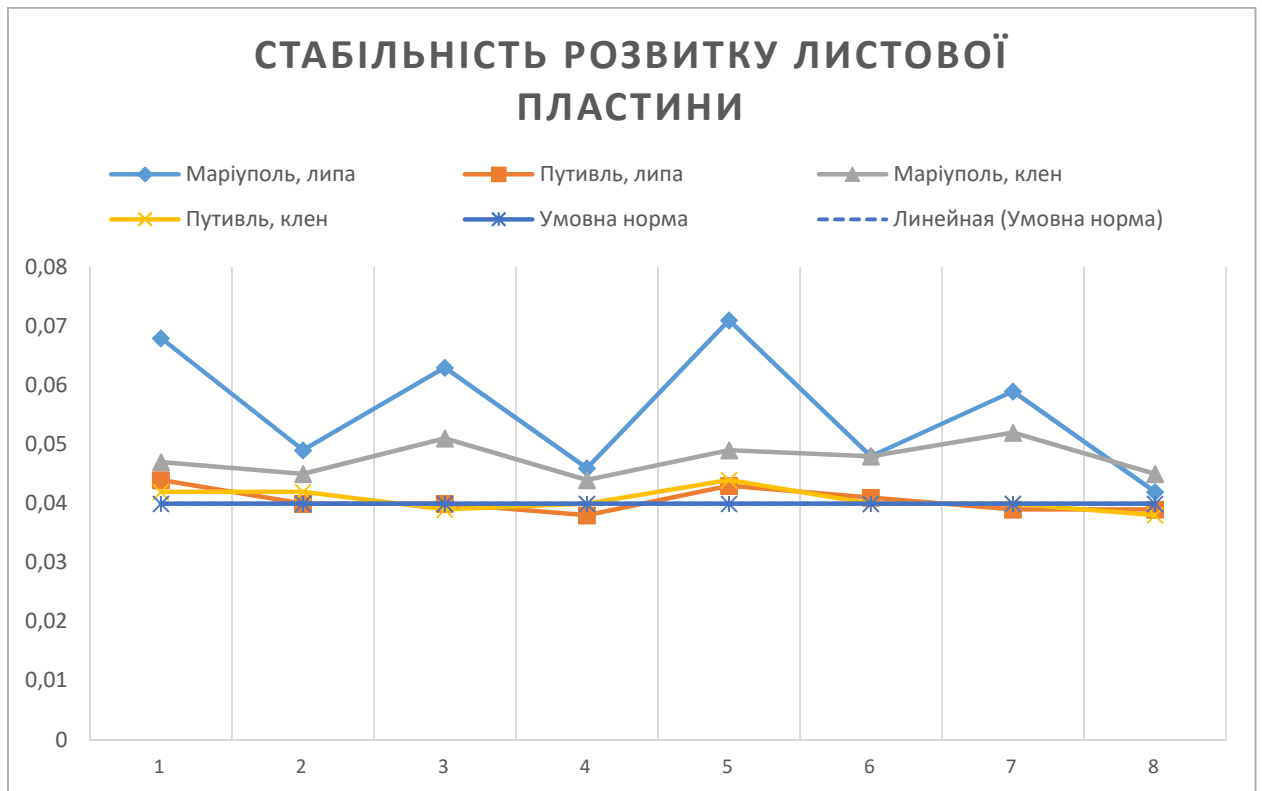


Рис. 3.1. Стабільність розвитку листової пластину виду-біоіндикатору

Проведено біомоніторинг стану атмосферного повітря за станом хвої. Згідно методики (Рис. 2.5. Шкала пошкодження хвої) розділено хвоїнки за класами:

- I – ідеально чисте повітря;
- II – чисте повітря;
- III – відносно чисте («норма»);
- IV – помітно забруднене («тривога»);
- V – сильно забруднене («небезпечно»);
- VI – дуже сильно забруднене («шкідливо»).

Таблиця 3.12.

Пошкодження хвої

Якість повітря	Види пошкоджень	КП — клас пошкодження (некрози)	КУ — клас всихання	Відсоткова кількість хвоїнок з кожним типом пошкоджень	Район збору
I	А	КП-1	КУ-1	60	Смт. Безлюдівка
II	Б	КП-2	КУ-1	40	Смт. Безлюдівка
				100	С. Виноградне
III	В	КП-3	КУ-2	100	Приморський парк
IV	Г		КУ-3	65	Парк Лепорського, Петровського
V	Д		КУ-4	30	Парк Лепорського, Петровського
VI	Е		КУ-4	5	Окремі дерева парку Петровського, Лепорського

Визначено, що стан хвої дає оцінку стану забруднення атмосферного повітря. Стан повітря в різних районах міста оцінено за відповідною шкалою. Спосіб біоіндикації за станом хвої є не досить достовірним, так як проводиться лише візуальна оцінка стану хвоїнок, та все одно має місце в проведенні комплексної оцінки стану навколишнього середовища.

Методом «Ростового тесту» проведено біотестування стану р. Кальміус та р. Сейм, та визначено фітотоксичний ефект відносно бутильованої води.

Усі отримані дані проростання насіння (табл. 3.3.) розраховувалися за формулами 3.3 – 3.6

Таблиця 3.13.

Середні значення частин рослин, їх помилки та дисперсія для кожного варіанта

№		середнє значення	Дисперсія σ^2	m	t-критерій
КП	\bar{l}_k	0,86	0,33	0,13	---
	\bar{l}_c	0,92	0,30	0,12	
Кальміс	\bar{l}_k	1,17	0,58	0,15	0,53
	\bar{l}_c	1,07	0,27	0,11	
Сейм	\bar{l}_k	1,97	0,92	0,18	3,01
	\bar{l}_c	1,45	0,20	0,09	

В результаті, середні значення пророщення насіння в пробах бутильованої води показують менші значення, ніж поверхневі води річок. Ростові процеси в очищеній воді нижчі, рослини більш пригнічені. На основі отриманих розрахункових значень проведено розрахунки значення фітотоксичного ефекту бутильованої води відносно води р. Кальміус та р. Сейм за формулою (3.6). Результати представлено у таблиці 3.14.

Таблиця 3.11.

Значення фітотоксичного ефекту бутильованої води відносно поверхневих вод

КП/	$\Phi E_{ст.}$	$\Phi E_{кор.}$	$\Phi E_{ср}$
р. Кальміус	37	16	26
р. Сейм	13	57	35

Проведено розрахунок значення фітотоксичного ефекту бутильованої води відносно поверхневих вод р. Кальміус та р. Сейм.

Використання «ростового методу» для оцінки стану водних об'єктів є одним з методів біотестування. Розраховано середні арифметичні значення морфологічних складових рослин, помилки та дисперсія для кожного досліду. Мінімальними показниками характеризується бутильована вода – найменша кількість пророслих насінин, морфологічні складові погано розвинуті.

Таким чином, проведено власний аналіз якості навколишнього середовища в різних містах з різним ступенем антропогенного навантаження. Аналізуючи величину ІЗА за останні роки та власні розрахунки – можна сказати, що м. Маріуполь зазнає значного техногенного пресингу на відміну від інших досліджуваних територій. Квантифікаційний аналіз показав високий ступінь забруднення по різних показниках. Використано різні методики біомоніторингової оцінки стану довкілля на локальних рівнях. Методики можна використовувати для національної практики біомоніторингу.

3.3 Фітомеліоративна та середовищеутворююча роль деревних насаджень в умовах техногенного навантаження

Фітомеліорація – поліпшення умов навколишнього середовища за допомогою культивування та підтримання природних рослинних угруповань. Фітомеліоративні властивості видів рослин для озеленення територій грають важливу роль в оптимізації стану довкілля [50]. Дерева, чагарники впливають на зниження рівня концентрацій поллютантів у повітрі, що відбувається через їх розсіювання кронами дерев в атмосферні верхні шари, безпосереднього поглинання листовими пластинами через клітини в процесі дихання рослин [51, 52]. Кумулятивна здатність рослин відіграє важливу роль в очищенні повітря. Зелені насадження сприяють очищенню повітря від промислових викидів. Ступінь фільтрації повітря від забруднюючих речовин визначається за площею листової пластини, об'ємами накопичення забруднювачів в них, безпечним рівнем їх вмісту, що для кожного виду рослин є індивідуальним.

Акумуляція токсичних речовин у листках супроводжується їх відтоком з них, тобто відбувається постійне надходження з повітря [53]. Рослини – біологічні фільтри, чим інтенсивніші процеси викидів, надходження забруднювачів у повітря, тим більше поглинальні здатності [54].

Вивчення фітомеліоративних здатностей дерев та чагарників спостерігається в роботах Г. М. Ількана.

Міські екосистеми, що мають значний техногенний вплив, де розвиток промисловості має високий рівень розвитку, а обсяги викидів складають значну частку в долі обсягів, питання мінімізації негативного впливу забруднюючих речовин є нагальним.

Рослини дуже чутливі та реагують на зміни в складі повітря, ґрунтів. При цьому може змінюватися окрас листової пластини, з'являються хлорози та некрози. Оцінюючи стан рослин, можна зробити висновки про стан навколишнього середовища.

Елемент	Реакція рослини
Цинк	Знебарвлення і відмирання тканин листа, пожовтіння молодого листа, відмирання верхівкових бруньок, забарвлення жилок в червоний або чорний колір. Перші ознаки проявляються на молодих рослинах.
Мідь	Хлороз молодого листа. При цьому жилки залишаються зеленими.
Марганець	Міжжилковий хлороз, некроз тканин. Молоде листя викривляються, зморщуються.
Залізо	На молодому листі хлороз між жилками, які залишаються зеленими. Пізніше лист стає білуватим або жовтим.
Кобальт	Уздовж основних жилок листа з'являються заповнені водою прозорі ділянки. Йде некроз тканини. Пізніше листя набувають коричневого забарвлення і опадають.

Фосфор	Загальна пожовтіння листя дорослих рослин. Некроз тканин. У старого листя на кінці і по краях з'являються некротичні плями.
Магній	Листя злегка темніють і трохи зменшуються. На пізніх стадіях росту їх кінці втягнуті і відмирають.
Калій	На ранній стадіях спостерігається слабке зростання рослин, подовження міжвузля, світло-зелене забарвлення листя. На пізніх стадіях на листках з'являються сухі плями, листя в'януть і обпадають.
Сірка	Загальне огрубіння рослин, зменшення листя, затвердіння стебла. Пізніше листя може скручуватися всередину, їхні краї стають коричневими, а потім блідо-жовтими.
Хлор	Загальне огрубіння рослин, листя дрібне, тьмяно-зелене. У деяких рослин на старих листках з'являються пурпурно-коричневі плями, дефоліація.
Азот	Місцеве ушкодження. На краях листя розвивається хлороз, що поширюється між жилками. Пізніше з'являється коричневий некроз, листя згортаються і обпадають.
Кальцій	Міжжилковий хлороз з білими, некротичними плямами, які можуть бути пофарбовані або заповнені водою. Іноді спостерігається зростання листових розеток, відмирання пагонів і опадання листя.
Бор	Хлороз країв листя, що поширюється між жилками. Листя стають блідо-жовтими або білими. На краях листя спостерігаються опіки і некроз.

Проектування озеленення санітарно-захисних зон має здійснюватися з урахуванням характеру промислових забруднень, а також місцевих природно-кліматичних і топографічних умов [55].

Рослини, використовувані для озеленення санітарно-захисних зон, повинні бути ефективними в санітарному відношенні і досить стійкими до забруднення атмосфери і ґрунтів промисловими викидами [56]. При проектуванні озеленення слід віддавати перевагу створенню змішаних деревно-чагарникових насаджень, що володіють більшою біологічною стійкістю і більш високими декоративними достоїнствами в порівнянні з однопорідним насадженням. При цьому не менше 50% загального числа висаджуваних дерев повинна займати головна деревина, що володіє найбільшою санітарно-гігієнічною ефективністю, життєздатністю в даних ґрунтово-кліматичних умовах і стійкістю по відношенню до викидів даного промислового підприємства. Решта деревних порід є додатковими, які сприяють кращому росту головної породи. Менш стійкі породи, але які дають великий ефект в очищенні повітря, як деревні, так і чагарникові, повинні розміщуватися всередині масиву під покриттям зовнішніх насаджень [57, 58, 59].

Для галявинних насаджень підбирають найбільш стійкі породи дерев і чагарників. Існуючі зелені насадження на території санітарно-захисних зон повинні бути максимально збережені і включені в загальну систему озеленення зони. При необхідності, повинні передбачатися заходи щодо їх реконструкції. Новостворювані зелені насадження повинні представляти собою насадження щільної структури ізолюючого типу, які створюють на шляху забрудненого повітряного потоку механічну перешкоду, облягаючи і поглинаючи частину шкідливих викидів, або насадження ажурної структури фільтруючого типу, що виконують роль механічного і біологічного фільтру забрудненого повітряного потоку [60].

Ізолюючі насадження створюються у вигляді щільних деревних масивів і смуг з галявинами з чагарників на території санітарно-захисних зон. Насадження ізолюючого типу розміщують поблизу промислового підприємства. Найбільш ефективні посадки з обтічними галявинами, тобто створеними чагарниковими і деревними породами з кронами, що поступово зменшуються по висоті. Деревна основна порода в ізолюючих насадженнях висаджується через 3 м в ряду при відстані 3 м між рядами; відстань між деревами супутніх порід 2-2,5 м; великі чагарники висаджуються на відстані 1 - 1,5 м один від іншого, дрібні - 0,5 м при ширині міжрядь 1,5-2 м [61].

Для якнайшвидшого досягнення фронтального зімкнення насаджень в насадженнях ізолюючого типу (всередину смуг і масивів) можуть бути введені додатково чагарники. Посадки фільтруючого типу є основними в захисних насадженнях; ними можуть бути зайняті також передзаводські вхідні території, ділянки пішохідних маршрутів і місць короткочасного відпочинку. Схемою розміщення насаджень з фільтруючими посадками передбачається чергування в шаховому порядку закритих і відкритих просторів. Ділянки під фільтруючі посадки рекомендується відводити площею не менше 3-3,5 га, під відкриті простори – площею 1-1,5 га. Фільтруючі посадки виконують у вигляді різних за площею масивів і смуг без чагарникових галявин. Складові їх породи повинні мати великі і високо підняті крони. Для збільшення листової поверхні допускається введення всередину масиву чагарникових порід (5-10% кількості висаджених дерев) [61].

При виборі асортименту рослин необхідно враховувати фактори, що впливають на життя рослин.

1. Ставлення рослин до вологи

По відношенню до вологи рослини ділять на наступні групи:

- вимогливі до вологи (гігрофіти) – верба (деякі види), тополя чорний і білий, вільха чорна;
- стійкі до періодичного затоплення:

до 80 днів і більше – верба гостролиста, ламка, трьохтичинкова, п'ятитичинкова; до 60 днів – вільха чорна; до 40 днів – тополя чорний і білий, черемха звичайна; до 30 днів – в'яз гладкий, тополя тремтячий (осика); до 20 днів – дуб звичайний, ясен Пенсільванський, аморфа чагарникова; до 15 днів – ялина звичайна, клен гостролистий, липа дрібнолиста, ясен звичайний;

– середньої вимогливості (мезофіти) – береза пухнаста, в'яз гладкий, клен гостролистий, липа дрібнолиста, горобина звичайна, ясен звичайний, бархат амурський, ялина звичайна, ялиця сибірська, туя західна, тис ягідний (сорти);

– маловимогливі до вологи (ксерофіти) – береза повисла, глід (види і сорти), груша, дуб звичайний, клен польовий, клен татарський, лох вузьколистий, бузок звичайний, скумпія шкіряна, карагана деревоподібна, ірга (види), хеномелес японський, робинія псевдоакація (акація біла), ялина колюча, ялівець козацький і його сорти, сосна звичайна.

По відношенню до світла:

– світлолюбні – береза пухнаста і повисла, модрина європейська, сосна звичайна, ясен Пенсільванський і звичайний;

– напівтіньовитривалі – горобина звичайна, черемха звичайна, сосна Веймутова, вільха чорна і сіра, глід (види), бузина, жимолость (види), скумпія шкіряна, бузок (види і сорти), клен татарський і ін .;

– тіньовитривалі – липа дрібнолиста, клен гостролистий, клен польовий, ялина звичайна, ялиця сибірська, каштан кінський звичайний;

По відношенню до родючості ґрунту і її механічного складу рослини ділять на наступні групи:

– вимогливі до родючості ґрунту – дуб, клен, липа, ялиця, ясен, вільха;

- середньо вимогливі до родючості ґрунту – ялина, модрина, тополя тремтячий (осика);
- невимогливі до родючості ґрунту – береза повисла, верба (види), ялівець звичайний, сосна гірська, сосна звичайна, лох вузьколистий, лох сріблястий, дрік фарбувальний, карагана деревоподібна, робинія псевдоакація;
- поліпшують структуру ґрунту – береза, в'яз, клен, ліщина, вільха, горобина, троянда (шипшина), модрина, ялівець, сосна;
- погіршують структуру ґрунту – ялина (види), іноді тополя тремтячий.

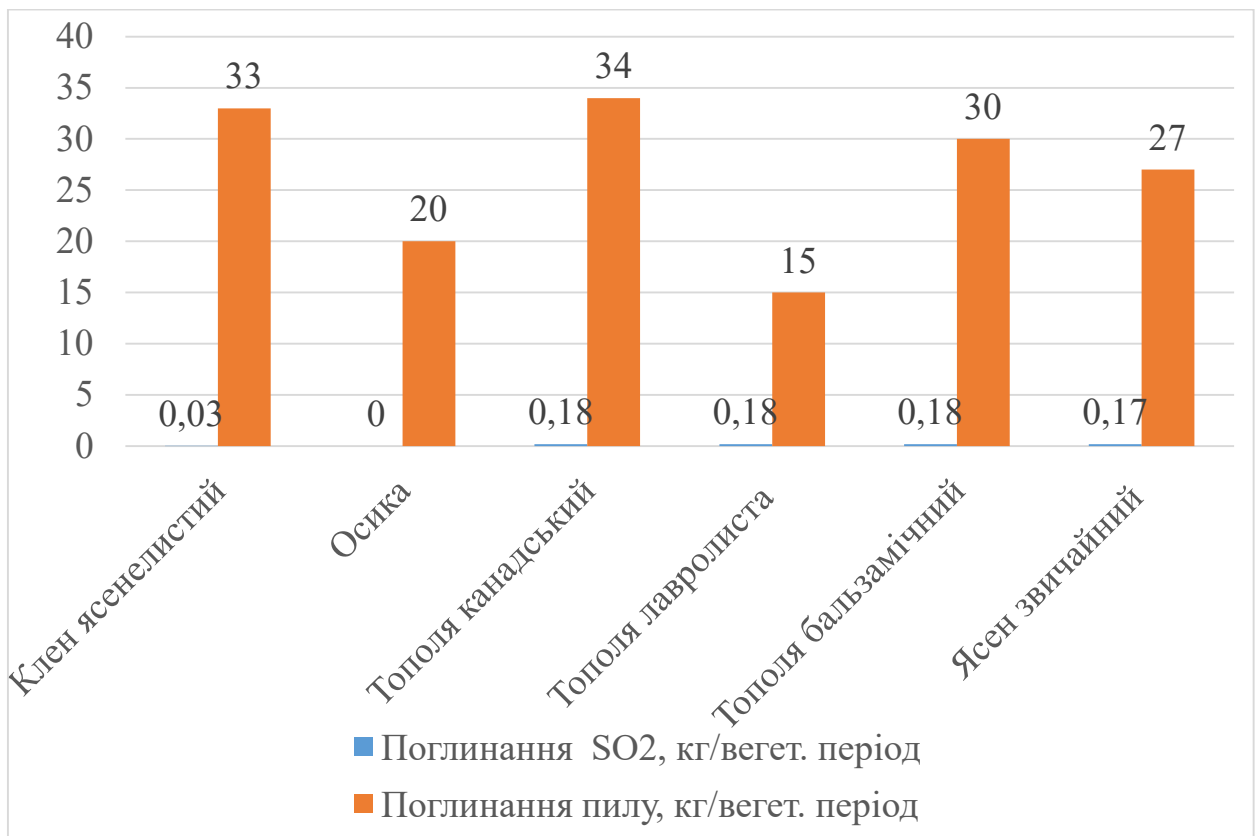


Рис. 3.2. Асортимент рослин для створення СЗЗ

На рис. 3.2. представлено види деревних рослин, які найкраще підходять для озеленення міських територій, створення санітарно-захисних зон навколо промислових підприємств [57]. Рис. 3.3. показує бальну оцінку середньої стійкості видів до газопилових викидів.



Рис. 3.3. Середня стійкість до газопилових викидів

Питанню покращення фітомеліоративних функцій за рахунок деревних присвячено багато робіт [62-70].

З урахуванням небезпечності забруднюючих речовин та зростаючого техногенного забруднення з акумулятивною здатністю рослин, з подальшою їх токсикацією існує необхідність застосування фітомеліоративних засобів для покращення екологічного стану промислових міст України.

Середовищеутворююча роль рослин в біогеоценозі.

Вплив фітоценозу на фактори середовища проявляються:

1. В процесах розподілу умов освітлення (як по сезонах / так і по ярусах). Світло, що падає на фітоценоз розкладається на складові частини, що грає велику роль в формуванні ярусів рослинного покриву:

По-перше, це відображена частина радіації, що вимірюється показником альbedo – відношення відбитої променистої енергії до його загальної кількості падаючого на БЦ, у відсотках. Альbedo соснового лісу складає 10-18%, листяного 13-17, свіжої зеленої трави – 26. альbedo навіть одного фітоценозу змінюється по сезонах значно.

По друге, заломлена частина світла, тобто частина світла, що втрачається при проходженні його через листя. Пройшовши через 1 лист світло втрачає 70-80% своєї інтенсивності.

По-третє, фотосинтетична активна частина сонячної радіації використовуваної для фотосинтезу.

По-четверте, проникаюча частина – % кількість світла, що досягає до поверхні ґрунту. Залежить від щільності листя верхніх ярусів. Листвяні – до 20%, сосняку – 9-11, ялинники – 3%, вологий тропічний ліс – 0,2%. Однак в вологому тропічному лісі є рослини, які живуть під його пологом, використовуючи дуже рідкісні сонячні відблиски.

2. Рослинність впливає на рух повітря – знижує швидкість руху повітряних мас. За вимірами Нестерова і Гуліашвілі в лісових спільнотах швидкість вітру на відстані від узлісся 35 м знижується на 54%, а на відстані 200 м – на 95%. Навіть зарості високих трав можуть дуже значно впливати на рух повітря в співтоваристві. Так, за даними Клементса в чистих заростях пирію Сміта при швидкості вітру 7,6 м/сек на висоті 150см, в гущі травостою склала: на висоті 30 см – 1,13, а на висоті 7,5 см – 0 м/сек. Зниження швидкості вітру впливає на багато екологічних факторів, такі як випаровування води, зміна температурного режиму »збільшення вологості ґрунтів, снігозатримання і т.п.

3. Рослинність впливає на газовий склад. Вміст вуглекислого газу в приземному шарі ґрунту ввечері знижується, а вранці зростає в результаті фотосинтезу. Крім цього існують процеси ґрунтового дихання. Багато рослин виділяють летючі речовини – ефірні масла, терпени, або коліни.

Коліни – високоактивні речовини, що вбивають бактерії, гриби, найпростіші організми. Так коліни берези і квіток черемхи вбивають найпростіші організми за 20 хвилин. Газоподібні виділення рослин впливають на умови розвитку самих рослин. Так, етилен прискорює розпускання бруньок і дозрівання плодів, одночасно може затримувати зростання і викликає опадання листя. Такі явища відбуваються і в ґрунті.

4. Рослинність впливає на температурний фактор. Фітоценоз створює усередині себе певний температурний режим. Серед рослинного покриву максимальна температура повітря в порівнянні з відкритою місцевістю влітку значно нижче, а взимку-вище. Внаслідок цього спостерігається зниження добової амплітуди температурних умов. Це пояснюється тим, що дерева створюють тепловий екран, який вдень поглинає теплову, енергію, а вночі її віддає. Наприклад, стовбури нагріваються, потім тепло доходить до їх підстави і тому, навесні в снігу навколо стовбурів утворюються лунки.

5. Вплив на вологу і опади. Рослинний покрив створює усередині БЦ своєрідний водний баланс, затримуючи вологу. З цієї здатності БЦ-зи сильно відрізняються. Так, ялиновий ліс затримує до 36% опадів, сосновий – до 14, березовий – до 9. Відбувається розподіл вологи всередині БГЦ. Наприклад, розподіл дощової вологи в лісі складається з випаровування кронами дерев і стовбурів, поглинання корою і листям, стікання води до ґрунту. Частина води, що досягла ґрунту поглинається корінням, а частина досягає ґрунтових вод.

У лісах сильно зростає значення горизонтальних опадів: туманів, паморозь, що утворюються в результаті конденсації водяної пари. У всіх типах лісу взимку накопичується більше снігу, ніж у відкритих місцях. Це пояснюється тим, що взагалі над лісами випадає більше опадів, ніж на відкритій місцевості. Вологість повітря в фітоценозах завжди більше, ніж на відкритій місцевості.

Ліс знижує рівень ґрунтових вод і сильно уповільнює танення снігу. Від цього прилеглі до нього ділянки протягом 2-4 тижнів отримують додаткове джерело вологи.

6. Вплив на ґрунти. Оскільки рослинність є основним джерелом утворення органічних речовин, вона і в утворенні ґрунтів має провідне значення. Залежно від складу материнської породи і особливостей природно-кліматичних зон рослинність формує різні ґрунту – в степовій зоні –

чорноземи і темнокаштанові ґрунти, в пустелях – сіробурі, в тайговій зоні переважають підзолисті ґрунти і т.д.

7. Вплив на мікрорельєф. Рослинність обумовлює розвиток як мікро- так і мезорельєфу, перешкоджаючи процесам вивітрювання та руйнування гірських порід і процесу ерозії.

8. Вплив на фауну птахів і звірів. Рослинний покрив збагачує фауну птахів, звірів та інших тварин надаючи для їх життя різноманітні умови для укриття, розмноження і харчування, створюючи сприятливий мікроклімат. Лісові насадження рясніють безхребетними. Величезна їх кількість живе на стовбурах, гілках, корі і деревині.

Таким чином, для промислового Маріуполя, необхідно розширювати кількість зелених насаджень, стійких до забруднювачів, для покращення стану довкілля.

Висновки до розділу 3

В розділі наведено результати досліджень проведених для оцінювання стану навколишнього середовища м. Маріуполь, Путивль та смт. Безлюдівка за різними показниками та видами-біоіндикаторами. Розраховано значення флуктуючої асиметрії пластини виду *Tilia cordata* Mill та *Acer platanoides* L.

Таким чином, було досліджено 4 точки в м. Маріуполь та 4 точки в м. Путивль: 320 листових пластин виду *Tilia cordata* Mill та 320 *Acer platanoides* L. в різних за віддаленістю місцях розташування від забруднювачів.

Розрахунки величини показника флуктуючої асиметрії листової пластини, на основі яких встановлено бал відповідно до шкали стабільності розвитку виду-біоіндикатору, характеризують ступінь відхилення стану розвитку організмів від умовної норми, на основі якого визначено якість

середовища. Квантифікаційні значення свідчать про значний антропогенний вплив та техногенний пресинг в районах міста Маріуполь, та навпаки – про мінімізацію антропогенного впливу в межах міста Путивль, через відсутність промисловості (вплив лише за рахунок незначної кількості автотранспорту).

Антропогенний вплив для міської екосистеми Маріуполя становлять значні промислові викиди підприємств, що знаходяться в мажах міста та збільшення автотранспорту. Екологічний стан районів міста оцінено як забруднений, зелені насадження знаходяться у пригніченому стані.

Оцінено стан хвойних рослин міста, порівняно зібрану хвою в Маріуполі з хвоєю з соснового лісу в Харківській області, що обрано за контрольну. Стан хвої в Маріуполі значно відрізняється від контрольної.

Проведено оцінку стану водних об'єктів методом біотестування. Для оцінки обрано проби поверхневих вод річок Сейм та Кальміус. Контрольна проба – бутильована вода. Проведено вимірювання морфометричних показників проростання насіння тест-об'єкту, розрахунки середніх показників, дисперсію, помилки. Найменшими показниками проростання характеризується бутильована, штучно очищена вода.

Розраховано значення фітотоксичного ефекту бутильованої води відносно проб з р. Сейм та Кальміус. Середнє значення ФЕ складає 35%.

Визначено перелік рослин, що найкраще підходять для створення санітарно-захисних зон навколо промислових підприємств та озеленення міських екосистем.

Для промислового Маріуполя, необхідно розширювати кількість зелених насаджень, стійких до забруднювачів, для покращення стану довкілля.

ВИСНОВКИ

Проведено літературний огляд основ біомоніторингу, теоретичні відомості та практичне застосування для оцінки стану навколишнього середовища. Визначено види біомоніторингу – біоіндикація та біотестування.

Визначено, що біоіндикація використовується для якісної і кількісної оцінки (визначення ступеня забруднення) антропогенного і природного впливу на навколишнє середовище. При цьому виявлено, що методи біоіндикації фіксують швидкості змін, що відбуваються, розкриваються тенденції, вказуються шляхи надходження і місця скупчень в екосистемах різного роду забруднень і отруйних речовин.

Розглянуто методи біотестування, що визначають можливі шляхи впливу токсикантів на живі організми, а також ступінь шкідливості будь-яких синтезованих речовин для живої природи і людини.

Встановлено, що організмами-біоіндикаторами є різні таксономічні групи організмів, ступінь вивчення яких є досить широким, а використання для оцінки стану навколишнього середовища дуже поширеним.

Кінцева мета досліджень методами біоіндикації та біотестування – встановити рівень антропогенного впливу на компоненти навколишнього середовища.

Наведено загальну характеристику та опис місця проведення польових досліджень. На основі зібраних даних розроблено власний SWOT-аналіз екологічної ситуації в місті Маріуполь.

Проведено оцінку стану навколишнього середовища промислово навантаженого м. Маріуполь та порівняно з містами, що мають менший антропогенний вплив біоіндикаційним методом. Застосовано методика В. М. Захарова «Здоров'я середовища: методика оцінки» для визначення екологічного стану міста. На основі методики розраховано величини флюктуючої асиметрії листової пластини пластини виду *Tilia cordata* Mill та

Acer platanoides L, за допомогою яких оцінено стан навколишнього середовища міських екосистем. Розроблено графік, що відображає розрахунки величини ФА в усіх вимірювальних точках відносно умовної норми. На основі отриманих величин встановлено бал відповідно до шкали стабільності розвитку виду-біоіндикатору, що характеризує ступінь відхилення стану розвитку організмів від умовної норми, на основі якого визначено якість середовища – квантифікаційний аналіз.

Оцінено стан хвойних рослин міста, порівняно зібрану хвою в Маріуполі з хвоєю з соснового лісу в Харківській області, що обрано за контрольну.

Проведено оцінку стану водних об'єктів методом біотестування. Проведено вимірювання морфометричних показників проростання насіння тест-об'єкту, розрахунки середніх показників, дисперсію, помилки. Розраховано значення фітотоксичного ефекту бутильованої води відносно проб з р. Сейм та Кальміус. Середнє значення ФЕ складає 35%.

Визначено перелік рослин, що найкраще підходять для створення санітарно-захисних зон навколо промислових підприємств та озеленення міських екосистем.

Таким чином, в роботі проведено квантифікаційний біомоніторинг та надано оцінку стану міських екосистем з різним ступенем антропогенного навантаження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ашихмина Т. Я. Біоіндикація та біотестування – методи пізнання екологічного стану довкілля / Т. Я. Ашихмина – Кіров, 2005. – 236 с.
2. Біологічний контроль навколишнього середовища: навчальний посібник для студентів виш. навч. закладів. О. П. Мелехова, Е.І. Сарапульцева, Т. І. Євсєєва; під ред. О. П. Елехової. – 2 видання, – М.: видавництво «Академія», 2008. – 288 с.
3. Криволицкий Д. А. Біоіндикація і біомоніторинг / Д. А. Криволицкий. – Москва: Наука, 1991. – 367 с.
4. Franiel I. Fluctuating asymmetry of *Betula pendula* Roth. Leaves – an index of environment quality. *Biodiv. Res. Conserv.* 2008. Vol. 9-10. P. 7-10
5. Palmer A. R. Strobeck C. Fluctuating asymmetry as a measure of developmental stability: implications of nonnormal distributions and power of statistical tests. *Acta Zool. Fenn.* 1992. Vol 191. P. 57-72.
6. Захаров В. М. Онтогенез и популяция (стабильность развития и популяция изменчивость) // *Экология.* 2001. № 3. С. 164-168.
7. Зоріна А. А., Корос А. В. Мінливість показників і індексів асиметрії ознак листа в кроні *Betula pendula* (Betulaceae) // *Ботанічний журнал,* 2009. Т. 94. №8. С. 1172-1192.
8. Покровская С. Ф. Влияние загрязнений воздуха на растения / С. Ф. Покровская. – Москва: Наука, 1973. – 288 с.
9. Мелехова О. П. Біологічний контроль навколишнього середовища (біоіндикація і біотестування) / О. П. Мелехова, Є. І. Єгорова., 2007. – 288 с.
10. Опекунова М. Г. Биоиндикация загрязнений / М. Г. Опекунова. – СПб: СПбГУ, 2004. – 266 с.
11. Функ Г.В., Идрисов Р.Р. Оценка состояния окружающей среды на основе показателей липы сердцевидной (*Tilia cordata*) на примере Железнодорожного района г. Ульяновска // *Научный журнал,* 2016. – №11. – С. 15–20.

12. Собчак Р.О., Афанасьева Т.Г., Копылом М.А. Оценка экологического состояния рекреационных зон методом флуктуирующей асимметрии листьев *Betula pendula* Roth. // Вестник Томского государственного университета, 2013. – №368. – С. 195–199.
13. Хузина Г. Р. Характеристика флуктуирующей асимметрии билатеральных признаков листа липы мелколистной (*Tilia cordata* L.). Вестник Удмуртского университета. 2011. – С. 50–52.
14. Колупаєв Ю.Є., Карпець Ю.В. Формування адаптивних реакцій рослин на дію абіотичних стресів. - Київ: Основа, 2010. - 205 с.
15. Палеева Т. В. Болезни и вредители растений / Т. В. Палеева. – Москва: Эксмо, 2004. – 192 с.
16. Шержукова Л.В., Кривцова А.Н., Мелузова М.И. и др. Оценка стабильности развития липы мелколистной на заповедной и урбанизированной территориях // Онтогенез, 2002. – Т. 33. – №1. – С. 15–18.
17. Овечкина Е.С., Шаяхметова Р.И. Влияние антропогенных факторов на содержание пигментов сосны обыкновенной в летне-зимний период на территории Нижневартовского района // Известия Самаоского научного центра, 2015. – Т. 17. – №6. – С. 236–241.
18. Касимов Н. С. Экология города / Н. С. Касимов, А. С. Курбатова, В. Н. Башкин. – Москва: Научный мир, 2004. – 290 с.
19. Borisov, A. Y., Rozov, S. M., Tsyganov, V. E., Morzhina, E. V., Lebsky, V. K., & Tikhonovich, I. A. 1997. Mol. gen. genet. 254: 592-598.
20. Owen Robert D., McBee K. Analysis of asymmetry and morphometric variation in natural populations of chromosome-damaged mice/ Tex.I.Sc., 1990,42,4.-P.319-332.
21. Гилева Э.А., Нохрин Д.Ю. Флуктуирующая асимметрия краниометрических признаков у восточноевропейской полевки из зоны радиационного неблагополучия // Экология. 2001 – . № 1. - С. 44-49.

22. Чубинишвили А.Т. Оценка состояния природных популяций озерной лягушки (*Rana ridibunda*) в районе Нижней Волги по гомеостазу развития: цитогенетический и морфогенетический подходы. Зоол. журн. - 1998- Т.77, №8. - С. 942-946.
23. Венгеров П.Д. Экологические закономерности изменчивости и корреляции морфологических структур птиц. Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 2001. 247 с.
24. Василова О. Дослідження інденції амосферного забруднення у Львові за допомогою лишайників. О. Василова // Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С. З. Гжицького. – 2011 р. – т. 13 частина 2 №2, С. 202-207.
25. Theoretical principles of entomobioindication У. D. Voychuk. Біорізноманіття та роль тварин в екосистемах: Матеріали IV Міжнародної наукової конференції. – Дніпропетровськ: Вид-во ДНУ, 2007. – С. 236-239.
26. Використання *pelophylax ridibundus* у біоіндикаційних дослідженнях О.П. Корж, В.Ю. Задорожня, В.В. Мосейко. Вісник Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника. Серія – Біологія, 2012. – Вип. XVII. с. 166-171.
27. Трусевич В.В., Гайский П.В., Кузьмин К.А. Автоматизированный биомониторинг водной среды с использованием реакций двустворчатых моллюсков // Морской гидрофизический журнал. МГИ НАНУ. Севастополь. 2010. № 3. С. 75–83.
28. Faibaim D.W., Olive P.L., O'Neill K.L. The comet assay: A comprehensive review. // *Mutat. Res.*, 1995, V.339, P.37-59.
29. McCann J.Choi E., Yamasaki E., Ames B.N. Detection of carcinogens as mutagens in the Salmonella / microsome test: Assay 300 chemicals // *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.*, 1975, V.72, P. 5135-5139.
30. Федорова А. І. Біоіндикація мутагенних ефектів радону з використанням ядерцевого тесту в клітинах коренів традесканції / А. І. Федорова, В. Н. Корж, А. Ю. Плахотіна. // Вісник ВДУ, Серія: Хімія, Біологія, Фармація. – 2004. – №2. – С. 151–156.

31. «МАРІУПОЛЬ: СТРАТЕГІЯ РОЗВИТКУ-2021» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://mariupolrada.gov.ua/uploads/ckedit/or/%D0%95%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%BC%D1%96%D0%BA%D0%B0/%D0%A1%D1%82%D1%80%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%B3%D1%96%D1%8F%202021/Strategy-2021-UKR%20%283%29.pdf>
32. Резолюція круглого столу «Екологічні проблеми м. Маріуполь та шляхи їх розв’язання на засадах збалансованого розвитку» [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://www.ecoleague.net/images/pronas/%D1%80%D0%B5%D0%B7%D0%BE%D0%BB%D1%8E%D1%86%D1%96%D1%8F_%D1%80%D0%B5%D0%B4.pdf
33. Сайт м. Маріуполь // Екологія [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://mariupolrada.gov.ua/ru/ecology>
34. РЕГІОНАЛЬНА ДОПОВІДЬ ПРО СТАН НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА В ДОНЕЦЬКІЙ ОБЛАСТІ У 2019 РОЦІ // [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://ecology.donoda.gov.ua/wp-content/uploads/2020/09/РЕГІОНАЛЬНА-ДОПОВІДЬ-2019.pdf>
35. Путивльська міська рада // [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://putivl-rada.gov.ua/>
36. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Сумській області у 2019 році // [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://mepr.gov.ua/files/docs/Reg.report/2019/Сумська%20область.pdf>
37. Безлюдівка – // [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Безлюдовка>
38. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Харківській області у 2019 році // [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://kharkivoda.gov.ua/oblasnaderzhavnaadministratsiya/strukturaadministratsiyi/strukturni-pidrozdili/486/2736/105379>
39. Гамуля Ю. Г. Рослини України / за ред. канд. біол. наук О. М. Утевської. — Х.: Фактор, 2011. — 208 с.: іл.

40. Гродзінський А. М. Енциклопедичний довідник / А. М. Гродзінський.
41. Сосна звичайна // [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Сосна_звичайна
42. Крес-салат (*Lepidium sativum*) // [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Кресс-салат>
43. Ерофеева Е. А. Взаємозв'язок фізіолого-морфологічних показників листової пластини берези повислої з вмістом в ній важких металів / Е. А. Ерофеева, М. М. Наумова. Вісник Нижегородського університету ім. Н. І. Лобачевського. – 2010. - №1. – с. 140-143.
44. Захаров В. М., Чубінішвілі А. Т., Дмитрієв С. Г., Баранов А. С., Борисов В. І., Валецький А. В., Крисанов Е. Ю., Кряжева Н. Г., Пронін А. В., Чистякова Е. К. / Здоров'я середовища: практика оцінки. М.: Центр екологічної політики Росії. 2000. 320 с.
45. Захаров В.М., Кларк Д.М. Биотест: интегральная оценка здоровья экосистем и отдельных видов. Моск. отделение МФ «Биотест». - М., 1993. - С.68 .
46. Чухрій Ю.П. Біоіндикація. Біотестування. Біомоніторинг: Конспект лекцій.: Одеса: ОНАХТ, 2014. – 41 с
47. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт студентами напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування» / А.І. Горова, А.В. Павличенко, О.О. Борисовська, В.Ю. Ґрунтова, О.В. Деменко; – Д.: Національний гірничий університет, 2014. – 76 с.
48. Мальцев В. І., Карпова Г. О., Зуб Л. М. Визначення якості води методами біоіндикації: науково-методичний посібник. Київ, 2011. С. 22-25.
49. ДСТУ ISO 5667-6:2009 Якість води. Відбирання проб. Частина 6. Настанови щодо відбирання проб з річок і струмків (ISO 5667-6:2005, IDT) . [Чинний від 2009-03-12]. Вид. офіц. Київ, 2012. 10 с.

50. Кучерявый В.А. Урбоэкологические основы фитомелиорации. Ч. 1. Урбоэкология. /В.А. Кучерявый. – М.: НТ Информация, 1991. – 357 с.; Ч. II. Фитомелиорация. – М.: НТ Информация, 1991. – 288 с.
51. Кулагин Ю.З. Древесные насаждения и промышленная среда /Ю.З. Кулагин. – М.: Наука, 1974. – 215 с.
52. Кучерявий В.П. Урбоекологія /В.П. Кучерявий. – Львів : Світ, 1999. – 360 с.
53. Phytoremediation: an environmentally sound technology for pollution prevention, control and redmediation // [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.unep.or.jp/ietc/Publications>
54. Каспаров А.А. Гигиена труда и промышленная санитария /А.А. Каспаров. – М.: Медицина, 1981. – 368 с.
55. Екологічний паспорт Дніпропетровської області. – Дніпропетровськ. – 2009. – 130 с.
56. Зарубин Г.П. Гигиена города /Г.П. Зарубин, Ю.В. Новиков. – М.: Медицина, 1986. – 272 с.
57. Илькун Г.М. Загрязнители атмосферы и растения /Г.М. Илькун. – К.: Наук. думка, 1978. – 246 с.
58. Капелюш Н.В. Пилоосажуюча роль *Platanus orientalis* й *Platanus acerifolia* у насадженнях санітарно-гігієнічного призначення /Н.В. Капелюш, В.П. Бессонова // Науковий вісник Чернівецького ун-ту. Серія Біологія. – 2007. – Вип. 343. – С. 88–97
59. Кулагин А.А. Древесные растения и биологическая консервация промышленных загрязнителей /А.А. Кулагин, Ю.А. Шагиева. – М.: Наука, 2005. – 190 с.
60. Растения и стресс : курс лекций. – Екатеринбург, 2008. – 267 с.
61. Кеситадзе Г.И. Метаболизм антропогенных токсикантов в высших растениях /Г.И. Кеситадзе, Г.А. Хатисашвили, Т.А. Садунишвили, Е.Г. Евстигнеева. – М.: Наука, 2005. – 199 с.

62. Scandalios J.G. Oxidative stress: molecular perception and transduction of signals triggering antioxidant gene defenses / J.G. Scandalios // *Braz. J. Med. and Biol. Res.* – 2005. – V. 38. – № 7. – P. 995–1014.
63. Huang J.W. Phytoremediation of lead-contaminated soils: role of synthetic chelates in lead phytoextraction / J.W. Huang, J. Chen, W.R. Betri, S.D. Cunningham // *Environ. Sci. Technol.*, 1997. – V. 31. – P. 800–805.
64. Бессонова В.П. Некоторые аспекты фитоиндикации загрязнения окружающей среды по биохимическим показателям / В.П. Бессонова // *Вопросы биоиндикации.* – Запоріжжя: ЗНУ. – 1997. – С. 7–20.
65. Гнатів П.С. Функціональна діагностика в дендроекології / П.С. Гнатів. – Львів: Камула, 2014. – 336 с.
66. Скробала В.М. Оптимізація урбанізованих та техногенних ландшафтів засобами озеленення / В.М. Скробала // *Наук. вісник НЛТУ України: Проблеми урбоекології та фітомеліорації.* – Львів : УкрДЛТУ. – 2003. – Вип. 13.5 – С. 415–421.
67. Тищенко Д.Д. Дослідження гістохімічних особливостей однорічних пагонів представників роду *Cotoneaster* / Д.Д. Тищенко // *Вісник Дніпропетр. ун-ту. Серія Біологія. Екологія.* – 2007. – Т. 2. – С. 183–187
68. Чемерис І.А. Характеристика фотосинтетичної функції сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) в умовах аеротехногенного навантаження (на прикладі Черкаської промислової агломерації) // *Екологія та ноосферологія.* – 2007. – Т. 18, № 1 – 2. – С. 28–35.
69. Юсипіва Т.І. Вплив промислових викидів SO₂ та NO₂ на гістологічні показники сходів і підросту *Robinia pseudoacacia* L. / Т.І. Юсипіва, О.І. Подолкіна // *Вісник Львів. ун-ту. Серія Біологічна.* – 2010. – Вип. 53. – С. 106–113.
70. Kolupaev Yu.Ye. The importance of reactive oxygen species in the induction of plants resistance to the heat stress / Yu.Ye. Kolupaev, Yu.V. Karpets, I.V. Kosakivska // *Gen. Appl. Plant Physiol.* – 2008. – V. 34, № 3–4. – P. 251–266.
71. Про охорону навколишнього природного середовища: закон України від 25.06.1991 № 1264-XII // *Відомості Верховної Ради України.* – 1991. – № 41.

72. Програма озеленення території м. Маріуполь на 2017-2021 роки / Н. В. Заїменко [та ін.]. – Маріуполь, 2017. – 713 с.

73. Программа охраны и оздоровления окружающей среды г. Мариуполя на 2012-2020 года [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: www.marsovet.org.ua/image_add/File/2012/project%20%20ecology.doc

74. Закон України Про охорону атмосферного повітря від 16.10.1992 № 2707-ХІІ // Відомості Верховної Ради України. - 1991. - № 41.

75. Положення про порядок видачі дозволів на викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 29 травня 1996 р. № 364. //Екологічне законодавство України. Книга 2. - К.: - 1998.

76. Положення про порядок здійснення державного обліку в галузі охорони атмосферного повітря. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 29 грудня 1993 р. № 1073. //Екологічне законодавство України. Книга 2. К.: - 1998.

77. Rajeev Singh, Hema Joshi, Anamika Singh. Bryophytes: Natural Biomonitors / Rajeev Singh, Hema Joshi, Anamika Singh // Natural Products Chemistry. – 2020. URL: https://www.researchgate.net/publication/346289386_Bryophytes_Natural_Biomonitors

78. Gabriela Elisa Dal Pizzol, Elinton Rezende, Jonas Kilpp. Biomonitoring of Owls and Their Environment Using Pellets and Feathers // Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology. – 2020. URL: https://www.researchgate.net/publication/344731921_Biomonitoring_of_Owls_and_Their_Environment_Using_Pellets_and_Feathers

79. Bernd R Schöne, Richard A. Krause. Retrospective environmental biomonitoring – Mussel Watch expanded // Global and Planetary Change 144. – 2016. URL: https://www.researchgate.net/publication/306069312_Retrospective_environmental_biomonitoring_-_Mussel_Watch_expanded

80. Elena Shadrina. Experience of Applying Plant and Animal Fluctuating Asymmetry in Assessment of Environmental Quality in Terrestrial Ecosystems: Results of

20-Year Studies of Wildlife and Anthropogenically Transformed Territories // Russian Journal of Developmental Biology. – 2018. Vol. 49. – №1 – p. 23-35.

81. S. A. Prikhodko, Yu. A. Shtirts. Application of morphogeometric method estimation of fluctuating asymmetry of *Acer pseudoplatanus* L. // Ukrainian Journal of Ecology. – 2018. № 8(1) – p. 194-210.

82. Carpentero, E.R., Tabugo. Determining developmental instability via fluctuating asymmetry in the shell shape of *Arctica islandica* Linn // 1767 (ocean quahog). European J. of Zool. Res., – 2014. 3(3), p. 1-7.

83. Elena A. Erofeeva, Basil N. Yakimov. Change of Leaf Trait Asymmetry Type in *Tilia cordata* Mill. and *Betula pendula* Roth under Air Pollution // Symmetry. – 2020. URL: www.mdpi.com/journal/symmetry

84. Urban tree diversity – Taking stock and looking ahead / [J. Morgenroth, J. Östberg, C. Konijnendijk van den Bosch and other]. // Urban Forestry & Urban Greening. – 2016. – №15. – P. 1-5.

85. Корж О. П. Використання дубу звичайного у біоіндикаційних дослідженнях стану атмосферного повітря / О. П. Корж, А. Г. Коростовець // Актуальні питання біології, екології та хімії. – 2014. – Т. 8, № 2. – с. 49-58.

86. Гаврикова В. С. Біоіндикація за показником флуктуючої асиметрії дерев *Acer Saccharinum* L. / В. С. Гаврикова // Екологічні науки: науково-практичний журнал. – 2014. – № 6. – с. 77-81.

87. Fluctuating Asymmetry of Plant Leaves: Batch Processing with LAMINA and Continuous Symmetry Measures / John H. Graham, Mattie J. Whitesell, Mark Fleming II [and other] // Symmetry. – 2015. – № 7. – p. 255–268.

88. Gavrikova V. S. The dynamics of fluctuating asymmetry of *Acer Platanoides* L. Leaves in urbanized environment / V. S. Gavrikova, O. A. Ignatyuk // Ecology and noospherology. – 2014. – V. 25, № 3–4. – p. 34-44.