

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ КИЇВСЬКИЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА
ГЕОГРАФІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ КАФЕДРА ФІЗИЧНОЇ ГЕОГРАФІЇ ТА
ГЕОКОЛОГІЇ

На правах рукопису
УДК 534.83:504.05

ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗВУКОВИХ
ЛАНДШАФТІВ
THEORETICAL AND APPLIED ASPECTS OF SOUNDSCAPE
RESEARCH

Галузь знань: 10 Природничі науки

Спеціальність 106-Географія

Освітня програма Транскордонне природоохоронне співробітництво

Магістерська робота
Студента 2 курсу
ОР Магістр
Лирика Ростислава Ярославовича

Науковий керівник :
професор кафедри фізичної географії
та геоєкології, д.геогр.н., професор
Самойленко Віктор Миколайович,

Київ-2025

ЗМІСТ

ВСТУП	3
РОЗДІЛ 1 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ ЗВУКОВИХ ЛАНДШАФТІВ	5
1.1. Поняття та складові звукового ландшафту: біофонія, геофонія, антропофонія.	5
1.2. Взаємозв'язок екології звукових ландшафтів та ландшафтної екології	7
1.3. Методологічні підходи до вивчення звукових ландшафтів.	10
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗВУКОВИХ ЛАНДШАФТІВ	14
2.1. Методи збору та аналізу акустичних даних	14
2.2. Просторово-часова динаміка звукових ландшафтів	7
2.3. Зв'язок звукових ландшафтів з екологічними змінними.	20
РОЗДІЛ 3 ВПЛИВ АНТРОПОГЕННИХ ФАКТОРІВ НА ЗВУКОВІ ЛАНДШАФТИ	25
3.1. Вплив урбанізації та промисловості на звукові ландшафти.	26
3.2. Наслідки шумового забруднення для екосистем.	29
3.3. Стратегії збереження та відновлення природних звукових ландшафтів.	33
РОЗДІЛ 4 ВПЛИВ ЗВУКОВИХ ЛАНДШАФТІВ НА ЛЮДИНУ ТА ЕКОСИСТЕМИ	38
4.1. Психологічний та фізіологічний вплив звукових ландшафтів на людину.	38
4.2. Роль звукових ландшафтів у функціонуванні екосистем.	40
4.3. Культурне та естетичне значення звукових ландшафтів.	43
ВИСНОВКИ	48
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	50

ВСТУП

Актуальність теми дослідження зумовлена зростаючим інтересом до взаємодії між людиною та її акустичним оточенням, а також необхідністю глибшого розуміння впливу звукового середовища на функціонування екосистем. В умовах урбанізації, техногенного тиску та зміни природних ландшафтів, звукове середовище зазнає суттєвих трансформацій, що потребують системного наукового аналізу. Звукові ландшафти, як складні структури, що об'єднують біофонію, геофонію та антропофонію, виступають не лише індикаторами стану довкілля, а й важливими чинниками екологічного балансу та людського добробуту.

Метою магістерської роботи є комплексне вивчення теоретичних і прикладних аспектів звукових ландшафтів, зокрема визначення їхньої структури, функцій та впливу на екосистеми й людину. Завдання дослідження включають: аналіз наукових джерел з теми звукових ландшафтів, формулювання понятійного апарату, вивчення методів збору та аналізу акустичних даних, оцінку впливу антропогенних факторів, а також обґрунтування стратегій збереження звукового середовища.

Об'єктом дослідження є звуковий ландшафт як складова довкілля. Предметом дослідження є його структура, динаміка та взаємозв'язок із екологічними та соціальними чинниками.

Методи дослідження включають аналіз літературних джерел, порівняльний метод, метод систематизації та методи аналізу та синтезу.

Теоретична значущість роботи полягає в уточненні понятійного апарату та обґрунтуванні ролі звукових ландшафтів у сучасній екології. Практична значущість полягає у можливості застосування результатів дослідження в екологічному моніторингу, міському плануванні, охороні природи та створенні сприятливих умов для життя людини.

Інформаційну базу дослідження становлять наукові праці вітчизняних і зарубіжних авторів з екології, акустики, ландшафтознавства, роботи Б. Шаффера, М. Саутворта, Б. Крауза, Дж. Фаріни, а також сучасні аналітичні матеріали, звіти з моніторингу довкілля та результати власного аналізу.

Наукова новизна роботи полягає у систематизації методологічних підходів до дослідження звукових ландшафтів, виявленні закономірностей

просторово-часової динаміки акустичного середовища, а також у запропонованих практичних рекомендаціях щодо його збереження.

Структура роботи складається з вступу, чотирьох розділів, висновків і списку використаних джерел. У першому розділі розглянуто теоретичні основи екології звукових ландшафтів. Другий розділ присвячено методам збору й аналізу акустичних даних. У третьому розділі досліджено вплив антропогенних факторів на звукове середовище. Четвертий розділ аналізує вплив звукових ландшафтів на людину та екосистеми. У висновках підсумовано результати та запропоновано напрями подальших досліджень.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ ЗВУКОВИХ ЛАНДШАФТІВ

1.1. Поняття та складові звукового ландшафту: біофонія, геофонія, антропофонія

Упродовж останніх десятиліть дослідження звукових ландшафтів стало важливою міждисциплінарною галуззю, що об'єднує ландшафтну екологію, екологію, акустику, географію та культурологію. Звукові ландшафти — розуміння яких ґрунтується на акустичних середовищах, сприйнятих або пережитих у певному контексті — стали центральним елементом у нашому розумінні екологічної цілісності, змін довкілля та людського досвіду простору. Ця магістерська дипломна робота досліджує теоретичні та практичні аспекти звукових ландшафтів шляхом аналізу їх трьох основоположних компонентів: біофонії, геофонії та антропофонії. Спираючись на широкий спектр літературних джерел, це дослідження критично оцінює, як ці поняття були визначені, розрізнені та досліджені в різних академічних сферах.

Поняття звукового ландшафту було популяризоване Р. Мюрреєм Шефером у 1970-х роках, який визначив його як звукове середовище, що нас оточує, і підкреслив важливість слухання як екологічного акту. Основоположна праця Шефера заклала підґрунтя для розвитку акустичної екології — дисципліни, що вивчає взаємовідносини між живими істотами та їхнім звуковим середовищем. Відтоді дослідження звукових ландшафтів значно розширилися, включивши сучасні технології запису, методи аналізу даних та міждисциплінарні підходи. [1. 15]

У центрі цієї галузі — три ключові категорії звуків: **Біофонія**, яка охоплює всі біологічні звуки, створені не-людськими організмами (наприклад, спів птахів, цвіркотіння комах, крики тварин); **Геофонія**, що стосується природних небіологічних звуків, таких як вітер, дощ, грім і течія води; **Антропофонія**, яка включає всі звуки, створені людиною, зокрема мову, музику, індустріальний шум і звуки транспорту. Кожна з цих категорій відіграє окрему роль у формуванні акустичного середовища та надає важливу інформацію про екологічну динаміку, поведінку видів і взаємодію людини з довкіллям.

Біофонія привертає значну увагу в біоакустичних дослідженнях та поведінковій екології. Багато досліджень аналізували, як тварини використовують звуки для комунікації, захисту території, залучення партнерів та координації поведінки в групі. Біофонічна складова звукових ландшафтів також є чутливою до порушень довкілля, що робить її цінним індикатором у збереженні біорізноманіття. Наприклад, Бьорні Краус [2. 11] у своїх працях продемонстрував, як втрата біорізноманіття відображається у зменшенні багатства або складності природних звукових ландшафтів — явище, яке він назвав «великим оркестром тварин».

Геофонія, хоча й вивчена менше, формує акустичне тло, на якому розгортаються біофонічні та антропофонічні звуки. Дослідники, зокрема Брайан С. Піджановський [20.32] зазначали, що геофонічні звуки формують акустичну ідентичність регіону та можуть впливати на поведінку тварин. Наприклад, звук сильного дощу може змінити схеми вокалізації у деяких видів амфібій. З геофізичної точки зору, геофонічні записи також дають змогу здійснювати довгостроковий екологічний моніторинг, зокрема відстеження кліматичних змін у гідрології або сезонних коливань погодних умов.

Антропофонія є критично важливою, хоча часто проблемною складовою сучасних звукових ландшафтів. Зі зростанням урбанізації та індустріалізації людські звуки — особливо шумове забруднення — істотно змінили природне акустичне середовище. Значний масив досліджень задокументував негативні наслідки антропофонії для дикої природи, зокрема порушення комунікації у птахів, підвищення рівня стресу у ссавців і поведінку уникнення середовищ існування. Людський шум також може маскувати біофонічні та геофонічні сигнали, спричиняючи явище, відоме як «акустичне маскування», що знижує функціональну цілісність звукових ландшафтів.

Метою даного дослідження є синтез знань із різних наукових джерел для формування цілісної аналітичної моделі розуміння компонентів звукового ландшафту. Одним із ключових завдань є оцінка того, як біофонія, геофонія та антропофонія взаємодіють і впливають одна на одну в різних екологічних та просторових контекстах. Крім того, робота досліджує сучасні методи дослідження, зокрема пасивний акустичний моніторинг, картографування звуку та використання акустичних індексів для кількісного вимірювання та візуалізації компонентів звукових ландшафтів.

Здійснивши ґрунтовний огляд літератури, це дослідження має на меті прояснити концептуальні неоднозначності та висвітлити новітні тенденції у вивченні звукових ландшафтів. Особливу увагу приділено розробці стандартизованої термінології, міждисциплінарній співпраці та інтеграції аналізу звукового ландшафту в екологічну політику та міське планування. Зростаючий інтерес до звукових ландшафтів також перетинається з дослідженнями у сфері громадського здоров'я, де вивчаються психологічні та фізіологічні ефекти різних звукових середовищ на людину [2. 24].

Крім того, ця дипломна робота досліджує прикладні аспекти вивчення звукових ландшафтів. Наприклад, у природоохоронних зонах і національних парках управління звуковими ландшафтами стає ключовою стратегією збереження природної спадщини та покращення вражень відвідувачів. У міському середовищі проєктування звукових ландшафтів — часто зване «звуковим дизайном» або «акустичним ландшафтним дизайном» — дедалі частіше визнається необхідним для створення комфортних і сталих просторів.

На завершення, це дослідження сприяє більш глибокому розумінню звукових ландшафтів як багатокомпонентних систем з екологічним, соціальним і культурним значенням. Аналізуючи, як біофонія, геофонія та антропофонія осмислюються та вивчаються в академічній літературі, ця робота закладає міцну основу для майбутніх досліджень і практичного застосування. Вона підкреслює важливість збереження акустичного різноманіття як частини ширших зусиль із захисту довкілля та сталого розвитку.

1.2. Взаємозв'язок екології звукових ландшафтів та ландшафтної екології

Екологія звукових ландшафтів (*soundscape ecology*) і ландшафтна екологія (*landscape ecology*) є двома суміжними науковими напрямками, які досліджують просторово-часові взаємодії в природних і антропогенних середовищах. Хоча кожна з дисциплін виникла в межах окремих теоретичних і методологічних традицій, останніми роками все більше дослідників визнають необхідність інтеграції цих підходів. Обидві галузі вивчають, як організми взаємодіють із середовищем, але в екології звукових ландшафтів основна увага приділяється акустичному виміру цієї взаємодії, тоді як ландшафтна екологія фокусується на просторовій структурі, процесах і функціях ландшафту. Взаємозв'язок між цими двома

дисциплінами відкриває нові перспективи в дослідженні біорізноманіття, моніторингу стану екосистем, плануванні природоохоронних заходів та урбаністичному розвитку.

1.2.1 Звуковий ландшафт як розширення просторової екології

Ландшафтна екологія традиційно розглядає ландшафт як мозаїку екологічних осередків, пов'язаних між собою потоками енергії, речовин та інформації. Просторові елементи ландшафту, такі як ліси, водойми, сільськогосподарські угіддя або міські зони, аналізуються з погляду їхньої структури (форма, розмір, межі) та функціонального значення (екосистемні послуги, середовище проживання тощо). У цьому контексті звуковий ландшафт є не лише побічним продуктом екологічних процесів, а й окремим інформаційним шаром, що відображає стан і динаміку екосистеми. [3. 44]

Екологія звукових ландшафтів розглядає звуки як показники, які несуть екологічну інформацію. Біофонія, геофонія та антропофонія разом формують акустичну структуру ландшафту, яка може змінюватися залежно від сезонів, часу доби, кліматичних умов або антропогенного впливу. Наприклад, зменшення біофонічної активності в певному регіоні може сигналізувати про деградацію природного середовища, втрату видового різноманіття або зміну клімату.

1.2.2. Акустичне картографування в ландшафтному контексті

Одним із ключових інструментів, який об'єднує підходи екології звуку і ландшафтної екології, є акустичне картографування (soundscape mapping). За допомогою пасивних акустичних сенсорів дослідники можуть просторово фіксувати та візуалізувати звукові дані, що дозволяє співвідносити їх із географічними, біофізичними та соціальними параметрами ландшафту. Наприклад, у національних парках акустичні карти можуть виявити зони з високою біофонічною активністю, що може слугувати основою для встановлення охоронних режимів. Так само карти, що демонструють високу щільність антропофонії, допомагають ідентифікувати джерела шумового забруднення та оцінити його вплив на екосистеми.

Розвиток акустичних індексів — таких як Acoustic Complexity Index (ACI), Bioacoustic Index (BI) та Normalized Difference Soundscape Index (NDSI) — дозволяє кількісно оцінити складність та структуру звукових

ландшафтів. Ці показники можуть бути інтегровані в геоінформаційні системи (GIS) і накладені на просторові моделі ландшафтної екології, що відкриває шлях до побудови цілісних моделей взаємозв'язків між звуковими і ландшафтними патернами. [5. 29]

Однією з центральних тем ландшафтної екології є фрагментація середовищ існування та її вплив на видовий склад і взаємодію між популяціями. Екологія звукових ландшафтів доповнює цю дискусію, досліджуючи, як фрагментація змінює акустичні характеристики середовища. Наприклад, знищення лісових масивів або будівництво автострад не лише змінює просторову конфігурацію середовища, а й впливає на поширення звукових хвиль, інтенсивність біофонії та рівень шумового забруднення. Це, своєю чергою, впливає на поведінку тварин, які використовують звук для спілкування, орієнтації та пошуку партнерів.

Звукові ландшафти також можуть бути використані для виявлення "екологічних пасток" — ситуацій, коли види неправильно інтерпретують змінене середовище як придатне для проживання, але насправді це середовище не забезпечує достатніх умов для виживання чи розмноження. Наприклад, деякі види птахів можуть бути приваблені до територій із високою біофонічною активністю, але не здатні там закріпитися через наявність надмірного антропогенного шуму [4. 30].

1.2.3 Просторове планування та збереження акустичного різноманіття

Інтеграція підходів екології звукових ландшафтів у ландшафтне планування відкриває нові горизонти у збереженні довкілля. Акустична інформація може бути використана для оцінки екосистемних послуг, що пов'язані із якістю звукового середовища, таких як психологічне благополуччя людини, відчуття гармонії з природою, або можливість спостереження за дикою природою.

У міському контексті акустичне планування стає важливим компонентом створення сталих середовищ. Використання природних елементів — зелених насаджень, водних об'єктів, природних бар'єрів — для формування сприятливого звукового простору дозволяє зменшити вплив шумового забруднення та водночас зберегти елементи біофонії. Ландшафтні архітектори, екологи та урбаністи все частіше працюють спільно, щоб розробляти акустично чутливі проекти, які враховують як фізичну, так і звукову структуру простору.

1.3. Методологічні підходи до вивчення звукових ландшафтів

Вивчення звукових ландшафтів як міждисциплінарного напрямку потребує застосування комплексного підходу, який поєднує знання з ландшафтної екології, екології, географії, біології, акустики, соціології, культурології та інших наук. Основною метою методології є опис, аналіз і інтерпретація звукових характеристик довкілля як частини гео- та екосистемного процесу і культурного простору.

Звуковий ландшафт (англ. *soundscape*) – це акустичне середовище, яке формується сукупністю природних, антропогенних та біологічних звуків у певному просторі. Для його вивчення застосовуються методи, які дозволяють фіксувати, аналізувати, моделювати і пояснювати звукові явища в їх просторово-часовій динаміці.

Основні етапи дослідження звукових ландшафтів:

1. **Рекогносцировка території:** вибір об'єкта спостереження, попередній опис ландшафту, визначення потенційних джерел звуків.
2. **Полеві акустичні спостереження:** запис аудіоданих із використанням спеціального обладнання.



Рис. 1.1 Збір акустичних даних в лісі

[2]

3. **Аналіз звукових даних:** цифрова обробка записів, побудова спектрограм, виявлення домінуючих частот і звукових патернів.
4. **Інтерпретація даних:** співвіднесення акустичних характеристик з біотичними та абіотичними факторами середовища.
5. **Візуалізація та моделювання:** побудова карт звукового ландшафту, інтеграція в геоінформаційні системи.

Таблиця 1.1 – Основні методи вивчення звукових ландшафтів (узагальнено на основі [1.9]; власний аналіз)

Метод	Короткий опис	Переваги	Недоліки
Польові аудіозаписи	Запис середовищних звуків через портативні рекордери	Дає реальні дані з місця	Залежить від погоди, технічних обмежень
Акустична екологія	Аналіз взаємодії організмів і їхнього акустичного середовища	Враховує біологічні аспекти	Складність при великій кількості шумів
Соціоакустичне опитування	Вивчення сприйняття звуків місцевим населенням	Враховує суб'єктивний аспект	Ризик упередженості відповідей
Моделювання	у Просторове	Добре	для Потребує

GIS	моделювання звукових ландшафтів за допомогою ГІС	великих територій	спеціального програмного забезпечення
-----	---	----------------------	---

Типи звукових ландшафтів та підходи до їх вивчення. У структурі звукового ландшафту виділяють три основні складові, кожна з яких потребує окремих підходів до дослідження:

- **Біофонія** — звуки, створювані живими організмами (спів птахів, комах, тварин);
- **Геофонія** — природні звуки неживої природи (вітер, дощ, течія річки);
- **Антропофонія** — звуки, пов'язані з діяльністю людини (транспорт, індустрія, міське життя).

Для кожної категорії застосовуються специфічні методики збору та аналізу даних, з урахуванням джерела, частотного діапазону та тривалості звукових подій.

До актуальних підходів у вивченні звукових ландшафтів належать такі технологічні та соціальні інновації:

- **Звуковий моніторинг через сенсорні мережі** — встановлення автоматичних аудіорекодерів, які здійснюють безперервний запис (24/7), що дозволяє фіксувати динаміку звукового середовища в реальному часі.
- **Краудсорсингові проєкти** — залучення громадськості та волонтерів до збору звукових даних, що сприяє розширенню географії досліджень і формує відкриту наукову взаємодію.
- **Інтеграція штучного інтелекту для розпізнавання звуків** — застосування алгоритмів машинного навчання для класифікації аудіофайлів, виявлення видів тварин або джерел шуму на основі акустичних патернів.

Висновки до розділу

У першому розділі було розглянуто теоретичні засади екології звукових ландшафтів, зокрема поняття, складові та міждисциплінарний характер цієї галузі. Визначено, що звуковий ландшафт є складною системою, утвореною взаємодією біофонії, геофонії та антропофонії. Кожна з цих компонентів не лише відображає стан екосистеми, але й активно впливає на неї, формуючи унікальне акустичне середовище певного простору.

З'ясовано, що екологія звукових ландшафтів тісно пов'язана з ландшафтною екологією, оскільки дозволяє розширити традиційні підходи до аналізу просторової структури та функціонування екосистем за рахунок акустичних параметрів. Методологічний інструментарій, який включає пасивний акустичний моніторинг, картографування та застосування акустичних індексів, забезпечує можливість комплексного аналізу звукового середовища як індикатора екологічного стану та як культурного феномена.

Отже, дослідження звукових ландшафтів є важливим напрямом сучасної екологічної науки, що має значний потенціал для практичного застосування в природоохоронній діяльності, урбаністичному плануванні та формуванні сталого акустичного середовища.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗВУКОВИХ ЛАНДШАФТІВ

2.1. Методи збору та аналізу акустичних даних

Вивчення звукових ландшафтів потребує системного підходу до збору, фіксації й аналізу акустичних сигналів. Методи збору та аналізу звукових даних розвивалися разом із розвитком технологій реєстрації звуку, а також у відповідь на наукові потреби різних дисциплін — біології, екології, географії, урбаністики тощо. У цьому підрозділі розглянемо основні підходи, інструменти, методології та типові труднощі, що виникають у процесі дослідження звукових ландшафтів.

Основні методи збору акустичних даних. Сучасна практика збору акустичних даних передбачає використання різноманітних інструментів та технологій. Найбільш поширеними є наступні методи.

Польові записи за допомогою рекордерів. Польовий запис — це основний спосіб фіксації звуків у середовищі. Використовуються портативні цифрові аудіорекодерери із спрямованими або всеспрямованими мікрофонами. Наприклад, рекордери типу Zoom H4n або Sound Devices MixPre дозволяють отримати високоякісні аудіофайли із розширеним динамічним діапазоном.

Приклади застосування:

- Фіксація співу птахів для вивчення біофонії.
- Запис природних звуків (вітру, води) для аналізу геофонії.
- Збір даних для створення архівів звукового середовища регіонів.

Автоматизовані аудіорекодерери. Автоматичні рекордери (наприклад, Wildlife Acoustics Song Meter) дозволяють здійснювати довготривалий моніторинг звукового середовища без фізичної присутності дослідника. Такі пристрої налаштовуються на заданий інтервал часу або рівень звуку.

Переваги:

- Можливість збору даних цілодобово.
- Зменшення антропогенного впливу на середовище.

Недоліки:

- Великий обсяг даних потребує складної обробки.
- Обмеженість у розрізненні джерел звуку без візуальної підтримки.

Акустичні сенсорні мережі (Acoustic Sensor Networks). Більш складні дослідження використовують мережі із численних сенсорів, що дозволяють збирати просторово-часові дані про акустичне середовище. Процес збору акустичних даних можна побачити на рис. 2.1. Такі мережі застосовуються для:

- Моніторингу популяцій тварин (наприклад, кажанів, китів).
- Вивчення шумового забруднення у містах.
- Детектування змін у біофонії під впливом кліматичних змін.

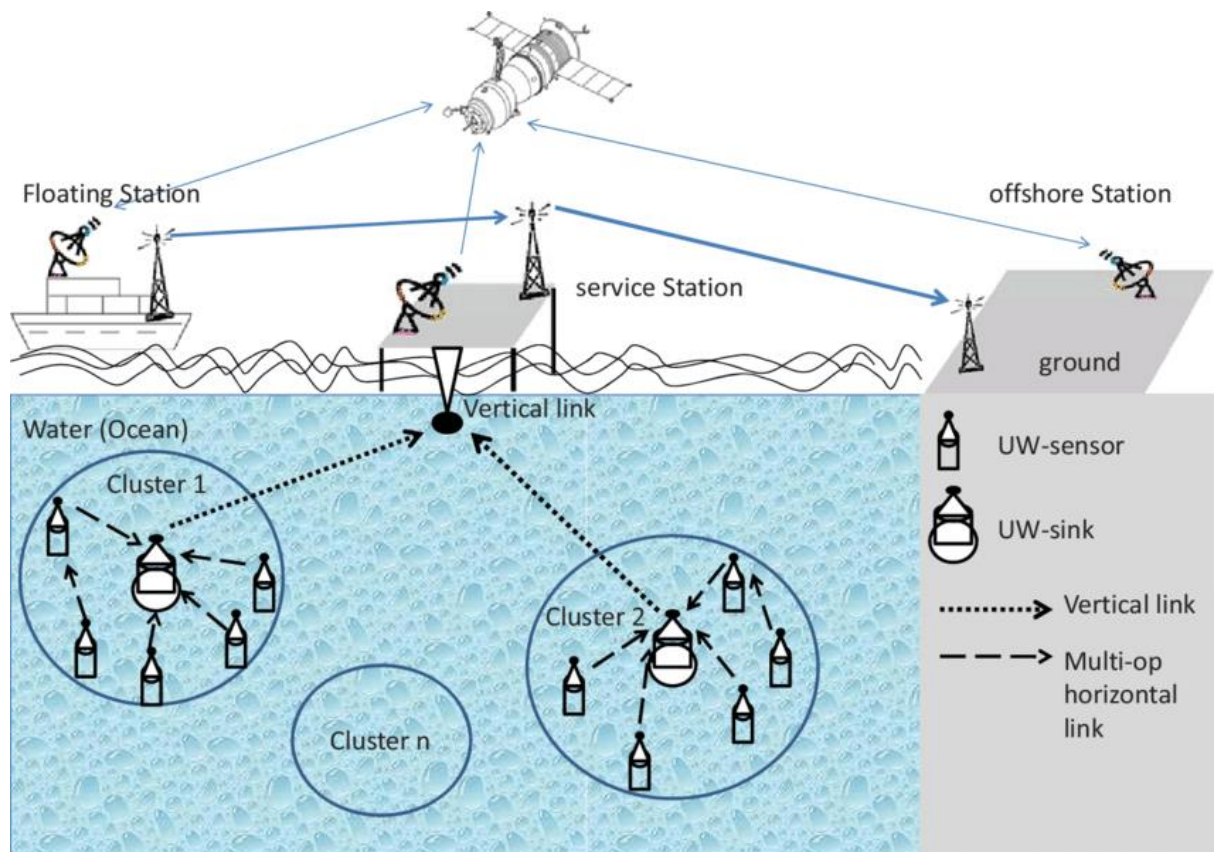


Рис. 2.1. Збір акустичних даних [23]

Одним із яскравих прикладів є проєкт **ARBIMON** (Automated Remote Biodiversity Monitoring Network), який застосовує розподілені сенсори для моніторингу тропічних лісів.

Після збору аудіоматеріалу проводиться етап аналізу, що включає обробку сигналів, їх візуалізацію та інтерпретацію.

Спектральний аналіз. Спектрограма дозволяє побачити частотний склад звуку в динаміці. Найчастіше використовується швидке перетворення Фур'є (FFT) (рис.2.2), що перетворює звукову хвилю у частотну область. [8. 22]

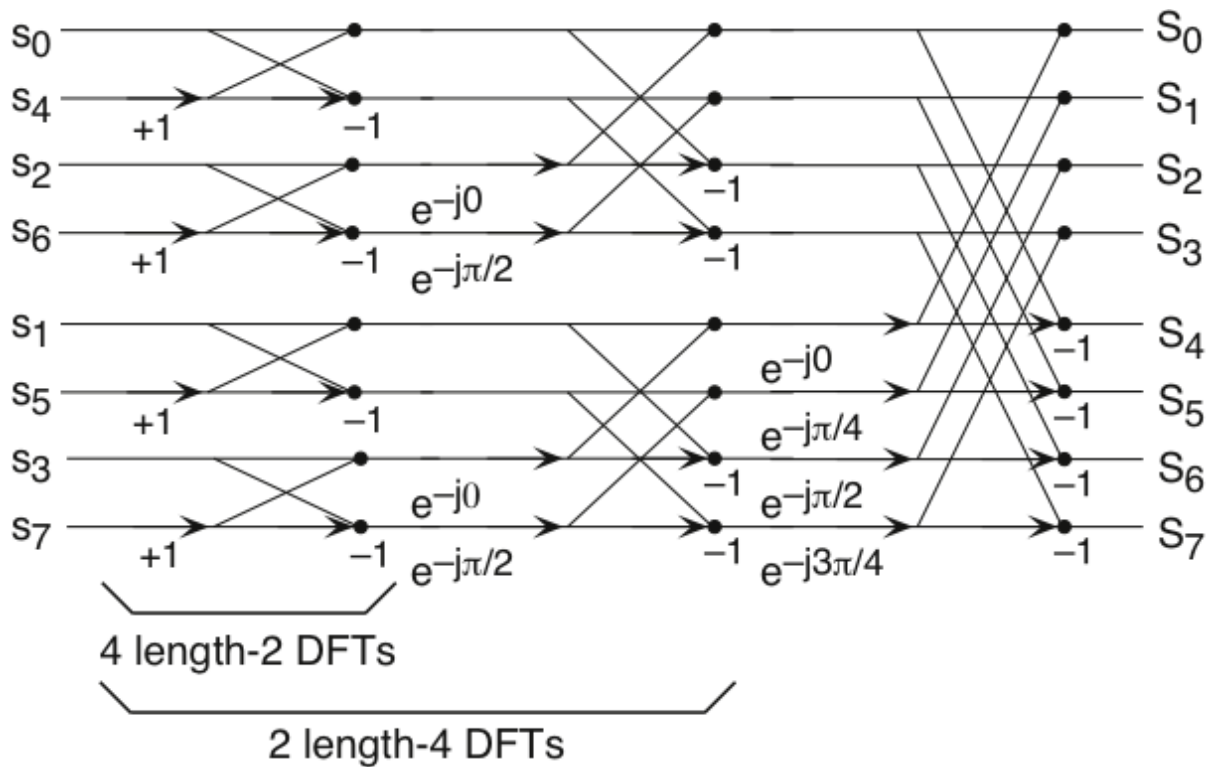


Рис. 2.2 Швидке перетворення Фур'є [24]

Приклади застосування:

- Ідентифікація видів птахів за вокалізацією.
- Виявлення техногенних джерел шуму.

Індекси акустичного різноманіття. Для оцінки загальної складності звукового середовища використовуються спеціальні індекси:

- **Acoustic Complexity Index (ACI).**
- **Acoustic Diversity Index (ADI).**
- **Normalized Difference Soundscape Index (NDSI).**

Ці індекси дозволяють кількісно оцінити:

- Біорізноманіття території.
- Ступінь антропогенного впливу.

Автоматизоване розпізнавання джерел звуку. Методи штучного інтелекту, зокрема машинне навчання, застосовуються для автоматичної ідентифікації типів звуків у великих обсягах даних. Жоден окремий метод не здатен забезпечити повну картину

акустичного середовища. Лише поєднання декількох методів збору та аналізу дозволяє:

- Отримати об'єктивні дані про біофонію, геофонію та антропофонію.
- Порівнювати різні середовища за єдиною шкалою.
- Виявляти динаміку змін у часі.

Рекомендовано комбінувати:

- Автоматичні записи + ручні польові спостереження.
- Спектральний аналіз + обчислення індексів.
- Класичні методи обробки + машинне навчання для розпізнавання патернів.

2.2. Просторово-часова динаміка звукових ландшафтів.

Звукові ландшафти є не статичним, а динамічним явищем, що постійно змінюється в залежності від простору і часу. Їх вивчення потребує розуміння того, як різноманітні природні та антропогенні фактори впливають на звукове середовище у різних місцях і на різних часових масштабах — від секундних змін до багаторічних тенденцій.

Вивчення просторово-часової динаміки звукових ландшафтів є критичним для:

- розуміння екологічних процесів;
- оцінки стану довкілля;
- прогнозування змін внаслідок урбанізації чи зміни клімату.

2.2.1 Просторова динаміка звукових ландшафтів

Просторовий вимір акустичних ландшафтів враховує, як географічне положення, тип середовища та його структура впливають на розподіл звуків. [7. 33]

Типи просторої динаміки:

1. **Ландшафтний**

рівень.

- Зміни у складі біофонії у лісах, пустелях, морських екосистемах.
- Відмінності у геофонії: наприклад, шум прибою на узбережжі проти шуму вітру у степу.

2. Локальний рівень.

- Варіація звуків в залежності від мікролокацій: густий ліс проти відкритої поляни.
- Урбанізовані середовища: різниця між звуковими профілями парків, житлових районів і промислових зон.

3. Мікроуровень.

- Розподіл звуків у межах одного середовища, наприклад, вздовж річки.

2.2.2 Часова динаміка звукових ландшафтів

Часові зміни в звукових ландшафтах можуть відбуватися на різних масштабах: від добових до сезонних і багаторічних.

Основні типи часових змін:

1. Добові цикли.

- Ранковий спів птахів (dawn chorus).
- Зростання активності комах ввечері.
- Нічне посилення геофонічних звуків (наприклад, шуму вітру).

2. Сезонні цикли.

- Весняне підвищення біофонії через шлюбні періоди тварин.
- Зимове зниження активності у лісових біоценозах.

3. Багаторічні тренди.

- Зміна біофонії через зміну клімату (наприклад, північна міграція видів).
- Зростання рівня антропофонії внаслідок розширення міських агломерацій.

Таблиця 2.2 Фактори що впливають на просторово-часову динаміку (на основі [20. 18])

Фактор	Просторовий вплив	Часовий вплив
Клімат	Визначає тип біотопів та їх звучання	Сезонні та річні варіації
Людська діяльність	Урбанізація, транспортні мережі	Інтенсивність шумового забруднення в різні години доби
Біологічні ритми організмів	Локалізація співу/звукоспостереження	Періодичність вокальної активності
Географічні особливості	Гори, водойми, ліси формують унікальні звукові профілі	Сталість або зміна середовища з часом

2.2.3 Методи вивчення просторово-часової динаміки

1. Акустичне картографування (Soundscape Mapping)

Картографування звукового середовища дозволяє візуалізувати просторовий розподіл акустичних характеристик.

Приклади інструментів:

- **GIS-системи** з акустичними шарами (ArcGIS, QGIS).
- **SoundMapping Tools** — інтеграція аудіоданих з картами місцевості.

2. Темпоральний аналіз аудіофайлів

Для аналізу часової динаміки використовуються:

- Спектрограми протягом доби або року.
- Статистичний аналіз змін амплітуди звуку.

3. Використання індексів біоакустичної різноманітності

Такі індекси дозволяють кількісно оцінити зміни:

- ACI (Acoustic Complexity Index).
- ADI (Acoustic Diversity Index).
- NDSI (Normalized Difference Soundscape Index).

Приклади просторово-часової динаміки

- **Біофонія:** весняне посилення співу птахів у лісах Північної Америки.
- **Геофонія:** посилення шуму льодовиків у зв'язку з глобальним потеплінням.
- **Антропофонія:** збільшення інтенсивності дорожнього шуму в мегаполісах у будні дні.

2.3 Зв'язок звукових ландшафтів з екологічними змінними

Звукові ландшафти є відображенням складних процесів, що відбуваються в навколишньому середовищі. Екологічні змінні — такі як температура, вологість, рослинний покрив, біорізноманіття — істотно впливають на характер та інтенсивність звуків, які формують звукове середовище. Зміна екологічних умов відбивається у зміні структури біофонії, геофонії та антропофонії.[10. 22]

Дослідження взаємозв'язку між звуковими ландшафтами та екологічними змінними є важливим інструментом моніторингу стану довкілля і може бути використано для оцінки змін екосистем під впливом природних і антропогенних факторів.

Екологічні змінні та їхній вплив на звукові ландшафти

Основні екологічні змінні, що впливають на звукові середовища:

- Температура повітря
- Вологість
- Рослинність
- Біорізноманіття
- Географічні особливості

● Антропогенний

тиск

Кожна з цих змінних має свій специфічний вплив на акустичні характеристики середовища.

Температура повітря

Температура суттєво впливає на активність живих організмів. Більшість видів комах, птахів та амфібій демонструють збільшення вокальної активності в межах певних температурних діапазонів. У тропічних лісах Амазонки спостерігається зростання гучності біофонії під час теплої вологої пори, коли більшість тварин активні.

Механізм впливу: підвищення температури стимулює обмін речовин у холонокровних тварин, активізуючи їхню поведінку і вокалізацію. Вологість також має потужний вплив на поширення звуків:

- Звуки краще розповсюджуються у вологому повітрі завдяки меншій втраті енергії.
- Висока вологість активізує амфібій, що суттєво змінює нічну біофонію.

Приклад: у сезон дощів в тропічних регіонах активність жаб підвищується, формуючи потужний звуковий фон.

Рослинність

Тип і щільність рослинності:

- Впливають на акустичне поглинання та розсіювання звуків.
- Формують унікальні звукові профілі середовища.

Приклад:

Ліс із густим підліском поглинає більше високочастотних звуків, ніж відкритий степ, де звуки подорожують на великі відстані.

Біорізноманіття

Багатство видів прямо корелює з акустичною складністю середовища.

Рівень біорізноманіття **Характеристика звукового ландшафту**

Високий	Багатий спектр частот, часта зміна джерел звуку
Середній	Обмежений набір звукових джерел
Низький	Домінування окремих звуків або повна тиша

Індекс акустичної складності (АСІ) використовується для кількісної оцінки різноманіття звуків в середовищі.

Географічні особливості

Гори, водойми, долини:

- Модифікують поширення звукових хвиль.
- Створюють унікальні ехо-ефекти та акустичні бар'єри.

Приклад: у гірських регіонах звук лунає довше і поширюється на більші відстані.

Антропогенний тиск

Людська діяльність:

- Вносить значний вклад у зміну звукових ландшафтів через шум транспорту, промисловості, туризму.
- Створює феномен "акустичного забруднення".

Взаємозв'язок біофонії та екологічних змін

Біофонія є індикатором змін у довкіллі:

- **Зменшення кількості видів** → зниження різноманіття звуків.
- **Зміна сезонних ритмів** → зсув піків вокальної активності.

- **Відповідь на шум** → адаптація тварин до зміщення частот або зміни часу вокалізації.

Антропофонія як показник деградації середовища

Підвищення рівня антропофонії (шуму людини):

- Зменшує чутність природних звуків.
- Впливає на поведінку тварин: зміна ареалів, стресові реакції, зниження успішності розмноження.

Джерело шуму	Потенційний вплив на біоту
Дорожній рух	Порушення комунікації у птахів та амфібій
Будівництво	Тимчасове або постійне виселення видів
Туризм	Зміна поведінкових патернів у ссавців
Промисловість	Хронічний стрес та скорочення чисельності

Загальні висновки до розділу

Звукові ландшафти є важливим відображенням екологічних змін і можуть виступати надійними індикаторами стану середовища. Їхнє вивчення у контексті екологічних змінних дозволяє:

- Оцінити ступінь деградації середовища.
- Прогнозувати наслідки антропогенного впливу.
- Розробити стратегії для збереження біорізноманіття.

Систематичний моніторинг акустичних ландшафтів на основі екологічних змінних відкриває нові горизонти для екології, акустичної інженерії та планування сталого розвитку людських спільнот.

РОЗДІЛ 3

ВПЛИВ АНТРОПОГЕННИХ ФАКТОРІВ НА ЗВУКОВІ ЛАНДШАФТИ

Антропогенний вплив на довкілля є одним із ключових факторів трансформації природних звукових ландшафтів у сучасну епоху. Урбанізація, промислове виробництво, транспортні комунікації та інші форми людської діяльності істотно змінюють акустичне середовище, спричиняючи не лише зростання рівня шуму, а й зміну структури звукових полів. Вивчення взаємозв'язку між антропогенними чинниками та змінами у звукових ландшафтах є актуальним напрямом сучасної екології, акустичної екології та географії звуку. [12. 49]

Особливої актуальності проблема набуває в умовах зростання урбанізаційних процесів, які спричиняють системне порушення природної звукової рівноваги. Промислова діяльність, інфраструктурні проєкти та транспортні системи продукують значні обсяги шумового забруднення, що чинить комплексний вплив на біофонію, геофонію та навіть на антропофонію. Ці зміни призводять до трансформацій у поведінці живих організмів, зміні екологічних зв'язків і зниженню якості життя людини.

Метою цього розділу є комплексний аналіз основних аспектів впливу урбанізації та промисловості на звукові ландшафти, розгляд наслідків шумового забруднення для екосистем, а також вивчення сучасних стратегій збереження та відновлення природного акустичного середовища.

У межах цього розділу буде здійснено докладний аналіз наукових підходів, статистичних даних і кейс-стаді досліджень різних регіонів світу. Особливу увагу буде приділено порівнянню стану звукових ландшафтів у міських і природних середовищах, характеристиці основних джерел шуму, а також оцінці ефективності заходів зі зниження антропогенного впливу на акустичну екологію.

Таким чином, розділ сприятиме поглибленому розумінню масштабів і наслідків змін у звукових ландшафтах під впливом людської діяльності та визначенню пріоритетних напрямів для їх подальшого дослідження і захисту.

3.1. Вплив урбанізації та промисловості на звукові ландшафти

3.1.1. Загальна характеристика впливу урбанізації на звукові ландшафти

Урбанізація є одним із найпотужніших чинників змін у природних звукових ландшафтах. Зростання міст, розширення транспортної мережі, будівництво житлових і промислових об'єктів призводять до збільшення антропогенного шуму, який витісняє природні звуки — спів птахів, шелест дерев, дзюрчання води тощо. Дослідження показують, що урбанізовані території характеризуються домінуванням високочастотного шуму,

переважно механічного походження, що спричиняє акустичну фрагментацію середовища (Pijanowski et al., 2011).

У структурі міського звукового середовища виділяють такі основні джерела шуму:

- транспорт (автомобільний, залізничний, авіаційний);
- промислові об'єкти;
- будівельні майданчики;
- комерційні заклади;
- житлова діяльність населення (музика, побутові шуми).



Рис. 3.1 Промисловість як об'єкт шумового забруднення [25]

Урбанізація не лише збільшує загальний рівень шуму, але й змінює просторово-часову структуру звукового ландшафту: збільшується кількість імпульсних шумів, відбувається переривання природних біоакустичних

комунікацій, знижується різноманітність природних звуків.



Рис 3.2 Транспорт — джерело шуму [26]

3.1.2 Вплив промисловості на звукові ландшафти

Промислові об'єкти — заводи, фабрики, електростанції — виступають одними з основних джерел постійного шумового забруднення. Викиди акустичної енергії від промислових об'єктів мають специфічні характеристики: вони характеризуються високою інтенсивністю, стабільністю й широким частотним діапазоном.

Особливо негативно впливають на звукові ландшафти:

- металургійна промисловість (шум пресів, плавильних печей);
- нафтопереробні заводи;
- цементні заводи;
виробництво будівельних матеріалів;
- енергетичні комплекси.

Тривалий вплив промислового шуму призводить до руйнування природних екосистем, скорочення видового різноманіття, змін у поведінці тварин та адаптивних стратегій рослин.

3.1.3 Особливості просторово-часової динаміки антропогенного шуму

Урбанізація та промисловість змінюють не лише середньостатистичний рівень шуму, а й його добову і сезонну динаміку:

- **Добова динаміка:** максимальні рівні фіксуються в години пік (ранок і вечір), мінімальні — вночі.
- **Сезонна динаміка:** в теплу пору року рівень шуму підвищується через активність будівельних майданчиків та збільшення транспортних потоків.
- **Просторова динаміка:** найвищі рівні шуму фіксуються в центральних районах міст і в зонах інтенсивного транспортного руху.

3.1.4 Зміни біофонії в результаті урбанізації

Одним із найбільш помітних наслідків урбанізації є зміна структури біофонії. Птахи, комахи, амфібії та ссавці змушені адаптувати свою вокалізацію або змінювати місця проживання.

Приклади змін у поведінці живих організмів:

- Підвищення частоти співу птахів для подолання міського шуму.
- Зміщення часу вокалізації до нічного часу.

Таблиця 3.1 Основні джерела шуму та їх характеристики (На основі [20])

Джерело шуму	Середній рівень шуму (дБ)	Основні характеристики
Автомобільний транспорт	70–90	Нерівномірний, імпульсний
Будівельні майданчики	75–105	Інтенсивний, тривалий
Промислові об'єкти	80–110	Постійний, багаточастотний
Залізничний транспорт	85–100	Періодичний, високої інтенсивності
Авіаційний транспорт	100–120	Високочастотний, короткочасний, дуже гучний

3.1.5 Сучасні підходи до моделювання впливу урбанізації на звуковий ландшафт

У науковій практиці активно використовуються такі методи:

- Акустичне моделювання територій на основі ГІС-даних;
- Карти звукового забруднення;
- Моделювання біофонії у відповідь на зміни акустичного середовища;
- Методи пасивного акустичного моніторингу.

Інноваційні підходи дозволяють прогнозувати зміну звукових ландшафтів за різними сценаріями урбаністичного розвитку.

3.2. Наслідки шумового забруднення для екосистем

3.2.1 Поняття шумового забруднення та його характеристика

Шумове забруднення — це один із різновидів фізичного забруднення довкілля, що виникає внаслідок надмірного рівня звуку або акустичних вібрацій, які мають негативний вплив на довкілля та живі організми. Згідно з визначенням Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) [21], шумом вважається будь-який небажаний звук, який негативно впливає на здоров'я людини або стан довкілля.

Особливістю шумового забруднення є те, що воно не залишає матеріальних слідів у середовищі, як це має місце у випадку хімічного або радіаційного забруднення, проте його ефекти можуть бути не менш руйнівними для біосфери. [13. 9]

Основні джерела шумового забруднення:

- міський транспорт;
- промислові об'єкти;
- авіаційний та залізничний транспорт;
- будівельна діяльність;
- військова активність;
- туристична інфраструктура (наприклад, круїзні лайнери, відпочинкові зони).



Рис.3.3 Постраждала фауна внаслідок бойових дій в Чорному морі [27]

Шумові хвилі мають здатність проникати у найвіддаленіші природні зони, змінюючи як фізичні характеристики середовища, так і поведінку організмів.

3.2.2 Біологічний вплив шуму на тваринні організми

Вплив на комунікацію та поведінку. Багато видів тварин використовують звук для орієнтації, пошуку їжі, уникнення хижаків і спілкування між собою. Збільшення рівня навколишнього шуму може істотно змінювати ці функції, призводячи до:

- зміни частоти або гучності вокалізацій;
- зміщення періодів активності;
- втрати здатності чути сигнали небезпеки;
- переривання міграційних маршрутів.

Прикладом є спів птахів у міському середовищі: численні дослідження виявили, що міські птахи співають на вищих частотах, щоб перекрити фоновий шум транспорту (Slabbekoorn & Peet, 2003).

Стресові реакції та фізіологічні зміни. Тривалий вплив шуму може призводити до хронічного стресу у тварин, що проявляється в:

- підвищенні рівня кортизолу;
- зниженні імунного захисту;
- зміні репродуктивних циклів;
- затримках росту та розвитку.

Особливо чутливими до шуму є морські ссавці (кити, дельфіни), оскільки вони використовують ехолокацію для навігації та полювання.

3.2.3 Екологічні наслідки шумового забруднення

Зміна структури екосистем. Шум здатен змінити структуру екосистем шляхом витіснення чутливих видів і домінування менш вибагливих організмів. Це може призвести до:

- зменшення біорізноманіття;
- спрощення харчових мереж;
- порушення природного балансу в екосистемах.

Фрагментація середовищ існування. Постійний шум створює «акустичні бар'єри», які розділяють популяції і обмежують можливості міграції, пошуку їжі або партнера для розмноження. Це явище фіксується як у наземних, так і у водних екосистемах. [15. 43]

3.2.4 Вплив шуму на водні екосистеми

Шумове забруднення у воді має дещо інший характер. Основними джерелами водного шуму є:

- морські судна;
- підводні бурові установки;
- військові навчання та використання сонарів.

Високий рівень шуму у воді впливає на:

- дезорієнтацію китів та дельфінів;
- зміну маршрутів міграції риб;
- порушення комунікації у косяках риб;

- зниження успішності розмноження водних видів.

Особливо небезпечним є вплив військових сонарів на китоподібних: він може викликати масові викиди тварин на берег.

Таблиця 3.2 Основні біологічні наслідки шумового забруднення (на основі [20])

Вид організмів	Біологічний ефект	Приклади наслідків
Птахи	Підвищення частоти співу	Погіршення ефективності спілкування
Ссавці	Хронічний стрес	Зниження виживання потомства
Комахи	Зміна звуків спарювання	Зменшення репродуктивного успіху
Морські ссавці	Порушення ехолокації	Масові викиди на берег
Риби	Порушення акустичної навігації	Зміщення міграційних маршрутів

3.2.5 Шум як екологічний фактор ризику

Сучасні екологічні дослідження все частіше розглядають шум як повноцінний фактор екологічного ризику нарівні з хімічним забрудненням чи зміною клімату. Шум впливає не лише на окремі організми, а й на цілі екосистеми, змінюючи їхню структуру, функціонування та динаміку.

Ключові напрями негативного впливу шуму:

- Порушення природних акустичних комунікацій;
- Зниження біорізноманіття;
- Деградація природних екосистем;

- Погіршення екологічної стійкості.

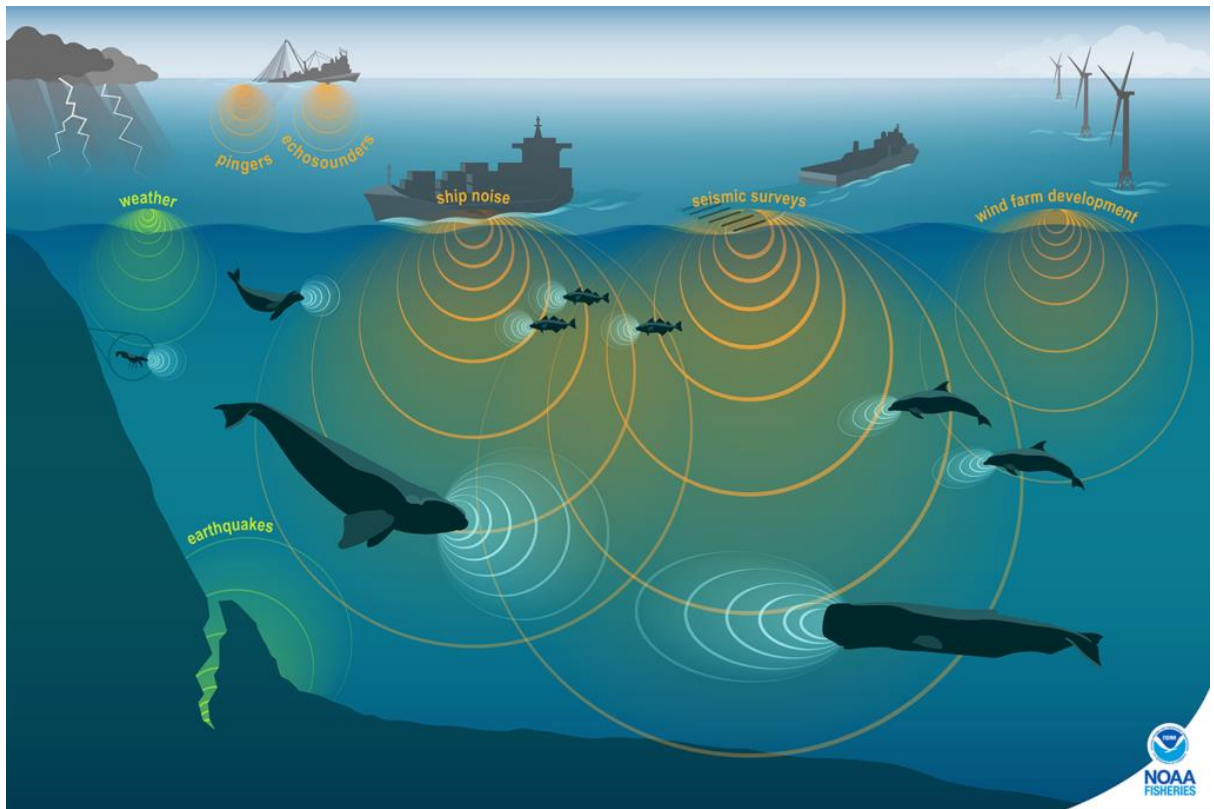


Рис. 3.4 Основні джерела шумового забруднення у воді [28]

3.3 Стратегії збереження та відновлення природних звукових ландшафтів

Природні звукові ландшафти — це акустичні образи природи, створені біофонією (звуками живих організмів) та геофонією (звуками неживої природи). Вони є невід’ємною частиною екологічної рівноваги та культурної спадщини людства. На сьогоднішній день природні акустичні середовища перебувають під загрозою через зростання антропогенного шуму, що вимагає термінових заходів із їх збереження і відновлення.

За даними досліджень, понад 63% природних ландшафтів у Північній Америці зазнали суттєвого шумового забруднення [21. 1]. Це призводить не лише до втрати автентичного звукового середовища, але й до серйозних екологічних наслідків: зміни поведінки тварин, зниження різноманіття видів, фрагментація популяцій.

3.3.1 Основні стратегії збереження звукових ландшафтів

Створення спеціальних територій, де рівень антропогенного шуму обмежується або повністю виключається, є однією з найефективніших стратегій. До таких прикладів належать:

- Національні парки, заповідники;
- Створення "зон тиші" (наприклад, ініціатива "Quiet Parks International").



Рис. 3.5 Роботи в ініціативі "Quiet Parks International"[29]

До практичних заходів відоситься:

- Обмеження доступу транспорту;
- Використання електротранспорту або безшумних засобів пересування;
- Заборона використання гучних механізмів у природних зонах.

3.3.2 Активне регулювання шумових джерел

Необхідно впроваджувати системні заходи для зменшення рівня шуму:

- Будівництво шумозахисних бар'єрів уздовж доріг і залізничних колій.
- Введення шумових нормативів для техніки та транспорту.
- Застосування інноваційних матеріалів для поглинання шуму.

Приклад: встановлення "зелених шумових бар'єрів" уздовж автомагістралей — смуг дерев та кущів, які одночасно поглинають звук і сприяють біорізноманіттю.

3.3.3 Акустична реставрація середовища

Це концепція, яка передбачає не лише зменшення шуму, а й відновлення автентичних природних звуків у середовищі.

Методи:

- Підсаджування видів, що мають характерні звукові сигнали (птахи, комахи).
- Використання звукових реплікаторів для відтворення біофонії в сильно змінених ландшафтах.
- Відновлення природних середовищ проживання тварин.

3.3.4 Технології моніторингу звукових ландшафтів

Ефективне управління звуковими ландшафтами неможливе без систематичного моніторингу.

Використовуються такі методи:

- Розгортання мережі акустичних сенсорів;
- Використання автоматичних записуючих пристроїв (ARUs);
- Аналіз акустичних індексів біорізноманіття;
- Використання штучного інтелекту для розпізнавання видів за вокалізацією.

Таблиця 3.3 демонструє основні інструменти моніторингу (на основі [20])

Технологія	Призначення	Приклади використання
Акустичні сенсори	Постійний фонівих звуків	запис Національні парки США

Автоматичні реєстратори (ARU)	аудіо	Довгострокове спостереження	Моніторинг співу птахів
Дрони з модулями	акустичними	Зйомка важкодоступних місцевостей	Океанічні дослідження
Ш-алгоритми аудіо	обробки	Автоматичне розпізнавання видів	Програма "Ecoacoustics AI"

3.3.5 Освітні та культурні програми

Підвищення обізнаності населення щодо важливості збереження звукових ландшафтів є невіддільною частиною загальної стратегії, а саме :

- Проведення освітніх кампаній щодо важливості звукових ландшафтів.
- Створення інтерактивних експозицій в музеях природи.
- Організація фестивалів природного звучання.

Культурна інтеграція звукових ландшафтів сприяє їх популяризації та захисту на локальному та глобальному рівнях.[18. 51]

3.3.6 Міжнародні ініціативи та політика

Захист звукових ландшафтів поступово визнається пріоритетом у глобальній екологічній політиці.

Приклади міжнародних механізмів:

- **ЮНЕСКО:** включення об'єктів природної тиші до списку Світової спадщини;
- **Quiet Parks International:** сертифікація природних “тихих зон”;
- **Рамкова директива ЄС про шум (END, 2002):** встановлює стандарти картування шуму та розробки планів його зниження.

Висновки:

Збереження та відновлення природних звукових ландшафтів є комплексним завданням, що вимагає міждисциплінарного підходу та міжнародної співпраці. Ефективні стратегії включають створення зон тиші, обмеження шумового забруднення, застосування інноваційних технологій моніторингу та активну участь громадськості. Відновлення автентичного звукового середовища є не тільки питанням екології, а й важливою складовою збереження культурної та природної спадщини людства.

РОЗДІЛ 4

ВПЛИВ ЗВУКОВИХ ЛАНДШАФТІВ НА ЛЮДИНУ ТА ЕКОСИСТЕМИ

Звукові ландшафти є не лише фоновим явищем природи чи урбанізованого середовища, а потужним чинником впливу на психологічний стан людини, її фізіологічні процеси, а також на функціонування екосистем у цілому. Вони здатні формувати емоційні переживання, впливати на рівень стресу, концентрацію уваги, а також визначати поведінкові моделі різних видів флори та фауни. У сучасних умовах активного антропогенного впливу на довкілля важливість збереження автентичних звукових середовищ виходить на перший план не лише як екологічне, але й як гуманітарне та соціокультурне завдання.

Цей розділ присвячено вивченню комплексного впливу звукових ландшафтів: спочатку зосередимося на психологічних та фізіологічних ефектах для людини, далі розглянемо роль звукового середовища у функціонуванні екосистем, а завершимо аналізом культурного й естетичного значення природних звуків.

4.1. Психологічний та фізіологічний вплив звукових ландшафтів на людину

4.1.1 Вплив природних звуків на психіку людини

Природні звуки, такі як шум води, спів птахів чи шелест листя, мають унікальну здатність позитивно впливати на психоемоційний стан людини [20. 89]. Дослідження показують, що регулярне перебування в середовищах із домінуванням біофонії асоціюється зі зниженням рівня тривожності, депресії та підвищенням загального відчуття благополуччя [6].

Механізми впливу включають:

- Зменшення рівня гормонів стресу, зокрема кортизолу;
- Підвищення варіабельності серцевого ритму (HRV), що є показником стійкості нервової системи;
- Покращення уваги та пам'яті за рахунок зниження когнітивного навантаження.

4.1.2 Фізіологічні аспекти впливу звукових середовищ

Не менш важливим є фізіологічний ефект природних звуків на людський організм. За даними досліджень, природна акустика може:

- Сприяти зниженню артеріального тиску;
- Поліпшувати якість сну;
- Прискорювати процеси відновлення після хвороб та оперативних втручань (Ulrich, 1984).

Штучне шумове забруднення, навпаки, викликає хронічні фізіологічні зміни:

- Підвищення ризику серцево-судинних захворювань;
- Порушення гормонального балансу;
- Систематичне підвищення рівня тривожності.

Таблиця 4.1 Порівняння фізіологічних ефектів природного та антропогенного звукового середовища джерело (на основі [1])

Тип середовища	звукового	Основні фізіологічні ефекти
Природне (біофонія, геофонія)	(біофонія,	Зниження тиску, покращення сну, зменшення стресу
Урбанізоване (транспорт, промисловість)	(транспорт,	Підвищення артеріального тиску, порушення сну, зростання рівня стресу

4.1.3 Звукові ландшафти і когнітивна продуктивність

Існує чіткий зв'язок між якістю звукового середовища та продуктивністю інтелектуальної праці. Так, згідно з експериментами (Jahncke et al., 2013), спів птахів чи шум водоспаду:

- Підвищує концентрацію уваги на 8–10%;
- Зменшує кількість допущених помилок при виконанні складних завдань;

- Сприяє відновленню після розумового виснаження.

На противагу цьому, постійний шум автотранспорту знижує когнітивну ефективність приблизно на 15–20%, особливо в завданнях, що потребують високої уваги та робочої пам'яті.

4.1.4 Звукові середовища в терапевтичних практиках

Використання природних звуків набуло широкого застосування в терапевтичних методиках:

- Музикотерапія із застосуванням природних звуків;
- Ландшафтна терапія (garden therapy) у поєднанні із звуками природи;
- Медитації з фонограмами біофонії (особливо для зниження тривожності, посттравматичних розладів).

4.1.5 Негативний вплив шумового забруднення на людину

Важливо розглядати і зворотний аспект: антропогенне шумове забруднення чинить істотний негативний вплив:

- Порушення циклів сну (через нічний шум транспорту);
- Зростання показників агресії у дітей та підлітків;
- Погіршення слуху навіть при невисоких, але тривалих рівнях шуму (>65 дБ).

Формується так званий "**хронічний шумовий стрес**", що призводить до передчасного старіння організму і розвитку соматичних захворювань.

4.2 Роль звукових ландшафтів у функціонуванні екосистем

4.2.1 Звукові ландшафти як регулятор екологічних процесів

Звукові ландшафти виконують ключову функцію в підтримці балансу екологічних систем. Біофонія (звуки тварин), геофонія (природні фізичні звуки середовища) і навіть елементи антропофонії (людська активність) беруть участь у регуляції міжвидової комунікації, розподілі територій,

виборі партнерів для розмноження та навіть у забезпеченні виживання окремих видів.

У природному середовищі звукові сигнали є невіддільною складовою «інформаційного простору» екосистем. Наприклад:

- Птахи використовують спів для маркування територій і залучення партнерів.
- Земноводні сигналізують про наявність сприятливих середовищ для розмноження.
- Ссавці подають звукові попередження про наближення хижаків.

Таким чином, звукові ландшафти функціонують як **екологічна комунікаційна мережа**, що забезпечує узгодження дій між видами і підтримку біологічної рівноваги.

4.2.2 Звукові середовища і стійкість екосистем

Дослідження показують, що екосистеми з багатими біофонічними профілями демонструють вищу стійкість до зовнішніх впливів, таких як кліматичні зміни або людська діяльність. Інтенсивність і складність звукового середовища часто корелюють із:

- Рівнем біорізноманіття;
- Станом ґрунтів;
- Якістю водних ресурсів.

Коли природні звукові патерни зберігаються, екосистеми краще регулюють популяційні динаміки, харчові ланцюги та відновлювальні процеси. Навпаки, **знищення або спотворення звукових середовищ** може стати першою ознакою деградації екосистеми ще до прояву візуальних змін.

4.2.3 Взаємодія біофонії та геофонії

Взаємодія між біофонією та геофонією визначає характер багатьох природних середовищ:

- У лісах спів птахів комбінується з шумом вітру у кронах дерев.

- У морських екосистемах звуки китів переплітаються із гуркотом хвиль та рухом підводних течій.
- В пустельних регіонах шелест піску створює унікальні акустичні умови, що впливають на поведінку рептилій та комах.

Біофонія і геофонія утворюють унікальну **звукову підпору** екосистем, яка:

- Сприяє орієнтації в просторі;
Допомагає уникати небезпек;
- Формує адаптивні стратегії виживання.

Таблиця 4.2. Взаємодія біофонії та геофонії в різних екосистемах джерело (на основі [1])

Тип екосистеми	Приклад геофонії	Приклад біофонії	Вплив на екосистему
Ліси	Шелест листя	Спів птахів, крики мавп	Розподіл територій серед видів
Океани	Шум хвиль, підводні течії	Звуки китів, риб	Комунікація на великі відстані
Пустелі	Шелест піску	Стридуляція комах	Адаптація до екстремальних умов
Гірські райони	Обвали каміння	Ехолокація тварин	Уникнення небезпеки

4.2.4 Порухення звукових ландшафтів і їх наслідки

Антропогенне втручання призводить до серйозних порушень природних звукових середовищ:

- Транспортний шум приглушує біофонію в містах і передмістях;
- Промисловий гул змінює патерни спілкування тварин у лісах та на узбережжях;

- Рекреаційна діяльність (туризм, спорт) призводить до зникнення співу птахів у популярних зонах відпочинку.

Це має драматичні наслідки:

- Порушення розмноження видів;
- Зниження успішності пошуку їжі;
- Підвищення вразливості до хижаків.

Біоакустичний хаос може стати **каталізатором локального вимирання видів**, особливо тих, що сильно залежать від акустичних сигналів.

4.2.5 Використання звукових даних в екологічному моніторингу

Сучасна екологія дедалі частіше використовує аналіз звукових ландшафтів для оцінки стану довкілля:

- Акустичний моніторинг біорізноманіття;
- Виявлення змін у популяціях за зникненням типових звуків;
- Визначення рівня антропогенного навантаження на природні території.

Технології, які використовуються:

- Автоматичні звукові пастки (audio traps);
- Глибинний акустичний аналіз за допомогою штучного інтелекту;
- Моделювання динаміки біофонії та геофонії для прогнозування змін.

Таким чином, звук стає важливим джерелом об'єктивних даних про здоров'я екосистем.

4.3. Культурне та естетичне значення звукових ландшафтів

4.3.1 Вступ до поняття культурного значення звукових ландшафтів

Звукові ландшафти мають не лише екологічне, а й глибоке культурне та естетичне значення. Вони відображають унікальні особливості конкретних територій, епох, суспільних укладів і способу життя певних громад. Саме через акустичне середовище людина сприймає і відчуває себе

частиною навколишнього світу, а також кодує й передає культурну пам'ять наступним поколінням.

Звуковий ландшафт містить у собі:

- природні звуки (біофонія, геофонія),
- антропогенні звуки (музика, мова, звуки праці),
- сакральні акустичні практики (дзвони, співи, ритуальні вигуки).

Таким чином, звукові ландшафти не тільки характеризують середовище існування, а й стають носіями ідентичності, засобами комунікації та елементами культурної творчості.

4.3.2 Звукові ландшафти як культурна спадщина

Звуки навколишнього середовища є невід'ємною частиною нематеріальної культурної спадщини людства. ЮНЕСКО визнає важливість збереження традиційних звукових середовищ нарівні з охороною архітектурних пам'яток [21]. Наприклад, такі звукові практики, як спів *Ca trù* у В'єтнамі, є частиною списку нематеріальної культурної спадщини ЮНЕСКО. Приклади традиційних звукових середовищ:

- **Дзвони середньовічних соборів Парижа:** їхнє звучання формує унікальний акустичний ландшафт міста.
- **Звуки ритуальних барабанів у племенах Африки:** використовуються в церемоніях та передають культурні знання.
- **Шум гейзерів і вітру в національних парках Ісландії:** природні звуки, що створюють особливу атмосферу.
- **Відлуння молитв у дзен-буддійських монастирях Японії:** сприяють медитації та духовному зосередженню.

4.3.3 Естетичне сприйняття звукових середовищ

Естетичне значення звукових ландшафтів визначається їх здатністю викликати емоційні реакції у слухача:

- відчуття величі (звуки хвиль, буревіїв),
- спокою (спів птахів, шелест листя),
- напруження (гул грому, ревище водоспаду).

В різних культурах сприйняття тих чи інших звуків має власне символічне навантаження:

- Шепіт вітру вважався посланням духів у багатьох індіанських культурах.
- Спів солов'я у середньовічній Європі асоціювався з ідеєю любові.
- Гуркіт хвиль символізував безмежність буття в традиціях Японії.

Таблиця 4.3. Символіка природних звуків у різних культурах (на основі [20])

Звук	Культура	Символічне значення
Спів солов'я	Середньовічна Європа	Любов, поезія
Гуркіт грому	Африканські племена	Голос богів
Шелест бамбуку	Японія	Гармонія з природою
Дзвони	Християнство	Поклик до молитви

4.3.4 Звукові ландшафти в мистецтві та медіа

Звукові ландшафти активно використовуються в мистецтві:

- У музичній композиції (жанр field recording);
- У кінематографі для створення атмосфери;
- У театральних постановках;
- У віртуальних середовищах (VR, AR).

Наприклад, Брайан Іно у своїх «амбітних записах» використовував натуральні звуки природи для створення аудіоландшафтів. У фільмах Теренса Маліка домінують природні шуми, які підкреслюють філософську наповненість сцен.

Звукові ландшафти також стали важливою частиною урбаністичних

проектів: дизайнери інтегрують біофонічні елементи у міські простори для покращення психологічного комфорту мешканців.

4.3.5 Виклики та загрози культурним звуковим ландшафтам

Сучасне шумове забруднення руйнує традиційні звукові середовища:

- У містах витіснено дзвони церков, карильйони і природні звуки.
- Механічний шум перебиває голоси співочих птахів.
- Туризм руйнує унікальні звукові середовища, наприклад, тишу стародавніх монастирів.

Ці процеси ведуть до:

- Втрати нематеріальної культурної спадщини;
- Зниження якості життя через сенсорну перевантаженість;
- Руйнування зв'язку людини з природою.

Тому сьогодні активно розвивається напрямок **акустичної консервації** — запис, архівування і збереження унікальних звукових ландшафтів.

4.3.6 Приклади програм збереження звукових ландшафтів

- **The World Soundscape Project** (Канада) — одне з перших масштабних досліджень екологічної акустики.
- **Global Soundscapes** — міжнародна ініціатива запису унікальних природних звуків світу.
- **Quiet Parks International** — сертифікація природних парків, де збережено природну тишу.

Ці проекти спрямовані не тільки на збереження звуків, а й на відновлення і підтримку традиційних акустичних середовищ.

Загальні висновки до розділу

Культурне та естетичне значення звукових ландшафтів є неоціненним як для окремої людини, так і для цілих цивілізацій. Вони формують емоційний фон життя, впливають на художню творчість, структурують колективну пам'ять.

Звукові ландшафти виконують критично важливу роль у

функціонуванні екосистем, забезпечуючи регуляцію поведінки тварин, орієнтацію у просторі, підтримку репродуктивних циклів і виживання. Збереження біофонічної та геофонічної складової є фундаментальним для підтримки стійкості природних середовищ.

Антропогенне порушення звукових ландшафтів веде до деградації екосистем на всіх рівнях — від індивідуальної поведінки організмів до глобальних змін біорізноманіття. З огляду на це, акустичний моніторинг і охорона природної звукової палітри повинні стати невід'ємною частиною екологічної політики і практики сталого розвитку.

Унікальні звуки природи та культури є невід'ємною частиною нашого світогляду і вимагають захисту так само, як пам'ятки архітектури чи художні твори. Збереження акустичної спадщини має стати одним із пріоритетів сучасної культурної політики.

ВИСНОВКИ

У межах цієї магістерської роботи було проведено комплексне дослідження звукових ландшафтів у контексті їх ландшафтно-екологічної, екологічної, антропогенної, фізіологічної та культурної значущості. Робота поєднала теоретичний аналіз, емпіричні підходи до вивчення акустичних даних та міждисциплінарний огляд взаємозв'язків між звуками природи, людською діяльністю та екосистемними процесами.

У **першому розділі** проаналізовано поняття звукового ландшафту та його складові: біофонію, геофонію й антропофонію. Було встановлено, що звукові ландшафти є складним багаторівневим явищем, що відображає як природні екологічні процеси, так і діяльність людини. Визначено фундаментальні методологічні підходи до вивчення звукових ландшафтів, серед яких особливе місце займають біоакустичний аналіз, ландшафтна екологія та міждисциплінарні дослідження, що інтегрують соціогуманітарні аспекти.

У **другому розділі** зосереджено увагу на методах збору й аналізу акустичних даних. Розглянуто сучасні технологічні рішення, такі як автономні рекордери та алгоритми обробки великих обсягів аудіоінформації. Проведено характеристику просторово-часової динаміки звукових ландшафтів, яка виявляє сезонні, добові та географічні варіації. Проаналізовано, як зміни екологічних змінних — температури, вологості, рослинності — безпосередньо впливають на звукове середовище природних та антропогенних ландшафтів.

У **третьому розділі** висвітлено питання впливу урбанізації, промисловості та транспортної інфраструктури на звукові ландшафти. Зроблено висновок, що шумове забруднення суттєво знижує біоакустичну якість середовища, спричиняючи дезорієнтацію тварин, порушення комунікації та деградацію гео- та екосистем. Окремо акцентовано увагу на наслідках шумового забруднення для екосистем, зокрема — на зниженні видового різноманіття та зміні поведінкових моделей. Розглянуто сучасні стратегії збереження та відновлення природних звукових ландшафтів, серед яких ключову роль відіграють створення "акустичних резерватів", природоохоронне планування та розвиток політики зменшення шуму в містах.

У **четвертому розділі** було розглянуто психологічний та фізіологічний вплив звукових ландшафтів на людину. Доведено, що

природні звуки позитивно впливають на психоемоційний стан людини, сприяють зниженню рівня стресу, покращенню когнітивних функцій та загального самопочуття. У контексті екосистемного функціонування встановлено, що звукові ландшафти є важливою складовою підтримання біорізноманіття та стабільності середовища. Особливу увагу приділено культурному та естетичному значенню звукових ландшафтів як елементу духовної ідентичності, інструменту художньої творчості та засобу підвищення екологічної свідомості.

Узагальнюючи результати дослідження, можна констатувати, що звукові ландшафти є невіддільною частиною природних і антропогенних систем, які виконують не лише екологічні, але й культурні та психологічні функції. Захист і відновлення природних звукових середовищ мають стати важливою складовою сучасної екологічної політики, міського планування та суспільної освіти.

Проведене дослідження дозволяє поглибити розуміння комплексної природи звукових ландшафтів, їхнього багатогранного впливу на людину та довкілля, а також закладає основу для подальших міждисциплінарних наукових розвідок у сфері акустичної екології.

Список використаної літератури

1. Schafer R.M. *The Soundscape: Our Sonic Environment and the Tuning of the World*. Destiny Books, 1993.
2. Krause B. *The Great Animal Orchestra: Finding the Origins of Music in the World's Wild Places*. Little, Brown and Company, 2012.
3. Pijanowski B.C., Farina A., Gage S.H., Dumyahn S.L., Krause B.L. What is soundscape ecology? *Landscape Ecology*, 2011, 26(9), 1213–1232.
4. Farina A. *Soundscape Ecology: Principles, Patterns, Methods and Applications*. Springer, 2014.
5. Buxton R.T. et al. Noise pollution is pervasive in U.S. protected areas. *Science*, 2017, 356(6337), 531–533.
6. Alvarsson J.J., Wiens S., Nilsson M.E. Stress Recovery during Exposure to Nature Sound and Environmental Noise. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2010, 7(3), 1036–1046.
7. Jahncke H., Hygge S., Halin N., Green A.M., Dimberg K. Open-plan office noise: cognitive performance and restoration. *Journal of Environmental Psychology*, 2013, 33, 1–8.
8. Slabbekoorn H., Peet M. Birds sing at a higher pitch in urban noise. *Nature*, 2003, 424(6946), 267.
9. Ulrich R.S. View through a window may influence recovery from surgery. *Science*, 1984, 224(4647), 420–421.
10. Derryberry E.P. Effects of noise pollution on birds: A brief review of our knowledge. *Ornithological Monographs*, 2009, 74, 6–22.
11. Katti M., Warren P.S. Tits, noise and urban bioacoustics. *Trends in Ecology & Evolution*, 2004, 19(3), 109–110.

12. Francis C.D., Ortega C.P., Cruz A. Noise pollution changes avian communities and species interactions. *Current Biology*, 2009, 19(16), 1415–1419.
13. Gasc A., Sueur J., Jiguet F., Devictor V., Grandcolas P. Soundscapes as a new tool for monitoring biodiversity. *BioMed Research International*, 2015.
14. Pieretti N., Farina A., Morri D. A new methodology to infer the singing activity of an avian community: the Acoustic Complexity Index (ACI). *Ecological Indicators*, 2011, 11(3), 868–873.
15. Pijanowski B.C., Villanueva-Rivera L.J., Dumyahn S.L., Farina A., Krause B.L. Soundscape ecology: the science of sound in the landscape. *BioScience*, 2011, 61(3), 203–216.
16. Merchant N.D., Pirotta E., Barton T.R., Thompson P.M. Monitoring ship noise to assess the impact of coastal developments on marine mammals. *Marine Pollution Bulletin*, 2014, 78(1–2), 85–95.
17. Shannon G., McKenna M.F., Angeloni L.M., Crooks K.R., Fristrup K.M., Brown E., Warner K.A. A synthesis of two decades of research documenting the effects of noise on wildlife. *Biological Reviews*, 2016, 91(4), 982–1005.
18. Goines L., Hagler L. Noise pollution: a modern plague. *Southern Medical Journal*, 2007, 100(3), 287–294.
19. Barber J.R., Crooks K.R., Fristrup K.M. The costs of chronic noise exposure for terrestrial organisms. *Trends in Ecology & Evolution*, 2010, 25(3), 180–189.
20. Pijanowski B.C., Villanueva-Rivera L.J., Dumyahn S.L., Farina A., Krause B.L. Soundscape ecology: the science of sound in the landscape. *BioScience*, 2011.

21. World Health Organization URL:
[https://www.who.int/europe/news-room/fact-sheets/item/noise?utm_source=chatgpt.com]
22. Збір акустичних даних в лісі URL:[https://miro.medium.com/v2/resize:fit:1216/1*FCcXetlDt0tuHlPycRXlig.jpeg]
23. Збір даних у водному середовищі URL:[<https://www.researchgate.net/publication/231212234/figure/fig4/AS:668209946574851@1536325074156/Underwater-acoustic-sensor-network-architecture.png>]
24. Швидке перетворення Фур'є URL:
[https://eng.libretexts.org/@api/deki/files/1661/2_Length-4_DFT_composition.png]
25. Промисловість як об'єкт шумового забруднення URL:[<https://i.obozrevatel.com/news/2024/11/20/dji0047.jpg?size=1944x924>]
26. Транспорт — джерело шуму URL:
[<https://i.obozrevatel.com/2020/1/14/vliyanietransportanaekologiyuopasnostmashin-poezdov-samolyotov3.jpg?size=1944x924>]
27. Постраждала фауна внаслідок бойових дій в Чорному морі URL:
[<https://ecopolitic.com.ua/wp-content/uploads/2022/05/2022-05-01-11.51.26.jpg>]
28. Основні джерела шумового забруднення у воді URL:
[<https://s3-eu-central-1.amazonaws.com/greenfo.hu/wp-media-folder-greenfo/wp-content/uploads/2024/09/oceani-zajszennyezes-forrasainefsc-1024x683.png>]
29. Роботи в ініціативі "Quiet Parks International «» URL:
[<https://assets2.cbsnewsstatic.com/hub/i/r/2023/11/29/eab20f70-a508-43bd-8029-adf88983372e/thumbnail/1200x630/21eb5f35202184dd4b87e45eec05b1c8/1129-смо-raquietparks-chenmid-2487310-640x360.jpg?v=04a4ba26f526ed8207f014fe1018c4aa>]