

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут екологічної безпеки та моніторингу довкілля

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра екології та екологічної безпеки

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

**Пояснювальна записка
до магістерської кваліфікаційної роботи**

магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: **«ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ МЕТОДОМ
ЛІХЕНОІНДИКАЦІЇ»**

Виконала: студентка групи ТЗД 19-м

за спеціальністю 183 «Технології захисту
навколишнього середовища»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Нічук Н. В.

(прізвище та ініціали)

Керівник к.т.н.доц. Трач І. А.

(прізвище та ініціали)

Рецензент к.х.н., доц. Сидорук Т.І.

(прізвище та ініціали)

Вінниця – 2020 року

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ	4
ABSTRACT	5
ВСТУП.....	6
1 АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ, ЩО Є РЕЗУЛЬТАТАМИ КИСЛОТНИХ ОПАДІВ.....	8
1.1 Способи утворення колистних дощів	9
1.2 Виробництво, що продукують кислотні опади.....	12
1.3 Вплив кислотних опадів на людину та будівлі.....	16
1.4 Вплив кислотних опадів на біоту.....	19
2 СУТЬ ЛІХЕНОІНДИКАЦІЙНОГО МЕТОДУ	23
2.1 Поняття про лишайники	24
2.2 Ліхеноіндикаційний метод. Суть методу та використання.....	25
2.3 Обладнання для контролю кислотних дощів.....	32
2.4 Аналіз поширення кислотних опадів на території України	34
3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВИПАДАННЯ КИСЛОТНИХ ОПАДІВ МЕТОДОМ ЛІХЕНОІНДИКАЦІЇ.....	36
3.1 Проведення дослідження у м. Вінниці.....	36
3.2 Проведення дослідження у м. Києві.....	40
3.3 Проведення дослідження у м. Львові.....	43
4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ПО ЗМЕНШЕННЮ УТВОРЕННЮ КИСЛОТНИХ ДОЩІВ	46
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБЛЕННЯ.....	53
ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ ДЛЯ ПОБУДОВИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ.....	53
КАРТ НА ОСНОВІ ЛІХЕНОІНДИКАЦІЙНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	53
5.1 Витрати на розробку нового програмного продукту	53
5.2 Розрахунок умовного обсягу робіт при використанні програмного продукту .	59
5.3 Розрахунок економічного ефекту від впровадження нового програмного продукту	60

5.4 Розрахунок терміну окупності T_0 витрат, які були використані на розробку нового програмного продукту	61
ВИСНОВКИ.....	62
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	64
Додаток А Технічне завдання	66
Додаток В Вихідні дані.....	68

РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота: 68 с., 4 рис., 7 табл, 22 джерел.

В роботі проведено загальний аналіз екологічних проблем пов'язаних з кислотними дощами. Детально розглянуто способи утворення кислотних дощів; виробництва, що продукують кислотні дощі; вплив кислотних опадів на біоту та вплив на людину та агропромисловий комплекс. Також проаналізовано методи контролю кислотних опадів. Детально розглянуто суть методу ліхеноіндикації; проведено досліди та зібрано результати, як лишайники реагують на стан забруднення навколишнього середовища та встановлено, чи достовірну інформацію можна отримати від використання методу ліхеноіндикації. Запропоновано рекомендації по зменшенню впливу кислотних дощів та рекомендації по впровадженню методу ліхеноіндикації.

Метою роботи є проведення дослідження на основі аналізу екологічного стану атмосфери за допомогою методу ліхеноіндикації оцінити якість повітря та провести спостереження за кислотними опадами у м. Вінниці.

Об'єктом дослідження екологічний стан повітря у м. Вінниці

Галузь застосування – охорона навколишнього природного середовища України та захист від негативного впливу важких металів, а саме вуглекислого газу.

Ключові слова: ліхеноіндикація, атмосферне повітря, навколишнє середовище, забруднення, біоіндикатори, метод, виробництво.

ABSTRACT

A general analysis of ecological problems associated with acid rains has been carried out in this work. Methods of acid rain formation are considered in detail; production producing acid rain; the influence of acid precipitation on biota and the influence of acid precipitation on man and agro-industrial complex.

Also, the methods of acid rain control are considered. The essence of the method of lichen indication is considered in detail; experiments were conducted and the results of how lichens react to the state of environmental pollution were collected and it was established whether reliable information can be obtained from the use of the lichen indication method.

Recommendations for reducing the impact of acid rain and recommendations for the introduction of lichen indication are proposed, as well as the development of software that will further show the state of the air over time and monitor changes in the amount of pollutants.

Key words: lichen indication, atmospheric air, environment, pollution, bioindicators, method, production.

ВСТУП

Актуальність роботи полягає у тому, що у 21 сторіччі людство зустрілось з глобальними проблемами, насамперед це проблема пов'язана з викидами шкідливих речовин в атмосферне повітря. Оскільки, постійно відбувається зростання кількості промислових підприємств, які являються основними її забруднювачами. Атмосферне повітря забруднюється різними газами, які спричинюють утворення кислотних дощів, які ще донедавна були відомі лише колу вчених, а зараз про них знають всі, оскільки наслідки впливу кислотних дощів спостерігаються по всій планеті. Кислотні опади негативно впливають на водойми, тому що підвищують їх кислотність до рівня, де живі організми не можуть жити та розвиватися. Опади також мають шкідливу дію на рослинність на суші та тваринний світ, вплив спостерігається і на здоров'ї людей, що призводить до різних захворювань і, навіть, до летальних наслідків. У великих містах та урбанізованих зонах дуже актуальною є проблема постійного моніторингу екологічного стану повітря. Але моніторинг стану атмосферного повітря, а саме інструменти для проведення вимірювання відомі своєю дороговизною. Для того, щоб зекономити на матеріальній складовій можна використовувати біоіндикаційний метод. Одним з видів такого моніторингу є ліхеноіндикація (біоіндикація за допомогою лишайників, надзвичайно чутливих до чистоти атмосфери). Даний метод має і економічні переваги, оскільки є доступним, потребує мінімальних капітальних вкладень та нескладного навчання для спостерігачів, моніторинг можуть проводити на засадах волонтерства, учні, студенти, небайдужі громадяни. Крім того, в порівнянні з іншими видами рослин, лишайники характеризуються більшою стійкістю до таких факторів, як високі й низькі температури, відсутність води, короткий вегетаційний період тощо. Лишайникам властиве повсюдне поширення та тривалий вік існування, крім того, лишайники накопичують в собі речовини з атмосферного повітря, а саме важкі метали, радіонукліди.

Мета проведеного дослідження полягала в тому, щоб на основі аналізу екологічного стану атмосфери за допомогою методу ліхеноіндикації оцінити якість повітря та провести спостереження за кислотними опадами у м. Вінниці.

Завдання роботи:

- 1) Встановити способи утворення кислотних опадів.
- 2) З'ясувати, які виробництва їх продукують.
- 3) Дослідити вплив кислотних опадів на людину, біоту, будівлі.
- 4) Охарактеризувати існуючі біоіндикаційні методи дослідження стану атмосферного повітря, зокрема – метод ліхеноіндикації, та можливості його застосування як моніторингового.
- 5) Навести рекомендації по зменшенню впливу кислотних опадів.

Об'єктом дослідження є екологічний стан повітря у м. Вінниці.

Предметом дослідження є біоіндикаційні методи визначення екологічного стану повітря, зокрема, метод ліхеноіндикації.

Наукова новизна.

Набуло подальшого розвитку наукове обґрунтування засобів використання ліхеноіндикаційного методу для визначення ступеню забруднення атмосферного повітря, що дозволить мінімізувати та контролювати шкідливий вплив на довкілля внаслідок антропогенної діяльності.

Взято участь у Всеукраїнському конкурсі студентських наукових робіт з природничих, технічних і гуманітарних наук за галузю знань «Екологія», що проходив у Полтаві та зайняла 1 місце з роботою «Дослідження аерозольних викидів автотранспорту у м. Вінниці».

1 АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ, ЩО Є РЕЗУЛЬТАТАМИ КИСЛОТНИХ ОПАДІВ

Кислотні дощі, або кислотні відкладення, стали широко поширеними останні десятиліття і відносяться до серйозних проблем, які потребують глобальної уваги. Вони мають шкідливий вплив на рослини, водних тварин та рослин, прісні води, ґрунти та інфраструктуру. Призводять до загибелі комах і водних форм життя, вивітрювання кам'яних будівель і статуй, роз'їдання пам'яток історичного значення. Щороку через них пошкоджуються тисячі будівель і мостів. Крім того, дощі також впливають на здоров'я людей. Втрата біорізноманіття, підвищення кислотності ґрунтів та знищення лісів є одними з багатьох шкідливих наслідків кислотних дощів. Для запобігання виникненню екологічної катастрофи необхідно прийняти рішення для зменшення викидів газів, що їх викликають.

Хоча термін був введений в 1852 році шотландським хіміком Робертом Смітом, кислотні дощі стали відносити до екологічних проблем лише у минулому сторіччі у 1970-х роках, коли дослідження показали підкислення поверхневих вод та шкідливий вплив на рибу та іншу біоту у деяких регіонах Європи та Північної Америки. У 1975 році відбулася перша міжнародна конференція, яка піднімала питання кислотних дощів та обговорювався ступінь деградації навколишнього середовища, який спричинений відкладанням кислот.

Кислотний дощ – це дощ чи будь-яка інша форма опадів, що є надзвичайно кислими, тобто мають підвищений рівень іонів водню (низький рівень рН, менше 5,6). Більш точним і конкретним терміном для прикладу кислотних дощів є відкладення кислот, що мають дві частини, вологу та суху. Вологий осад відноситься до кислих дощів, туману і снігу. Коли кислота протікає через землю, вона погіршує середовище проживання багатьох видів тварин, рослин та водного життя. Сухе осадження відноситься до кислих газів і частинок. Вітер дме ці кислотні частинки і гази на будівлі, автомобілі, будинки і дерева [1].

1.1 Способи утворення колистних дощів

Кислотні дощі обумовлені викидами газів діоксиду сірки та оксидів азоту (рисунок 1.1).

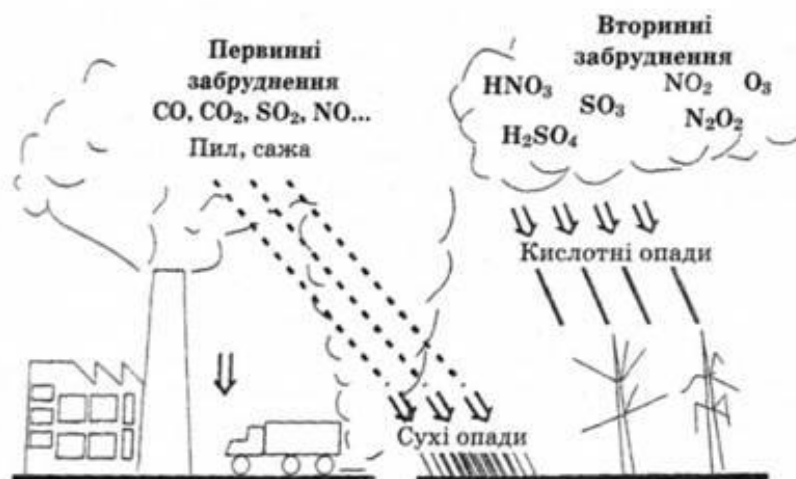


Рисунок 1.1 – Утворення кислотних опадів

Основними джерелами викидів NO_x є транспортні засоби та спалювання палива. Діоксид сірки реагує з водяною парою і сонячним світлом з утворенням сірчаної кислоти. Аналогічним чином NO_x утворює азотну кислоту в повітрі. Оксид азоту, який сприяє природній кислотності дощової води, утворюється під час грозових штормів реакцією азоту та кисню, двома загальними атмосферними газами (рівняння 1.1). На повітрі NO окислюється до оксиду азоту NO_2 (рівняння 1.2), яке в свою чергу реагує з водою з отриманням азотної кислоти (HNO_3) (рівняння 1.3). Ця кислота дисоціює у воді з отриманням іонів водню та іонів нітратів NO_3^- [2].



Азот, невід'ємна частина амінокислот, є основним елементом життя. Він знаходиться в пропорції 79% в атмосфері, але газоподібний азот повинен бути перетворений у хімічно придатну форму, перш ніж він може бути використаний живими організмами. Це досягається за допомогою азотного циклу, в якому газ азоту перетворюється на аміак або нітрати. Енергія, яку забезпечують сонячні промені використовується для поєднання газоподібного азоту і кисню в нітрати, які надходять до земної поверхні шляхом опадів.

Азот, зафіксований у вигляді аміаку і нітратів, абсорбується безпосередньо рослинами і вбудовується в їх тканини у вигляді білків. Потім азот переміщується по харчовому ланцюжку від рослин до травоядних тварин, а з них до хижаків. Коли рослини і тварини гинуть, сполуки азоту розкладаються, щоб виробити аміак, частина цього аміаку відновлюється рослинами, решта розчиняється у воді або залишається в землі, де мікроорганізми перетворюють її на нітрати або нітрити в процесі, який називається нітрифікацією. Нітрати можуть зберігатися в розкладанні гумусу або зникати з ґрунту шляхом вилуговування, затагуючись в струмки і озера [2].

Інша можливість полягає в тому, щоб за допомогою денітрифікації (мікробіологічні процеси відновлення нітратів до нітритів, далі до газоподібних оксидів та молекулярного азоту) стати азотом і повернутися в атмосферу. У природних системах азот, який втрачається в результаті денітрифікації, вилуговування, ерозії та подібних процесів, замінюється процесом фіксації та іншими джерелами азоту. Антропогенні перешкоди в азотному циклі можуть викликати менше азоту в циклі або перевантажити систему. Наприклад, інтенсивне вирощування, заготівля та вирубка лісів призвели до зниження вмісту азоту в ґрунті (деякі з втрат у сільськогосподарських територіях можна відновити лише за допомогою штучних азотних добрив, які передбачають великі витрати енергії). З іншого боку, вимивання азоту з перенасичених посівних земель, безладне вирубування лісів, відходи тварин, стічні води додають занадто багато азоту для водних екосистем, що призводить до зниження якості води і стимулюючи надмірне зростання водоростей. Крім того, діоксид азоту, що викидається в атмосферу з вихлопних газів автомобілів і теплових

електростанцій, розкладається та реагує з іншими атмосферними забруднювачами, даючи початок фотохімічному смогу.

Діоксид сірки також реагує з водою, утворюється сірчана кислота (1.4).



Сірчана кислота є сильною кислотою, тому легко дисоціюється у воді (1.5). Таким чином, присутність H_2SO_4 призводить до різкого збільшення концентрації H^+ [3].



Ці реакції тривають години, або навіть дні, протягом яких забруднене повітря може рухатися на сотні кілометрів. При цьому кислотні дощі можуть випасти далеко від джерела забруднення. Коли конденсуються тумани або краплі туману, вони поглинають забруднюючі речовини з повітря і можуть стати небезпечніше, ніж кислотні дощі. Про цей процес відомо мало, і це особливо важко вивчити. Вчені виражають кислотність кислотних дощів за допомогою шкали рН. Шкала визначає кислотність, нейтральність або лужність розчину на основі його концентрації іонів водню [4].

Є і інші хімічні частинки, що беруть участь в підкисленні дощової води:

– Хлористий водень розчиняється у воді з утворенням соляної кислоти (1.6):



– Аміак вироблений у сільському господарстві. У ґрунтах, аміак може утворювати оксиди азоту (нітрифікація), які потім потрапляють в атмосферу (1.7):



Існують програми, що контролюють кислотні дощі, аналізують вміст водню для визначення рН. Вони також вимірюють атмосферні концентрації азотної кислоти, нітратів, діоксиду сірки, сульфату та амонію. У Сполучених Штатах Національна програма по депонуванню атмосфери (NADP) здійснює нагляд за мокрими відкладеннями, а мережа «Стан чистого повітря і тенденції» (CASTNET) спостерігає за сухим осадженням. Моніторинг кислотного осадження допомагає визначити критичні навантаження або кількість забруднюючих речовин, які екосистема може підтримувати до пошкодження. Точні критичні навантаження допомагають встановити ефективні цілі для скорочення викидів SO_2 та NO_x [4].

Крім, кислотного дощу, негативний вплив має кислотний сніг, він також забруднений оксидами азоту та сірки. Проте, він може бути небезпечніше за кислотний дощ. Це пов'язано з тим, що йому потрібно більше часу, перед тим, як він випаде. Тобто, більше часу на поглинання атмосферних забруднень, тому він може стати більш кислим, ніж типові кислотні дощі. Також снігопади, накопичуються один на одному, а не стікають, як дощ. В результаті, коли сніг тоне, відбувається концентрований сплеск забруднень. Це відоме як кислотний шок. Кислотний шок може викликати раптову загибель великої кількості риб та інших живих організмів.

Коли кислотний сніг випадає біля ТЕС та металургійних чи інших заводів, територія отримує 4-5 місячну дозу забруднення.

Негативні наслідки від кислотного дощу зафіксовані на території США, в Європі, Канаді, Україні, Росії, Білорусії та інших країнах. Ще одну небезпеку становлять поєднання кислотного туману з твердими частинками сажі (димом) – смог [2].

1.2 Виробництво, що продукують кислотні опади

Основною причиною кислотних дощів є забруднення повітря. Кислотні дощі з'являються як через людські, так і через природні джерела. Однак у більшості випадків це переважно відбувається за рахунок спалювання вугільного палива, що призводить до викидів оксидів азоту та діоксиду сірки.

Основним природним фактором кислотних дощів є вулканічні викиди. Вулкани виділяють кислоту та гази, які викликають більшу кількість кислотних дощів. Наприклад, вулкани викидають кожен рік приблизно 2 млн. тонн сполук, які містять сірку. Це впливає на здоров'я мешканців та рослинний покрив. Крім того, біологічні процеси, лісові пожежі та розкладання рослинності також викликають появу кислотних дощів [5].

Поверхня океанів – під час випаровування крапель води в атмосферу, залишається морська сіль, що містить з краплями натрію та хлору сполуки сірки, що складають 50-200 млн. тон сірки в рік [2].

При спалюванні вичопного палива, відбувається викид діоксиду сірки (SO_2), оксиду азоту (NO_x) в атмосферу. Заводи і автомобілі щодня викидають у повітря високі показники викидів парникових газів. Також джерелами виступають: металургійна промисловість, підприємство з виробництва сірчаної кислоти, переробка нафти, спалювання мазуту. Ці забруднювачі повітря реагують з водою, киснем, іншими речовинами, як наслідок, утворюється сірчана та азотна кислоти. Вітри можуть поширювати ці кислотні сполуки через атмосферу на сотні миль, а то і більше. Коли випадає такий дощ, він протікає по поверхні стоку води, потрапляючи у водні системи та в ґрунт [5].

На таблиці 1.1 зображено природні та антропогенні джерела утворення атмосферних сполук сірки.

Таблиця 1.1 – Природні та антропогенні джерела утворення атмосферних сполук сірки

Джерела	Кількість викидів млн. т. сірки на рік	%
Природні процеси	30-40	30-40
Антропогенна діяльність	60-70	60-70
Усього	92-112	100

Близько третини всіх сполук сірки і 99% діоксиду сірки, які потрапляють в атмосферу з усіх джерел, є наслідком діяльності людини. Спалювання сірковмісного вугілля та нафти, призначеного для виробництва електроенергії, становить близько двох третин викидів діоксиду сірки людиною в атмосферу. Решта третина походить від промислових процесів, таких як нафтопереробний завод і перетворення (шляхом виплавки) сполук сірки металевих мінералів у вільні метали, такі як мідь, свинець і цинк.

В атмосфері діоксид сірки вступає в реакцію з киснем для отримання тріоксиду сірки (SO_3), який реагує з водяною парою та утворюється дрібні краплі сірчаної кислоти (H_2SO_4), а також реагує з іншими дрібними сульфатними хімікатами. Ці краплі частинок H_2SO_4 і сульфату потрапляють на землю як компоненти кислотних дощів, які завдають шкоди деревам і водному життю [2].

При нормальних атмосферних умовах приймається до уваги тільки окис, двоокис та закис азоту, тому що у результаті цих реакцій спостерігається утворення азотистої кислоти в атмосфері. Якщо азотиста кислота перебуває в повітрі, вона нейтралізується і утворюється азотнокисла сіль, яка знаходиться в атмосфері у вигляді аерозолів [2]. На таблиці 1.2 зображено природні та антропогенні джерела надходження оксидів азоту.

Таблиця 1.2 – Природні та антропогенні джерела надходження оксидів азоту

Джерело	Обсяг, млн/т. рік
Природні джерела	
Мікробіологічна активність у ґрунтах/океанах	5-20
Електричні розряди в атмосфері	2-20
Антропогенні	
Спалювання викопного палива	24
Спалювання біомаси	3-13
Азотні добрива та тваринництво	5-7

Основними азотистими сполуками, які забруднюють атмосферу, є монооксид азоту (NO) і діоксид азоту (NO₂), які згруповані під назвою NO_x. Ці оксиди утворюються при всіх видах згоряння, і на відміну від сірки, яка надходить в основному з повітря. У Скандинавії приблизно дві третини загальних оксидів азоту, які забруднюють атмосферу, походять від транспортних автомобілів. В даний час в Європі 20 мільйонів тон діоксиду азоту викидаються в атмосферу. Через те, що викиди оксидів сірки контролюються для зменшення викидів оксидів азоту, вони стають все більш важливими як підкислювачі навколишнього середовища. Також деякі типи добрив є джерелом забруднюючих азотних сполук [2].

Найбільша частка забруднюючих речовин на території України припадає на підприємства чорної металургії, енергетику, вугільної промисловості тощо. Тільки в 4-х містах з 45 великих міст, концентрація шкідливих речовин не перевищує норми. Тоді як в 21 місті концентрація перевищує норми понад 22%. Більше третини загального обсягу шкідливих викидів в атмосферу дає автотранспорт – 6,5 млн. т. на рік. Із них у Євпаторії та Ужгороді – 91% від загальної кількості викидів; У Ялті, Полтаві, Хмельницькому, Харкові – 88%; у Сімферополі, Луцьку, Івано-Франківську – 83%; у Львові – 79% тощо. Найбільш забруднене повітря у Маріуполі, Донецьку, Бурштині, Кривому Розі, Запоріжжі. На території України є 500 підприємств зі шкідливими відходами. Загальна кількість відходів щороку збільшується на

12 млн. т. Понад 1000 шкідливих хімічних підприємств 93% своїх продукцій відправляють на експорт. Очисними спорудами в Україні обладнано лише 50% джерел викидів [2].

Величезною загрозою є інтернаціональний характер забруднення, оскільки він немає жодних меж, зображено на рисунку 1.2.

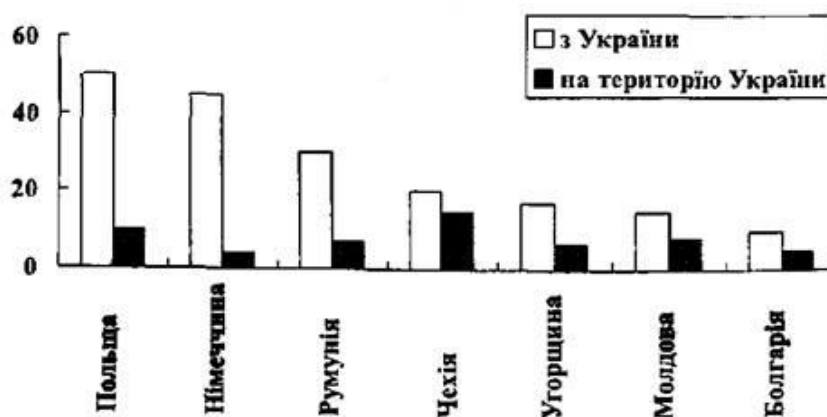


Рисунок 1.2 – Транскордонні переноси забруднень між Україною та іншими країнами

Всесвітня Метеорологічна організація створила глобальну вимірювальну мережу, що досліджує кислотність, хімічний склад атмосферних опадів, атмосферні параметри забруднення атмосфери двоокисом вуглецю, сполуками сірки та азоту, аерозолями.

1.3 Вплив кислотних опадів на людину та будівлі

Про шкідливий вплив атмосферного забруднення на здоров'я людей почали обговорювати, коли за статистичними даними була виявлена значна різниця між рівнем захворюваності людей, що живуть у місті та у сільського населення. Встановили, що у міського населення погіршилася імунна ситсема під дією несприятливих чинників атмосферного повітря.

Сульфатні і нітратні частки сухого осадження можуть викликати астму, бронхіт і проблеми з серцем. NO_x в кислотному відкладі також реагує з леткими органічними сполуками (ЛОС) з утворенням озону на рівні землі. Озон або смог посилює і послаблює дихальну систему. При аналізі захворюваності раком легенів встановлено, що чоловіки в 3 – 4 рази хворіють частіше ніж жінки. Вважають, що такий наслідок пов'язаний, що чоловіки більше палять, у відношенні до жінок.

Суміш забруднюючих речовин небезпечніша, ніж самі гази. Прикладом, може бути вологий смог, що відбувався в Лондоні у 1992 р. Внаслідок важкого ураження легеневих шляхів протягом 5 днів у Лондоні загинуло близько 4 тис. осіб. Існує і інший вид смогу – фотохімічний смог. Він утворюється в порівняно сухому загазованому повітрі в якому під дією інтенсивного сонячного опромінення формується синювато-прозора димка, яка складається з новоутворень, що уражують дихальні органи людей і тварин (особливо собак і птахів), винищують рослинний світ [4].

Закислення водойм буде сприяти погіршенню питної води, зростання кислотності впливає на труби, тим самим буде викликати корозію трубопроводів, отже, буде зростати кількість феруму, плумбуму, купруму. Потрапляння в організм людей отруйних металів може привести до отруєння, переважно хронічного. Буде зростання концентрації у питних водах іонів алюмінію, які пригнічують у людині активність шлункових та слинових ферментів, що призведе до порушення обміну речовин та можливого розвитку склерозу. Під впливом кислотних опадів руйнуються азбестові та азбестово-цементні покриття. Якщо вживати води у якій є азбест, відбудеться розвиток раку легенів. Кислотні дощі також є джерелом нітрат-іонів, які при надмірній кількості спричиняють такі наслідки:

- 1) Кров стає шоколадного відтінку, втрачає здатність переносити кисень по організму та розвивається задуха. Особливу небезпеку несе для малих дітей.
- 2) Утворюються канцерогенні речовини.

Потрапляння токсинів у ґрунт з кислотними дощами, поглинається рослинами та тваринами. При вживанні цих токсинів людиною, може спричинити серйозний вплив

на роботу мозку, проблеми з нирками та спричинити утворення хвороби Альцгеймера.

Конструкції, статуї та кам'яні пам'ятники зазнають ерозії через різноманітні забруднювачі, які переносяться повітрям, серед них є кислотні дощі. Будівельні матеріали, такі як сталь, фарба, пластмаса, цемент, кладка, оцинкована сталь, вапняк, піщаник та мрамур також піддаються пошкодженню. Частота, з якою необхідно наносити нові захисні покриття на конструкції, зростає, з подальшими додатковими витратами, які оцінюються в мільярди доларів на рік [2].

Вплив різних забруднюючих речовин поки що неможливо надійно відокремити один від одного. Піщаник і вапняк часто використовувалися як матеріали для пам'ятників і скульптур. Обидва вони швидше роз'їдають в місці, де в повітрі перебуває сірка, ніж там, де вона відсутня. Коли сірчані забруднювачі осідають на піщанику або вапняковій поверхні, вони реагують з карбонатом кальцію в матеріалі і перетворюють його в сульфат кальцію (гіпс), який легко розчиняється та змивається дощем. У звіті щодо кислотних дощів, замовлених губернатором штату Огайо в 1980 році (Scientific Advisory Task Force, 1980), комітет заявляє, що "кислотні дощі є причиною особливого занепокоєння через їх вплив на структури археологічного або історичного значення". Спотворення і розчинення відомих статуй і пам'ятників, такі як Асгороліс Афіні і художніх скарбів Італії значно прискорилися протягом останніх 30 років [2].

Кислотні відкладення пошкоджують автомобілі, авіатранспорт, проходить корозія залізних споруд, пошкодження старих будівель [6]. Ступінь пошкодження визначається не тільки кислотністю дощової води, а й кількістю потоку води, яку отримує область поверхні. Регіони, які піддаються прямій зливі кислотних дощів, дуже сприйнятливі до ерозії, але регіони, які є більш захищеними від потоку води (наприклад, під карнизами і навісами вапнякових будівель), значно краще збережені. Ще більш серйозна ситуація виникає, коли вода, що містить кальцій і сульфатні іони, проникає в пори каменю. Коли вода висихає, іони утворюють кристали солей у системі пір. Ці кристали можуть порушити кристалічне розташування атомів у камені, викликаючи порушення фундаментальної структури каменю. Якщо

кристалічна структура порушена достатньо, камінь може фактично тріснути. Таким чином, пористість є важливим фактором, що визначає довговічність каменю [3].

1.4 Вплив кислотних опадів на біоту

Кислотні дощі найбільше розповсюдженні на території країн Західної та Північної Європи, США, Канади, промислових районів України та Росії. Хоча, кислотні дощі впливають на зростання алергічних захворювань, хвороб дихальних органів, погіршення врожайності сільськогосподарських культур, але кислотні дощі при невисокій кислотності та невеликій їх кількості, можуть мати і позитивний характер. Оскільки, такі опади можуть виступати додатковим джерелом мінерального живлення рослин та при невеликій зміні кислотності ґрунтів, ступінь засвоєння деяких сполук рослинами може збільшуватися. Але при високій кількості надходження кислотних опадів наслідки для рослин можуть бути фатальними. Виділяють прямий вплив на рослини, безпосереднє враження рослин та опосередкований, наслідок процесів закислення ґрунтів [6].

Вплив кислотності позначається на стані прісних вод і лісів. Звичайно впливи бувають непрямими, тобто небезпеку представляють не самі опади, а процеси, які протікають під їх впливом. У визначених об'єктах (ґрунт, вода, мул і т.д.) у залежності від кислотності можуть зрости концентрації важких металів, тому що в результаті зміни рН зміниться їхня розчинність. Через питну воду і тваринну їжу в організм людини теж можуть потрапити токсичні метали. Якщо під дією кислотності змінюється будова ґрунту, її біологія і хімія, то це може призвести до загибелі рослин.

Кислотні дощі мають багато екологічних наслідків, особливо на озерах, струмках та інших водних об'єктах. Кислотні опади роблять такі води більш кислими, що призводить до більшого поглинання алюмінію з ґрунту, який переноситься в озера, струмки, ріки. Така комбінація робить води токсичними, вони стають непридатними для раків, моллюсків, риб та інших водних тварин [5]. При зростанні кислотності у риб відбуваються фізіологічні порушення – зміна плазми крові, прискорене вимивання із тканин різних іонів (Na^+ , Cl^- , K^+ , Ca^{2+}). Зростання

кислотності призводить до зміни мікрофлори водойм. Спостерігається інтенсивне розмноження зелених водоростей, синьо-зелених, які витісняють інші види, розвиваються бурі водорості, які в подальшому призведуть до виникнення боліт. Планктон і безхребетні чутливі до змін кислотності і вимирають першими. При рН 5,0 яйця риби деградують, а молодняк не розвивається. Дорослі риби і жаби іноді можуть переносити кислотність на рівні 4,0, але вони голодують, оскільки слабкі джерела їжі вимирають. Коли кислотний дощ порушує харчовий ланцюг, біорізноманіття зменшується. Хронічно підкислені озера, струмки, ріки можуть відновлюватися роками і навіть століттями [4].

Вода, яка просочилася, досягає рівнів, де стає частиною підземних вод, що є основним джерелом водопостачання. Води в озерах завжди більш кислі, ніж ґрунтові води це пов'язано з фільтруючою функцією, яку виконує ґрунт, тим самим усуваючи більшу частину кислоти. Підкислення підземних вод здійснюється в три етапи:

- По-перше, знижується здатність ґрунту нейтралізувати опади. На цій стадії вода стає корозійною і атакує труби.
- Після цієї стадії нейтралізуюча дія ґрунту ще більше знижується, і буферний ефект ґрунтових вод починає знижуватися. На цьому етапі відзначається збільшення корозійної потужності на металах та бетоні.
- Нарешті, зникає нейтралізуюча здатність ґрунту, а значення рН зменшується зі збільшенням концентрацій металів у водах свердловин, стаючи ще більш корозійними.

Крім, водних об'єктів, кислотні дощі завдають шкоди лісам, особливо, які знаходяться на висоті. Ліси на висотах пошкоджуються не тільки кислотними дощами, але й через вплив кислотних хмар та туману. При частому впливі кислотного туману воскове покриття листя та голок може ослабити і дерево стане більш схильними до пошкодження від комах, хвороб або холоду, зменшиться його продуктивність, біологічна стійкість. Кислотні відкладення виснажують ґрунт важливими поживними речовинами, таких як кальцій та магній і вивільняють алюміній, який ускладнює поглинання води деревом. Найбільш чутливими рослинами є шпилькові породи дерев. В результаті дії кислотних опадів на деревах

підсихають вершини, тобто відбувається руйнування хлорофілу рослини, починають опадати гілки, з'являється мозаїчна плямистість. За даними екологів, у Швейцарії від кислотних дощів засихає третина лісів, 69 % букових дерев у лісах Великобританії висихають на верхівках. У Швеції 18 тисяч озер отруєно цими дощами, а у 9 тисяч з них риба вже частково вимерла, а в 4 тисячах – зникла зовсім [5].

Впливи на ліси і рілля бувають прямими та непрямими. Непрямий вплив проявляється через ґрунт і кореневу систему. На відміну від вод, ґрунт має здатність до вирівнювання кислотності середовища, тобто до визначеного ступеня він опирається посиленню кислотності, у залежності від хімічних і фізичних властивостей шарів ґрунтів.

Непрямі впливи виявляються по-різному: наприклад, опади, що містять сполуки азоту, у перший момент сприяють росту дерев, однак, потім відбувається їхнє перенасичення, що веде до вимивання нітрату, а отже і до закислювання ґрунту [5].

Безпосередні (прямі) впливи — загибель рослин у декількох десятках кілометрів від джерела забруднень. Головна причина — двоокис сірки, що адсорбується на листях і бере участь у різних окисних процесах. Впливи на рослини можуть приймати наступні форми: генетичні, видові зміни, нанесення прямої шкоди.

Пряме руйнування рослинності кислотними атмосферними речовинами відбуваються в Україні: починаючи зі зниження врожайності і закінчуючи загибеллю рослинності.

У ґрунті існують ряди мікроорганізмів-редуцентів – бактерії, гриби. Вони приймають участі у процесах мінералізації органічних речовин ґрунтів та утворенні гумусу, а при зростанні кислотності ґрунтів, їх активність починає зменшуватися. У результаті, накопичення в ґрунтах органічних речовин приводить до деградації флори. Сільськогосподарські культури також є чутливими до кислотних дощів, найбільше це проявляється на початкових стадіях росту рослини. При дії кислотних опадів відбувається значне зниження врожайності всіх видів культур та їх загибелі [6].

Важливо розуміти, що самі по собі кислі ґрунти не шкідливі для росту рослин. Підкислення землі та вимивання її живильних речовин, особливо кальцію, магнію та

інших основ, є нормальними процесами у ґрунті. Величезні бореальні ліси (тайга), що простягаються по всьому світу на високих широтах північної півкулі, ростуть у кислих ґрунтах, що утворилися після останнього великого льодовикового періоду 10000 або 12000 років тому. Отже, рослини пристосувалися до кислотного ґрунту. Питання, яке виникає при оцінці небезпеки кислотних дощів: чи може збільшення кислотності привести ці ліси до збільшення порога, до якого вони не адаптовані? Відповідь наразі невідома [2].

Вплив кислотних дощів на птахів за дослідженнями Мійоко Чу і Штефана Хамса з лабораторії Корнельської орнітології пов'язані зі зниженням чисельності популяції дріжджів деревини. Оскільки жіночі птахи потребують більше кальцію для затвердіння своїх яєць, вони використовують продукти, багаті кальцієм, як слимаки. У районах кислотних дощів зникають популяції равликів, що призводить до дефектів яєць для птахів. Отже, дефекти яєчної шкаралупи, викликані кислотними дощами, можуть стати причиною втрати біорізноманіття птахів у деяких регіонах.

Звіт про охорону навколишнього середовища повідомляє, що кислотні дощі призводять до зменшення чисельності населення, а іноді повністю виключають види. Коли одна частина харчового ланцюга порушена, вона впливає на решту ланцюга. Втрата біорізноманіття впливає на інші види, які покладаються на цих тварин як на джерело їжі. Наприклад, коли популяція риб виснажується в деяких озерах, ссавці, такі як ведмеді або навіть люди, які їдять ці риби, повинні знайти альтернативні джерела їжі; вони більше не можуть вижити у своєму нинішньому середовищі [2].

2 СУТЬ ЛІХЕНОІНДИКАЦІЙНОГО МЕТОДУ

Проблема забруднення атмосферного повітря – одна з основних проблем сучасності. Насамперед, її джерелами забруднення виступає діяльність людини в якості використання підприємств чорної та кольорової металургії, теплові електростанції, автомобільного транспорту, фабрик та заводів.

Для того щоб дати оцінку будь-якому об'єкту слід зібрати про нього первинну інформацію і вже далі використовуючи цю інформацію, можна здійснювати оцінку характеру, величини та значущості його впливу на навколишнє середовище. При цьому потрібно володіти даними про якісний, кількісний склад викидів, представляти вміст забруднюючих речовин по всій земній кулі. Особливо, приділити увагу, даним отриманим з промислових центрів, де відбуваються найбільші викиди забруднюючих речовин у довкілля.

Моніторинг стану атмосферного повітря розділяється на дві системи: спостереження і контролю. Перша система забезпечує спостереження за якістю атмосферного повітря в містах, населених пунктах і територіях, розташованих поза зоною впливу конкретних джерел забруднення. Друга система забезпечує контроль джерел забруднення та регулювання викидів шкідливих речовин в атмосферу. На станціях фонових моніторингу спостереження за якістю атмосферного повітря здійснюються за фізичними, хімічними і біологічними показниками. Необхідність організації контролю забруднення атмосферного повітря в зоні інтенсивного антропогенного впливу визначається попередніми експериментальними і теоретичними дослідженнями з використанням методів математичного та фізичного моделювання [7].

Використання контактних методів дозволяють досягти високої точності вимірювання, але цей метод має невелику область застосування. Контактні методи потребують відбору проби повітря, що веде до трудомісткості вимірювання. Тоді як дистанційні методи дозволяють отримувати інформацію про забруднюючі речовини на великих площах та у реальному масштабі часу. В основі дистанційного методу покладено використання виміру електромагнітного випромінювання.

Найголовнішою складовою частиною екологічного моніторингу навколишнього природного середовища є біомоніторинг. Біоіндикація – оцінка якості середовища існування або її окремих характеристик за станом біоти у природних умовах. Використовуючи біоіндикацію можна оцінити ступінь забруднення оточуючого середовища, здійснити постійний контроль (моніторинг) його якості та змін. Головна мета біоіндикації – діагностика стану екосистем шляхом встановлення здатності організмів до адаптації у відповідних умовах довкілля. За допомогою цього методу виконується певна система спостережень, оцінки та прогнозу різних можливих змін, викликаних наслідком діяльності людини. Біомоніторинг дає пряму оцінку якості середовища та є одним з послідовних процесів вивчення здоров'я екосистеми. Головними завданнями біологічного моніторингу є спостереження за рівнем забруднення навколишнього середовища з метою розробки систем раннього оповіщення, діагностики та прогнозування.

Для розробки системи раннього оповіщення є відбір відповідних природних об'єктів та створення автоматизованих систем, які здатні з високою швидкістю реагувати на будь-які зміни біологічного організму на забруднення середовища, в якій він перебуває, визначення регламенту, узгодження методик, проектування та експлуатації мережі моніторингу [7].

2.1 Поняття про лишайники

Лишайники – це складна форма життя, яка складається із симбіозу двох організмів – гриба та водоростей. Домінуючим партнером є гриб, який надає лишайникам більшість характеристик та забезпечує водою та мінеральними речовинами, а водорість постачає органічні речовини. За своєю будовою слані (тіла) лишайники діляться на три групи: накипні, листоваті та куцисті (Рис. 2.1).

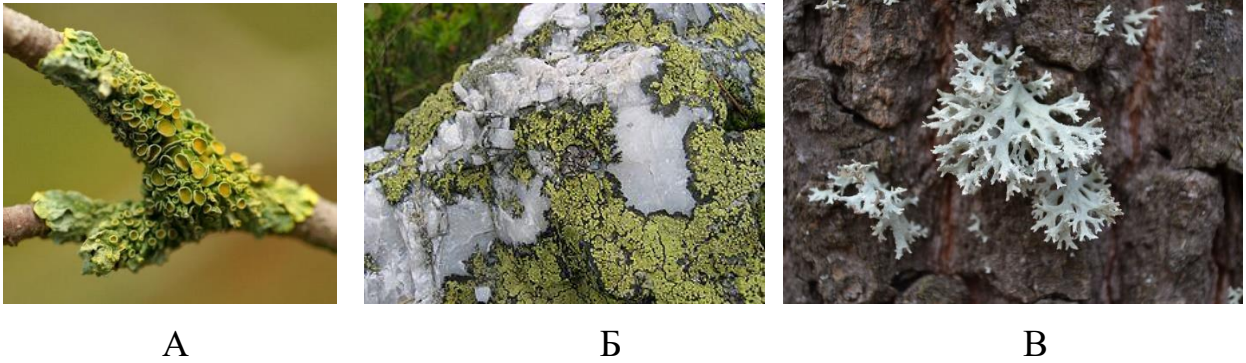


Рис. 2.1 – Групи лишайників: А – листуваті, Б – накипні, В –кущисті.

Лишайники виконують важливі функції, по-перше, вони забезпечують виживання в суворих умовах, де водорості зазвичай гинуть. Оскільки гриб може захистити свої водорості, а ці організми зазвичай потребують води, можуть жити в сухому, сонячному кліматі. Гриби дають можливість водоростям жити по всьому світу в різних кліматичних зонах та забезпечують перетворення вуглекислого газу в за допомогою фотосинтезу в кисень. По-друге, по лишайникам можна зрозуміти ступінь забруднення атмосферного повітря, будь-які важкі метали або вуглець, сірка чи інші забруднюючі речовини в атмосфері поглинаються лишайниками. Наприклад, в США є база даних «Forest Service Clearinghouse», де описані дані про лишайники, про біомоніторинг, знаходяться карти по оцінці тенденцій і оцінці впливу на навколишнє середовище забруднювачів повітря [8].

2.2 Ліхеноіндикаційний метод. Суть методу та використання

Першими на забруднення реагують живі організми, тому вчені оцінюють рівень забруднення на основі спостережень за біологічними об'єктами – біондикаторами. У якості біоіндикаторів часто виступають лишайники, у водних екосистемах – угруповання бактеріо-, фіто-, зоопланктону, зообентосу, перифітону. Біоіндикаційні дослідження поділяються на два рівні: видовий і біоценотичний. Видовий рівень включає констатацію присутності організму, облік частоти його зустрічності, вивчення його анатомо-морфологічних, фізіолого-біохімічних властивостей. На відміну від інших протоколів, які використовують механічні або хімічні показники з

однією вибірки, більшість біоіндикаторів мають переваги як довгострокові монітори і тому можуть охоплювати тимчасові або просторові межі, які в іншому випадку становлять великі труднощі. Біоіндикатори – це живі організми, які особливо чуйно реагують на зміни у навколишньому середовищі. Лишайники є корисними біоіндикаторами для забруднення повітря, особливо забрудненням діоксидом сірки, фториду та аміаку, оскільки вони отримують воду та необхідні поживні речовини переважно з атмосфери, а не з ґрунту. З часу індустріалізації багато видів лишайників вимерли у великих районах, одним з прикладів яких є порода Мосс *Usnea articulata*. Це пояснюється головним чином забрудненням діоксидом сірки, але втрата середовища існування, особливо лісів, також призвела до скорочення деяких видів. Лишайники чутливі до діоксиду сірки, оскільки їх системи поглинання призводять до швидкого накопичення сірки при високих рівнях забруднення. Також допомагає їх здатність реагувати на забруднювачі повітря цілий рік. У порівнянні з більшістю фізичних / хімічних моніторів, вони недорогі для оцінки забруднення повітря [9].

Забруднення повітря і відкладення кислот призвели до проблем для лишайників на корі, особливо тому, що кора дерева часто стає більш кислою. Деякі види лишайників стали більш поширеними, ніж вони були століття тому, оскільки вони більш витривалі до кислотних умов, таких як деякі види бріорій, пармеліопсис, псевдоверня і рінодіна. Лишайники також можуть бути використані для вимірювання токсичних елементарних забруднювачів і радіоактивних металів, оскільки вони зв'язують ці речовини в їх грибкових нитках, де вони концентруються протягом довгого часу.

Епіфітні лишайники ростуть на старих деревах, де грає роль вид поверхні кори. На крупно горбистій корі старих дерев зазвичай селяться кущисті види, рідше зустрічаються листоваті та накипні види, а на гладкій корі поселяються, в основному, накипні лишайники. Є види лишайників, стійких і нестійких до міського середовища. При підвищенні забруднення повітря відрізняється послідовне дослідження лишайників: спочатку вимирають кущисті, потім листові, потім накипні. Найбільш

стійкі до забруднення деякі види: *antoria* (Ксанторія), *Physcia* (Фісція), *Anartycia* (Анаптіхія), *Hurogymnia* (Гіпогімнія), *Lecanora* (Леканора) [9].

Методи оцінки забруднення атмосфери по народженні лишайників засновані на наступних закономірностях:

- чим сильніше забруднене повітря міста, тим менше зустрічаються в ньому видів лишайників, тим меншу площу покривають вони на стовбурах дерев та інших субстратах і тим нижче їх життєздатність;
- при підвищенні ступеня забрудненості повітря першими зникають куцисті лишайники, за ними – листові і останніми – накипні.

На підставі цих закономірностей можна кількісно оцінити чистоту повітря в конкретному місці мікрорайону міста [9]. За впливом забруднення, методи ліхеноіндикації можуть бути розділені на наступні групи:

- аналіз історичних даних, що базується на співставленні результатів нинішніх спостережень та минулих на одній і тій же місцевості;
- зміна структури лишайникових співтовариств біля джерела забруднення;
- зонування території (лишайникова «пустеля», зона «змагання», «нормальна» зона);
- трансплантація лишайників – перенесення організму із його місця проживання на місце, що потребує моніторингу [9].

Один з провідних ліхенологів, Х. Трас, розділив методи ліхеноіндикації на три групи. На перше місце він поставив методи, що дозволяють вивчати зміни, які відбуваються в будові і життєві функції лишайників під впливом забруднення. Методи другої групи базуються на описі видів лишайників, що мешкають в районах з різним ступенем забруднення атмосфери. Третя група включає методи вивчення цілих лишайникових співтовариств в забруднених районах та складання спеціальних карт. При використанні методів першої групи можна вибрати показовий вид лишайника, досить легко відгукується на погіршення якості навколишнього середовища. Відмінний приклад такого індикаторного виду – гіпогімнія роздута, цей лишайник використовують при проведенні своїх досліджень при вивченні поширення викидів сталеливарних заводів в Північній Фінляндії, вчені

зібрали зі стовбурів дерев гіпогімнію роздуту, що росла на різних відстанях від заводів. У міру наближення до джерела викидів сильно змінювалися такі показники стану рослини, як кислотність клітинного соку, електропровідність, вміст хлорофілу, сірки і заліза в слань і ступінь пошкодження фотобіонта. До речі, за станом водорості в лишайнику легко спостерігати, користуючись флуоресцентним мікроскопом. Здорові клітини в синьому або ультрафіолетовому світлі мають характерне червоне світіння. У міру руйнування клітин колір стає спочатку коричневим, потім помаранчевим і потім білим [10].

Щоб визначити, наскільки швидко зміниться лишайник під впливом забруднення, користуються методом трансплантації, тобто пересадки рослини в забруднені райони. Вперше трансплантацію лишайників здійснив німецький вчений Ф. Арнольд в 1892 році. Він переніс кілька надґрунтових видів цих рослин із сільської місцевості в м. Мюнхен. Дуже скоро всі "переселенці" загинули. У 1959 році з Хібін в Ботанічний сад Тартуського університету привезли п'ять арктоальпійських лишайників. Уже в перші місяці перебування на новому місці лишайники зблідли, їх апотеції втратили свій вигляд, зростання припинилося. Через рік всі лишайники загинули. Довше інших протрималася нефрома арктична. Існує кілька способів трансплантації. Надґрунтові лишайники переносять разом з ґрунтом, вирізаючи ділянки розміром 20X20 або 50X50 см. Куцисті види можна переносити в спеціальних пластмасових горщиках або підвішувати в сіточках. Епіфітні види переносять разом з гілками або шматочками кори, на яких вони росли. Для висікання дисків з кори користуються особливими бурами діаметром 4-6 см. У забрудненому районі кору і гілки з епіфітами прибивають на дерева тих же порід, що і дерева, з яких вони були вилучені, або на спеціальні дошки і стовпи. Через кілька тижнів або місяців лишайники досліджують і визначають ступінь їх пригніченості. Пересадка дає відомості про індивідуальну стійкості видів [10].

По відношенню до забруднення повітря види лишайників можна розділити на три категорії:

- 1) найчутливіші, зникають при перших проявах забруднення;

2) середньовразливі, що приходять на зміну загиблим чутливим видам, з якими вони не могли конкурувати, поки повітря було чистим;

3) найвитриваліші, толерантні до забруднення.

Цікаві результати були отримані ліхенологом В. В. Горшковим на Кольському півострові. Вивчаючи вплив сірчистого газу і поліметалічного пилу на лишайники, він проаналізував стан ліхенофлори соснових лісів на різних відстанях, від комбінату "Северонікель". Для цього на стовбурах дерев відзначали ділянки площею 100 см². На яких підраховували кількість епіфітних лишайників і визначали їх видовий склад. У фоновому районі, на відстані 60 км від комбінату, було виявлено 70 видів лишайників. Середнє сумарне покриття стовбурів дерев цими рослинами становило 11,2%, а кількість порожніх, не зайнятих ними майданчиків – 13% загальної кількості досліджених. У 30 км від комбінату середнє сумарне покриття зменшилася в п'ять разів, а кількість майданчиків без лишайників збільшилася в чотири рази. Тут виявилось всього 22 види лишайників. У 15 км від джерела забруднення середнє сумарне покриття складало всього 0,01% значення, характерного для незабрудненого району, і 90% всіх досліджених площадок виявилось не зайняте лишайниками. Нарешті, за вісім кілометрів від комбінату знаходилася абсолютна "лишайникова пустеля" [11].

Іноді стійкість лишайників до забруднення обумовлена зовнішніми умовами. Важливу роль відіграє щільність корового шару, проникність клітин, присутність деяких лишайникових речовин, що нейтралізують кислотні випадання. На основі індивідуальних особливостей лишайників були зроблені шкали, які дозволяють встановити рівень забруднення конкретного району за наявності або відсутності в ньому певних видів лишайників. Прикладом може служити шкала полеотолерантності епіфітів, тобто стійкості до міських умов. Цю шкалу склав Х. Трас. Шкала включає десять класів. У 1-й, 2-й і 3-й класи входять лишайники, що мешкають тільки в природних ландшафтах (в лісах, болотах, далеко від населених пунктів) і в слабо окультуреній місцевості (в лісових масивах поруч з населеними пунктами, луками). В 4-й, 5-й і 6-й класи потрапляють лишайники, що більш-менш часто зустрічаються в помірковано окультуреному ландшафті (в селищах, малих

містах, парках в околицях великих міст і на кладовищах). Нарешті, класи 7, 8, 9 і 10 об'єднують ті види лишайників, які поширені в сильно окультурених районах (у великих і середніх містах), парках, в околицях великих міст та на кладовищах) [10].

Крім, школи Х.Траса, існує карта Джільберта, яка схожа до першої школи, але відрізняється порядком розміщення зон по балам. Перша зона вважається територія зі вмістом SO_2 у повітрі близько 170 мкг/м^3 і відрізняється наявністю лише зелених водоростей роду *Desmococcus*, що вільно ростуть, при основі широколистих дерев. Вже в другій зоні вмість SO_2 має бути близько 150 мкг/м^3 , тут також зустрічаються водоростей роду *Desmococcus*, а на стовбурах дерев з'являється накипний лишайник *Lecanora conizaeoides*. На території третьої зони виявлено вміст SO_2 приблизно 125 мкг/м^3 . В третій зоні росуть *L. conizaeoides* по всьому стовбуру та зустрічаються лишайники виду *Leprogaria incana*.

Четверта зона містить $70 \text{ мкг/м}^3 \text{ SO}_2$ та цій зоні притаманий розвиток листуватих лишайників, а саме *Hypogymnia physodes*, *Parmelia saxatilis* і *P. sulcata*. Вже п'ята зона містить $60 \text{ мкг/м}^3 \text{ SO}_2$ і на її території найчастіше можна зустріти вид *Parmelia*. Та територія шостої зони містить у повітрі $50 \text{ мкг/м}^3 \text{ SO}_2$, переважно тут зустрічаються такі види лишайників: *Flavoparmelia caperata*, *Pertusaria*, *Parmelia*, *Graphiswui*.

До сьомої зони потрапляють території, які містить у своєму складі $40 \text{ мкг/м}^3 \text{ SO}_2$, тут комфортно себе почувають лишайників видів *Flavoparmelia caperata*, *P. revoluta*, *P. tiliacea*, інколи можна зустріти і інших представників різних видів, але ці найпопулярніші жителі території сьомої зони. Вже до восьмої зони відносять території з $35 \text{ мкг/м}^3 \text{ SO}_2$, де можна зустріти вид куцестого лишайника *Usnea ceratina*, накипного – *Rinodina roboris*, листуватого – *Parmelia perlata* та інших.

Дев'ята зона з вмістом $30 \text{ мкг/м}^3 \text{ SO}_2$ на якій виявлено близько 25 представників лишайників, з яких можна виділити: *Lobaria pulmonaria*, *L. amplissima* та інші. І десята зона, на якій зосереджена мінімальна кількість вмісту SO_2 , тут вже можна зустріти *Lobaria amplissima*, *Sticta limbata*, *L. scrobiculata*, *Pannaria*, куцистих лишайників *Teloschistes flavicans*, видів роду *Usnea*, також зустрічаються і інші представників різних видів [10].

Треба звернути увагу, що ці шкали не можна використовувати для всіх країн чи міст, потрібно враховувати місцевість, клімат, які також впливають на розвиток та життєдіяльність лишайників. Та шкала, що підходить для території України, може не підходити для Великої Британії, Азії та інших країн і навіть материків, островів.

Ліхенологічні карти дозволяють спостерігати за змінами, які відбуваються в стані повітря протягом 20-50 років. Ці методи вимагають не дуже значних витрат і з успіхом можуть доповнити, а іноді і замінити більш точні фізико-хімічні методи дослідження повітря, для яких необхідна дорога апаратура. Правда, для складання карт необхідно досить повно вивчити ліхенофлору в досліджуваному районі. Припустимо, потрібно скласти опис епіфітних лишайників в будь-якому парку. Для цього, рухаючись по алеї, описують ті лишайники, які ростуть по обидва її боки на пробних майданчиках, на кожному п'ятому (або третьому або десятому) дереві. Пробний майданчик обмежується на стовбурі дерев'яною рамкою, наприклад розміром 10X10 см, яка розділена всередині тонкими дротиками на квадратики по 1 см². Відзначають, які види лишайників зустрілися на майданчику, який відсоток загальної площі рамки займає кожен зростаючий там вид. Крім того, відзначають життєздатність кожного зразка: чи є у нього плодові тіла, здорова або чахла слань. На кожному дереві описують мінімум чотири пробні майданчики: дві біля основи стовбура (з різних його сторін) і дві на висоті 1-1,5 м. У цілому по алеї виходить значне число описів, а по всьому парку – і того більше [10].

Деколи лишайникам допомагають вижити найнесподіваніші обставини. Так, краще виживають ті колонії, в розпорядженні яких більше поживних речовин. Помічено скупчення лишайників на краях міських дахів, де багато пташиного посліду, а також на гниючих гілках старих дерев. Важливим є і переважна в даному районі напрямки вітрів, що несуть згубні гази і пил [17].

Оцінка виявлення й покриття дається по 5-бальній шкалі (таблиця 2.1) [13].

Таблиця 2.1 – Оцінка частоти народження і ступеня покриття за п'ятибальною шкалою

Частота народження, %		Ступінь покриття, %		Бал
дуже рідко	менше 5%	дуже низька	менше 5%	1
рідко	5-20%	низька	5-20%	2
рідко	20-40%	середня	20-40%	3
часто	40-60%	висока	40-60%	4
дуже часто	60-100%	дуже висока	60-100%	5

2.3 Обладнання для контролю кислотних дощів

Для позначення зон контролю кислотних дощів, перш за все, слід враховувати географічний розподіл концентрацій і відкладення підкислювальних речовин, тому моделювання переносу на великі відстані і осадження сірки має практичне значення. З 1970-х років ряд моделей, розроблених для різних цілей, були застосовані до Європи та Північної Америки. Ці науково-орієнтовані моделі можуть дати детальний опис фізичних і хімічних процесів при перевезенні на великі відстані і відкладеннях. Отже, у цьому дослідженні була розроблена проста і практична, орієнтована на політику модель для далекого транспортування та відкладення сполук сірки, щоб швидко оцінити сценарії керування та здійснити регіональну стратегію управління кислотним відкладенням науково і ефективно. Ця двовимірна Ейлерова статистична модель передбачає розподіл осадження сірки, а результати використовуються при позначення зон контролю кислотних дощів та зон контролю забруднення діоксидом сірки [12].

Чутливість моделі до зміни параметрів, щоб продемонструвати раціональність значень параметрів. Відносне відхилення результату моделювання обчислювалося, тоді як кожний параметр збільшувався або зменшувався на 25%, а інші залишалися незмінними. По цій моделі встановлено, що мокрий коефіцієнт осадження є найбільш важливим фактором у визначенні розподілу SO_2 / SO_4^{2-} концентрацій. Хоча вологі

відкладення досить чутливі до висоти змішування, коефіцієнта мокрого осадження і швидкості хімічної конверсії, загальне осадження сірки, яке є найважливішим виходом моделі, показує мало чутливості до кожного параметра (з відхиленням, що виникає з 25% зміни будь-якого параметра не більше 9,0%). Нільссон і Греннфельт стверджують, що стійкість екосистем до кислотного осадження, яка змінюється від місця до місця, може бути кількісно визначена за критичних навантажень. Кислотні відкладення, що перевищують критичні навантаження можуть призвести до довготривалих шкідливих впливів на екосистеми. Найважливішим принципом для позначення зони контролю кислотних дощів є те, що критичне навантаження перевищується осадженням сірки. У дослідженні з визначення кислотних дощових зон були розраховані критичні навантаження кислотного осадження [12].

На основі результатів допоміжних досліджень схема призначення для двох контрольних зон була закінчена в 1996 році і була остаточно ратифікована Державною радою на початку 1998 року. Враховуючи чутливість екосистем до підкислення та регіональні відмінності економічних і технічних умов, в тих районах, де рН нижче 4,5, а осадження сірки вище, ніж їх критичні навантаження, за винятком національних країн з бідністю, були визначені зони контролю кислотних дощів. Міста, що знаходяться за межами зони контролю кислотних дощів з середньорічною концентрацією SO_2 вище, ніж у другому класі національного стандарту якості атмосферного повітря (60 мкг/м^3) і середньодобовою концентрацією, що перевищує третій клас (100 мкг/м^3), за винятком національних країн-членів бідності, складають зони контролю забруднення SO_2 .

Однією з найважливіших цілей регіональної програми контролю кислотних дощів є визначення цілей контролю валового SO_2 викиди з кожної країни в різні фази. 2000, 2005 та 2010 роки були розглянуті групою програм як часовий ліміт короткого, середнього та довгострокового планування, відповідно. Оскільки критичні навантаження становлять пороги для екологічного збитку від осадження кислотою, кінцевою метою політики є підтримка осадження нижче критичних навантажень у всіх районах. У регіональній програмі контролю кислотних дощів для середньо- та довгострокового планування були рекомендовані стратегії зниження

перевищення критичного навантаження на 25 і 40% відповідно. Як видно з цих показників, викиди SO_2 повинні бути зменшені на велику кількість, щоб виконати мету середнього та довгострокового контролю відкладення кислот [12].

2.4 Аналіз поширення кислотних опадів на території України

Оксиди сульфуру і нітрогену, що потрапили в атмосферу, окислюються і, сполучаючись з водою, утворюють туманоподібні краплини сульфатної та нітратної кислот. Переносяться вітрами на значні відстані, вони згодом випадають разом з дощем, який має кислу реакцію. Кислотними називають взагалі будь-які опади – дощ, сніг, туман, якщо значення їх рН становить менш ніж 5,6. Кислотні дощі мають значення рН частіше в межах 4,1-2,1, а в деяких випадках навіть менш як 2,1. Спостереження свідчать, що ще 100 років тому дощова вода мала рН = 7,0, тобто осадки були нейтральними. Вперше кислотні дощі зареєстровані в Англії в 1972 р., вони були наслідком потрапляння в атмосферу оксидів сульфуру і нітрогену. Поступово індустріалізація охоплювала все більше число країн, а надходження оксидів сульфуру і нітрогену безперервно збільшувалось, особливо загрозливих масштабів набувши в наш час. Тому кислотні опади випадають всюди. У Західній Європі кислотність дощів у 1990 р. знизилась на 0,2 одиниці рН порівняно з 1989 р. В Україні кислотні дощі часто випадають у Сумській, Черкаській та Рівненській областях, де в повітря викидається значна кількість оксидів сульфуру і нітрогену. Основними джерелами утворення кислотних газів в Україні є підприємства паливно-енергетичного комплексу, обробної та добувної промисловості, транспорту та сільського господарства. За даними Державної гідрометеорологічної служби (Держкомгідромет) протягом останніх років в Україні помірно кислі опади спостерігаються приблизно у 10% досліджених опадів. Кислі опади спостерігаються доволі рідко, здебільшого, в межах потужних промислових регіонів північного заходу, півдня та сходу країни. Потерпає Україна і від транскордонного переносу кислотоутворюючих речовин. Так в Українських Карпатах, особливо в прикордонних районах, випадають кислотні опади, принесені з Румунії [13].

На території України проби на хімічний склад атмосферних опадів відбирають на 41 метеостанції, аналізи з визначення вмісту хімічних речовин в опадах проводять у Центральній геофізичній обсерваторії (Київ). Спостереження за кислотністю опадів здійснюють на метеостанціях Гідрометеорологічної служби України. Мережу станцій для спостережень почали формувати у середині 20 ст. Їхня кількість зросла від 12 у 1969 до 63 у 1989; у 2011 їх було 48. Кислотність опадів, які щойно випали, в Україні визначають від 1989 (до цього аналізували сумарні проби за місяць). Значення рН досягають 4,5. Найчастіше випадають у Криму та на Заході [13].

Отже, використовуються саме лишайники, оскільки вони вважаються найбільш чутливими до змін навколишнього середовища. Крім того, метод ліхеноіндикації не потребує спеціального обладнання, відбору проб та лабораторного аналізу, він включає в себе візуальні спостереження та статистичні дослідження.

3 ДОСЛІДЖЕННЯ ВИПАДАННЯ КИСЛОТНИХ ОПАДІВ МЕТОДОМ ЛІХЕНОІНДИКАЦІЇ

Організми-біоіндикатори мають бути нечутливими і дуже стійкими до забруднення шкідливими речовинами. Необхідно, щоб у них був тривалий життєвий цикл. Такі організми мають бути широко поширеними на планеті, кожен вид мусить бути пристосований до певного ареалу. Багато рослин чутливі до забруднення атмосферного повітря. Живі індикатори мають суттєві переваги перед дорогими фізико-хімічними методами. Рослини-індикатори вказують на наявність забруднювачів повітря, дають змогу зробити висновки про ступінь шкідливості тих чи інших речовин для живої природи та людини. Серед організмів, що відповідають вище згаданим умовам підходять лишайники [17].

3.1 Проведення дослідження у м. Вінниці

Лишайники зустрічаються в усьому світі і є екологічно толерантними організмами, що живуть в широкому діапазоні середовищ існування, часто процвітаючи в самих екстремальних місцях, таких як арктична тундра.

Для дослідження території м. Вінниці були обрані такі вулиці:

- Хмельницьке шосе;
- Центральний міський парк;
- вул. Соборна;
- вулиця Грушевського;
- вул. Пирогова;
- мкр. Тяжилів.

Їх місце розташування зображено на рисунку 3.1.



Рис. 3.1 – Місце розташування досліджених вулиць

1 – Хмельницьке шосе, 2 – Центральний міський парк, 3 – вул. Соборна, 4 – вул. Грушевського, 5 – вул. Пирогова, 6 – мкр. Тяжилів

Використовуючи таблицю 2.1 з 2 розділу маємо такі дані, що наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати обстеження дерев у м. Вінниці

Ділянка	Кількість видів	Види	Частота зустріваності (в балах)	Ступінь покриття, %	Бал
Хмельницьке шосе	3	<i>Xanthoria parietina</i> , <i>Physcia tenella</i> , <i>Parmelia sulcata</i>	30%	20%	2
Центральний міський парк	2	<i>Xanthoria parietina</i> , <i>Physcia tenella</i>	60%	40%	4
Вул.Соборна	1	<i>Xanthoria parietina</i>	5%	5-10%	1
Вул. Грушевського	2	<i>Xanthoria parietina</i> , <i>Physcia tenella</i>	50%	40%	3
Вул. Пирогова	1	<i>Xanthoria parietina</i>	5%	10%	1
Мкр. Тяжилів	1	<i>Xanthoria parietina</i>	5-70%	5-60%	3

На Хмельницькому шосе було замічено три види лишайників (*Xanthoria parietina*,

Physcia tenella, *Parmelia sulcata*), але площа субстрату, яку вони займають, дуже незначна. Деякі лишайники було важко одразу помітити, але були і дерева, де площа має значні розміри, але це зустрічається лише на декількох деревах, це може бути пов'язано з хворобою дерев, інші дерева або взагалі не мають лишайників або їх кількість незначна. Оскільки ця ділянка знаходиться відносно близько від дороги та залишається під впливом автомобільних викидів від проїжджої частини. Висока концентрація шкідливих газів-забруднювачів безпосередньо діє на склад повітря і унеможливорює проростання менш стійких до сірчистого газу форм лишайників.

Xanthoria parietina – жовтий або помаранчевий листяний лишайник, який є одним із найпоширеніших видів. Це є наслідком того, що даний вид лишайника є стійким до атмосферного забруднення у порівнянні з більшістю інших лишайників. Його можна зустріти по всій Європі. В основному лишайник живе на деревах – береза, осика, тополя, на хвойних рідко можна зустріти.

Physcia tenella – має вигляд розеток з розгалуженими лопатями на кінцях до 10 см в діаметрі. Зверху талом білувато- або голубовато-сірий, знизу темний, з коричневими ризоїдами. Росте на корі листяних дерев.

Parmelia sulcata – росте на стовбурах і гілках листяних та хвойних дерев, а також на обробленій деревині та кам'янистому субстраті, як правило, в добре освітлених місцях. Стійка до забруднення та живе у містах [2].

На території Центрального міського парку виявлено достатню кількість дерев, що покривають лишайники. Було замічено лише два види: *Xanthoria parietina*, *Physcia hispidula*. Були знайдені дерева, де ці лишайники займали великі площі стовбура, а також дерева з великою кількістю лишайників, але вже малого розміру. Можна зробити висновок, що територія парку це зона із середнім рівнем забруднення, оскільки були виявлені лише два види лишайників. Вулиця Грушевського, яка веде до Центрального міського парку, з сторони дороги, кількість лишайників значно менша та кількість зайнятої площі на субстраті поступається. Це пов'язано з викидами від автотранспортом, оскільки, дорога не є великою та кількість проїзних машин зменшена, види лишайників та більш-менш їх кількість трохи схожа до території парку.

На вулицях Соборній та Пирогова майже не зустрічаються лишайники, ті які були знайдені займають малі площі субстрату. Це пов'язано з автомобільним транспортом, оскільки автомобільні викиди безпосередньо впливають на наявність та розміри лишайників у місті. Через збільшення кількості автотранспорту збільшується кількість викидів шкідливих газів у повітря. Забруднення відображається на популяції лишайників у вигляді зменшення їх розмірів, кількості, висоти проростання, зникнення куцистих форм і зменшення листових форм.

На території мікрорайону Тяжилів було виявлено лише один вид лишайників – *Xanthoria parietina*. За спостереженнями, цей вид є найбільш поширеним на території м. Вінниці. У мікрорайоні, його частині, що прилягає до дороги, лишайників майже немає. Можна зустріти на поодиноких деревах, 1 чи 2 лишайника. Якщо відійти від дороги, наприклад, у двори, кількість лишайників різко збільшується, особливо у районах з приватними будинками. У таких районах, хоч і був один вид лишайнику, проте він зустрічався на кожному другому дереві, у великих популяціях і з різними розмірами. Були і дерева, що повністю були заповнені цим видом лишайнику.

Більше лишайників було можна зустріти на старих деревах, але це ні яким чином не пов'язано з негативним впливом лишайників. Така дія пояснюється тим, що молоді дерева швидше ростуть і у висоту, і в ширину, і в товщину, простіше кажучи, дерево росте та розтягується. Така швидкість не підходить повільно зростаючим лишайникам. З часом, коли вік дерева досягається «дорослих» розмірів, його швидкість сповільнюється, припиняється розтягування кори. Для лишайників такий стан чудово підходить і вони починають заселяти такі дерева. Можлива і інша причина, що пов'язана з хворобами дерев. Оскільки при хворобі ріст дерева також сповільнюється, а може і припинитися лишайники чудово будуть себе там почувати. Якщо на старому дереві багато лишайників, можливий знак, що дерево серйозно захворіло. Виходить, що лишайники не шкодять дереву, але можуть попереджати про його хворобу. Тобто, прямої шкоди від лишайників дереву немає.

3.2 Проведення дослідження у м. Києві

Київ по своїй території займає 847,66 км² та являється одним з більших промислових і транспортних міст України, до того ж, Київ належить до найбільших міст Європи, і як для кожного мегаполісу, він має деякі екологічні проблеми, що насамперед, пов'язані з викидами шкідливих речовин в навколишнє природне середовище від автомобільного транспорту, забруднення поверхневих та підземних вод, зменшення рослинного біорізноманіття, що виступає як результат постійного зростання міста та збільшення забудов, а також проблеми з утилізацією побутових та промислових відходів.

На території дуже забруднених зон помічено від одного до трьох видів лишайників, а саме найстійкіші види до яких відносяться: *Xanthoria parietina*, *X. polycarpa*, *Physcia adscendens*, *Ph. tenella* (Scop.) DC, *Phaeophyscia orbicularis*, *Ph. nigricans*. Частота трапляння цих видів більше 70%, але площу субстрату, які вони займають не перевищують і 1%. Для такої території можна ще зустріти вид *Scoliciosporum chlorococcum*, але він трапляється рідко.

Зрозуміло, що найменша кількість лишайників буде на територіях, що потрапляють під центральну частину Києва, де знаходяться найбільше скупчення забудівель, постійного потоку автотранспорту та невеликої кількості зелених насаджень. Наприклад, по вул. Хрещатик зустрічаються лише поодинокі слані листуватого лишайника *Phaeophyscia orbicularis*, він відноситься до одного із самих стійких видів. На інших вулицях, а саме, біля Бессарабської площі лишайники взагалі не були виявлені. Така відсутність лишайників іменується «лишайниковою пустелею». Такі пустелі зустрічаються тільки у великих містах з великим ступенем забруднення атмосферного повітря.

Схожа ситуація до центральної території є в південному промисловому районі Києва. Саме ця територія знаходиться під сильним впливом викидів в атмосферне повітря забруднювачів – діоксид сірки, оксиди азоту, пил, оксиди вуглецю. Тут основним джерелом виступає підприємство енергетики ТЕЦ-5, яке викидає в навколишнє середовище, в переважній кількості оксиди азоту (5,1 тис. т/рік), оксид вуглецю (894 т/рік), пил (1,7 т/рік), діоксид сірки (74 т/рік). Крім цього підприємства

на території наявні і інші джерела забруднення повітря, до яких можна віднести «Київгума», «Київський завод художнього скла», ВАТ «Корчуватський комбінат будівельних матеріалів», «Асфальтобетонний завод», «Київський ювелірний завод», також деякі підприємства харчової та легкої промисловостей, що також негативно впливають на стан атмосферного повітря. Наступним вагомим джерелом постачання забруднювачів повітря є автомобільний транспорт, який рухається по магістралях: проспекту Науки, бульвару Дружби Народів, вулиці Велика Васильківська та інших. Сильне скупчення автомобілів відбувається в районі транспортних розв'язок на Видибучах та Московській пл. [12].

Лівобережна частина міста також відноситься до дуже забрудненої зони Києва із-за викидів від стаціонарних джерел та пересувних. Тут розташовані підприємства машинобудівної (ДП «Дарницький вагоноремонтний завод»), ЗАТ «Укр-Кан-Пауер» (Дарницька ТЕЦ), фармацевтичної (ЗАТ «Фармацевтична фірма «Дарниця»»), хімічної (ВАТ завод «Київхімволокно», ВАТ «Радикал») галузей промисловості. Найбільшу кількість забруднюючих речовин викидає Дарницька ТЕЦ, але до 2021 року вони планують встановити 5 електрофільтрів, які знизять її викиди, більше ніж у 30 разів.

Наступна йде зона з середнім забрудненням, яка припадає на більшу частину правобережжя. Кількість видів лишайників на цій території вже збільшується та лишайники займають вже трохи більшу частину субстрату, ніж в дуже забрудненій зоні. Тут живуть не тільки сильностійкі лишайники, а вже зустрічаються інші види, можна виділити такі: *Amandinea punctata* (Hoffm.) Coppins & Scheid., *Candelariella vitellina*, *C. xanthostigma* Lettau, *Melanelia exasperatula*, *Lecanora saligna* (Schrad.) Zahlbr., *L. hagenii* (Ach.) Ach., *Caloplaca holocarpa* (Hoffm. ex Ach.) Wade, *Physconia grisea* (Lam.) Poelt, *Ph. enteroxantha*. Території середнього забруднення характеризуються значним пиловим забрудненням атмосферного повітря, наприклад, перехрестя вулиць з інтенсивним рухом автомобільного транспорту, гаражі, ділянки поблизу залізничних колій, СТО та інші.

Зона помірного забруднення не сильно відрізняється від середнього, тут також вистачає підприємств та постійного потоку автомобілів, але більше рослинності, тому

стан повітря трохи краще. По заводам, то тут розміщені ВО «Арсенал», ВАТ «Кузня на Рибальському», ВАТ «Квазар», ВАТ «Наукове-виробниче підприємство «Більшовик»», ВАТ «Київський електровагоноремонтний завод імені Січневого повстання 1918 року», ЗАТ «Фотон», ЗАТ «Київська книжкова фабрика», державна акціонерна холдингова компанія «Артем», банкнотна фабрика [12].

Наступна йде слабозабруднена зона, на цій території переважають листоваті види лишайників – *Hyrogymnia physodes* (L.) Nyl., *M. fuliginosa* (Fr. ex Duby) Essl. ssp. *glabrata*, *Pleurosticta acetabulum* (Neck.) Elix & Lumbsch, *Parmelina tiliacea* (Hoffm.) Hale, *Melanelia subaurifera* (Nyl.) Essl. та куцистий – *Evernia prunastri*. Покриття цих видів невисоке (1-3%). На окремих ділянках алей чи бульварів було замічено покриття приблизно до 20%. Крім, вищеперерахованих видів, де-не-де зустрічаються *Candelaria concolor* (Dicks.) Stein, *Lecanora carpinea* (L.) Vainio, *L. symmetrica* (Ach.) Ach., *L. chlorotera* Nyl., *L. pulicaris* (Pers.) Ach., *Cladonia coniocraea* Spreng [12].

Остання зона – незабруднена, представлена такими осередками, які перетинаються з лісопарковими зонами: північна (східна частина Оболонського району, дніпровські острови: Муромець, Труханів, Венеціанський, житловий масив Виноград); східна (до неї входить лівобережжя міста – житлові масиви Лісовий, Русанівські сади, Райдужний, район Березняків); південно-західна (території житлових масивів Феофанія, Жуляни, Пирогово). Окрім, названих ділянок, по всій території Києва можна зустріти ділянки незабрудненої зони (парки, сквери).

У результаті дослідження встановлено, що у порівнянні з іншими містами, Київ залишається одним із самих забруднених міст. Головними джерелами забруднення тут виступають промислові підприємства, особливо енергетики та будіндустрії, вагоме місце займає автомобільний транспорт. Не остання роль належить і невеликому відсотку рослинності, оскільки більша частина території Києва приділена на забудови, а не на парки чи сквери, ті поодинокі дерева, що ростуть вздовж доріг, не можуть вирішити всіх проблем із забрудненням стану атмосферного повітря, тому потрібно збільшити кількість зелених насаджень.

3.3 Проведення дослідження у м. Львові

Площа Львова складає 182,01 км², місто обласного значення, національно-культурний, освітньо-науковий осередок країни, а також великий промисловий центр та транспортний вузол. Основними забруднювачами атмосферного повітря виступають важкі метали та їх сполуки, оксиду вуглецю, діоксиду та інших сполук сірки, оксидів азоту, речовин у вигляді суспендованих твердих частинок, вуглеводнів, летких органічних сполук [13]. На таблиці 3.2 записані галузі промисловості та обсяг їх викидів.

Таблиця 3.2– Викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел

	Обсяги викидів			Викинуто в середньому одним підприємством, тонн
	тонн	у % до 2014 р.	у % до підсумку	
Усього	102397	102,2	100,0	148,0
Енергетика	51097	106,7	40,6	82,5
У т.ч. електростанцій загального призначення	41573	107,9	40,6	1663,0
Виробничі процеси	1634	126,9	1,6	11,7
Видобуток і розподіл викопного палива	48477	96,2	47,3	646,4
Використання розчинників та інших продуктів	525	165,3	0,5	8,1
Обробка та видалення відходів	382	149,7	0,4	42,5
Сільське і лісове господарство	282	351,2	0,3	20,1

Серед галузей виробництва головними джерелами забруднення повітря шкідливими речовинами є підприємства електроенергії та газу, автотранспорту та зв'язку, добувної та переробної промисловості. Причиною утворення таких викидів є спалювання природних видів палива, використання палива з високим вмістом сірчистості, золи та експлуатація фізично зношеного і морально застарілого пилоочисного обладнання.

Найбільша частка шкідливих речовин в атмосферне повітря надходить від: Добротвірська ТЕС, державне підприємство «Львіввугілля», управління магістральних газопроводів «Львівтрансгаз», Львівське комунальне підприємство «Збиранка», Роздільське державне гірничо-хімічне підприємства «Сірка», Львівське міське комунальне підприємство «Львівводоканал». Про це повідомляє прес-служба Департаменту екології та природних ресурсів Львівської облдержадміністрації [18].

Сильно забруднена зона розташована у центральній частині Львова, деякі райони з сильним забрудненням є і в західній, північній та південно сході Львова. На території цієї зони ростуть лишайники виду *Lecanora conizaeoides*, *Scoliciosporum chlorococcum*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Xanthoria parietina*. Лишайники займають дуже невелику площу субстрату та зустрічаються дуже рідко.

Помірно забруднена зона відноситься до північної території міста. Видовий склад лишайників більш різноманітний. Слабо розвинута зона розташована вже у межах Львівського Опілля, Майорівської та Лисогірської височин. Тут вже трапляються, крім вищеперерахованих видів, високочутливі та середньочутливі види лишайників. Незабруднена зон зафіксована лише за межами міста Львова, де характерною ознакою є зустріч з найчутливішими видами та доволі великою площею субстрату [13].

Отже, метод ліхеноіндикації підходить для визначення стану забруднення навколишнього природного середовища, оскільки лишайники чутливі до стану довкілля та реагують на кількість забруднюючих речовин в атмосфері. Ми проаналізували та дослідили Вінницю, Київ та Львів на стан забруднення повітря та підтвердили методом ліхеноіндикації, що найбільш забрудненні ділянки припадають на розвинуті регіони з найбільшою часткою автомобільного транспорту

та підприємств чи фабрик. Отже, даний метод можна використовувати для встановлення забруднення довкілля, особливо добре лишайники реагують на вміст важких металів та радіонуклідів. В порівнянні зі Львовом та Києвом, Вінниця має більш-менш чисте атмосферне повітря, на даний час, у нас не побудована велика кількість підприємств по місту та кількість автомобільного транспорту поступається цим двом містам.

4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ПО ЗМЕНШЕННЮ УТВОРЕННЮ КИСЛОТНИХ ДОЩІВ

У 1990 році, озброєний дослідженням NARAP, Конгрес змінив чинний Закон про чисте повітря, щоб включити в нього кислотні дощі. Нова поправка до розділу IV Закону про чисте повітря назвала скорочення викидів SO_2 та NO_x обов'язковою. Програма Acid Rain (ARP) була сформована в 1995 році. ARP обмежує енергетичну галузь для зменшення щорічних викидів SO_2 та NO_x та торгівлі для скорочення викидів SO_2 . Вона встановлює обмеження на загальну кількість SO_2 , яку можуть виробляти електростанції. Електростанції задовольняють свої цілі ARP, використовуючи вугілля з низьким вмістом сірки, "мокрый скруббер" або системи десульфуризації димових газів, пальники з низьким вмістом NO_x та інші технології чистого вугілля. Автомобілі також виділяють NO_x . Нові конструкції каталітичних конвертерів допомагають очищати вихлопи та видаляти NO_x та інші забруднюючі речовини, як окис вуглецю та ЛОС, які сприяють виникненню смогу [4].

Існує декілька способів зниження кислотного осадження:

1. Труби, димоходи та інші димовідвідні труби повинні бути очищені. Майже вся електроенергія походить від спалювання викопного палива, таких як вугілля, природний газ, нафта. Але як раз ці викиди є головною причиною осадження кислоти, що викидається в атмосферу. Для зменшення викидів діоксиду сірки (SO_2) потрібно використовувати вугілля, яке містить менше сірки, промивати вугілля та використовувати скрубери, для хімічного видалення SO_2 з газів, що виходять з димових труб. Подібно до скруберів на електростанціях, каталітичні конвертери зменшують викиди оксиду азоту (NO_x). Також можна використовувати очищення. Це процес, який також називається десульфурацією димових газів, що використовується для хімічного виведення діоксиду сірки з газів, що виходять з димових трубок. Процес виключає до 95% газу SO_2 [15].
2. Використання природних газів у виробництві електроенергії замість спалювання вугілля є іншим рішенням для зменшення викидів SO_2 .
3. Використовувати альтернативні джерела енергії. Крім відомих нам джерел електроенергії існують і інші джерела такі як атомна енергетика, гідроенергетика,

вітроенергетика, геотермальна енергія та сонячна енергія. Найбільш широко використовують ядерні та гідроелектростанції; енергія вітру, сонячна енергія, геотермальна енергія ще не використовуються у великих масштабах. Для автомобілів, що працюють на паливі є альтернатива у вигляді використання біопалива, біодизелю, комбінація альтернативних та бензинових автомобілів.

4. Вапнування. Порошкоподібний вапняк додають у воду та ґрунт для нейтралізації кислоти. Зазвичай їх використовують у Норвегії та Швеції. Додавання вапна в кислі поверхневі води балансує кислотність. Ця практика широко використовується для балансування рН. Недоліком цього є те, що вапнування є дорогим методом, який необхідно виконувати повторно. Крім того, це лише короткочасне вирішення завданих збитків NO_x та SO_2 . Однак це один з процесів, що забезпечує виживання форм водного життя шляхом балансування кислотності води [15].

5. Індивідуальні дії. Мільйони людей безпосередньо та опосередковано сприяють викидам SO_2 та NO_x . Зменшення цього виклику вимагає, щоб люди були більш проінформовані про збереження енергії та шляхи зменшення викидів, таких як: вимкнення світла або електричних приладів, коли вони не використовуються, використовувати громадський транспорт, використання гібридних транспортних засобів або тих, що мають низькі викиди NO_x .

6. Онлайн моніторинг забруднюючих речовин. Мета полягає в тому, щоб щодня контролювати еволюцію забруднюючих речовин і бути в змозі попереджати населення, якщо це необхідно. Періоди сильного тепла та / або відсутності вітру сприяють пікам забруднення. Паралельно супутниковий моніторинг дає можливість відобразити забруднюючі речовини в усьому світі. Це допомагає визначити області, де виробництво цих забруднювачів є найсильнішим, і як вони мігрують через вітри.

7. Санітарно-захисні зони. Встановлення санітарно-захисних зон, які віддаляють джерело промислового забруднення від житлових, громадських будівель для захисту населення від впливу шкідливих чинників виробництва. Територія санітарно-захисної зони повинна бути озелененою газостійкими породами дерев та чагарників (тополя пірамідальна, клен гостролистий, ялина та інші) [15].

Використовують механічні методи для очищення вентиляційних чи інших газових викидів від грубодисперсного пилу. За цим механізмом відокремлюють пил під дією інерції, сили гравітації та відцентрованої сили. Існує два види пиловловлювачів, кожен з яких використовують при певних показниках, таких як, швидкість газового потоку, вміст пилу та його фізико-хімічні властивості, розмір частинок, а також наявність водяної пари. Сухі пиловловлювачі з екологічного та економічного погляду є більш досконалішими. Вони здатні повернути у виробництво вловлений пил, а при мокрому утворюються водяні суспензії, переробка яких несе за собою більше матеріальних затрат. Механічне сухе пиловловлення відбувається в спеціальних осаджувальних камерах з циклонними сепараторами, механічними та електричними фільтрами. Газу очищають в осаджувальних камерах із грубодисперсними частинками, розмір пилу коливається від 50 – 500 мкм і більше. Вважається найефективнішою камера Говарда, в ній газовий потік розділяється горизонтальними пластинами на окремі секції. Також, використовують циклонні сепаратори, які ефективно очищають газу, але часточки повинні бути не менше як 25 мкм. Коефіцієнт корисної дії залежить від розмірів частинок та від концентрації пилу. Середня ефективність знепилення газів у циклонах становить приблизно 78 % – 86% для пилу розміром 30 – 40 мкм. Ці циклони використовують у різних галузях промисловості [18].

У фільтрах газовий потік проходить через пористий матеріал різної щільності та товщини. Для очищення грубодисперсного пилу фільтри попередньо повинні бути заповнені піском, коксом, гравієм, насадкою різної природи та форми. Тонкодисперсний пил очищують за допомогою фільтрувального матеріалу, наприклад, паперу, тканини різної щільності. Папір використовують, коли газу мають низький вміст пилу. Останнім часом почали використовувати, в якості фільтрувального паперу синтетичні матеріали та скловолокно. Ці матеріали можуть витримувати температуру 150 – 250 °С, хімічно та механічно стійкіші і менш вологоємні в порівнянні з шерстю та бавовною. Шерсть та бавовна можуть очищати газу лише з температурою, яка не перевищує 100 °С. Крім цих фільтрів, також використовують керамічні фільтри, фільтри з пластмас та скла. Їх ефективність

пиловлювання може досягати 99,99 %, і температура очищеного газу може досягати 500 °C [18].

Для тонкого очищення газів від пилу зазвичай використовують електрофільтри. Вони можуть очищати не тільки пил, а газу від аерозолів. Для покращення ефективності електроди змочують водою. Найпростіша конструкція є промивна башта, яка заповнена кільцями Рашига, скловолокном чи іншим матеріалом. Прикладом такого апарату є скрубери та труби Вентурі. Принцип роботи скруберів полягає в тому, що газ рухається знизу вгору, а поглинальна рідина, якою найчастіше виступає вода, розпилюється форсунками згори вниз. Скрубери використовують для холодних і для гарячих газів, ці газу не повинні містити в собі токсичних речовин (кислот, хлору), тому що вони виділяються в атмосферу разом з очищеним газом у вигляді туману.

Гарячі газу, що містять частинки пилу понад 5 мкм очищують за допомогою барботажних апаратів, де запилений газ пропускають крізь рідину (воду). Барботажний процес – це процес проходження пари чи газу у рідині. Ефективність очищення в таких апаратах досягає 97 % – 99 %. Недоліком мокрого очищення газів пов'язано з тим, що вловлений пил перетворюється на мокрий шлам, для видалення якого потрібна вже інша конструкція – шламова каналізація, тим самим конструкція стає більш дорогою.

Для того щоб підвищити ефективність роботи циклонів та рукавних фільтрів використовують ультразвукові апарати. Ультразвук сприяє адгезії (зчеплення, прилипання, злипання різнорідних твердих або рідких тіл при їх контакті) та закріпленню частинок пилу. Препарат ефективно працює при концентрації пилу в очищуваному газі. Апарат можна змочити водою, щоб збільшити його ефективність. Такий апарат разом з циклоном використовують для уловлювання сажі, туману різних кислот [18].

Крім вище перерахованих методів використовують ще фізико-хімічні методи очищення газових викидів, до яких належать адсорбція та абсорбція. Процес абсорбції полягає в хімічному осадженні забруднювальних речовин під час пропускання очищуваного газу крізь рідкий поглинач. Такий апарат називають

абсорбером. В таких апаратах очищений газ та абсорбувальна рідина рухаються назустріч один одному. Такий метод використовують для очищення повітря та викидних газів, що містять у собі токсичні забруднення – кислотні тумани, ціанідну та ацетатну кислоти, оксиди нітрогену, сірчистий газ, різні розчинники. В якості поглинача використовують суспензії, що містять оксиди магнію, кальцію та вапняку. Ефективність очищення 90 % – 95 %. Після очищення шлами можуть надалі використовувати для подальшого перероблення. Недолік процесу полягає в ускладненому процесі видалення шламів у разі утворення важкорозчинних речовин.

Адсорбційний метод – сорбція газуватих речовин на поверхні або у об'ємі мікропор твердого тіла. Вилучені з очищуваних газів речовини в подальшому видаляють шляхом десорбції, можуть використовуватись для різних цілей. Апарати називаються адсорберами. Ці апарати можуть бути горизонтальними, вертикальними, з кільцевими полицями, на яких розташовується адсорбент (тверда речовини, на поверхні пор якої відбувається концентрування очищуваних сполук). Адсорбцією на активованому вугіллі очищають викидні гази у виробництві штучного волокна.

Ще одним методом є хемосорбція – це хімічний метод очищення, де очищувальний газ промивають розчином речовин, що реагують із забруднювальними домішками. Але цей метод, з погляду економіки та екології є малоефективним, тому що теплота не використовується, а лише призводить до теплового забруднення навколишнього природнього середовища [18].

Отже, очисні споруди, очисні фільтри є головним засобом боротьби із промисловими викидами. Ефективність споруджень залежить від фізико-хімічних властивостей забруднювачів, від досконалості застосовуваних методів та апаратів. При грубому очищенні викидів знешкоджується від 70 % до 84 % забруднюючих речовин, середньому – 95 % – 98 % та тонкому до 99 %.

Одним із основних способів запобігання забрудненню атмосфери є перехід на екологічно безпечну енергію, озеленення міст та промислових центрів, перехід автомобілів на електричні, заміна бензину іншими видами палива (сумішшю різних спиртів) [18].

Оскільки немає сумніву в тому, що наше середовище отримує значної шкоди, очевидно, що для її виправлення необхідні дії. Людство повинно усвідомлювати складність проблеми, її наслідки та взаємодії у повітрі, ґрунті, воді та опадах, а також їх вплив на рослини, тварин і мікроорганізмів. Якщо існує ймовірність того, що певні коригувальні дії мають високі витрати, пов'язані з ними, необхідно бути впевненим, що ці витрати є виправданими і що дія буде ефективною. Не може бути швидких рішень. Прибирання може зайняти десятиліття, навіть якщо почати зараз. В останні роки встановлені основні вимоги до дій:

- Визнання того, що кислотні дощі є серйозною проблемою.
- Знання, що скорочення викидів є найкращим рішенням [2].

Розрахунки ОЕСР (Організація економічного співробітництва та розвитку) застосовуються до північно-західних та європейських регіонів і базуються на доларах США. Середня вартість очищення оцінюється в 780 доларів за тону сірки. Що стосується всієї Європи, вартість зниження SO_2 на 50 % склала б близько 8 000 мільйонів доларів щорічно.

Хоча міжнародні угоди про скороченню викидів парникових газів були підписані та впроваджені в Європі та Північній Америці, їх вплив є обмеженим, особливо у швидко розвиваючих країнах Азії та Південної Америки, які дуже залежать від енергетичного вугілля та нафти. Оскільки найбільшим джерелом кислотних дощів є вугільні електростанції, важливіше, ніж будь-коли, розробляти альтернативні джерела енергії. В іншому випадку кислотні дощі продовжуватимуть знищувати ліси, живу природу та історичні будівлі та пам'ятники [2].

Що стосується звичайного населення, воно повинно вимагати заходів екологічної політики, спрямованих на досягнення розвитку суспільства зі способом життя, який все більше дотримується гармонії з природою, також важливо здійснювати право на свободу доступу до екологічної інформації та право втручатися в оцінку впливу великих проектів на навколишнє природне середовище та перевіряти поведінку великих компаній (державних і приватних) через доступ до інвентаризації викидів, скидів, відходів та екологічних аудитів.

З сторони споживачів, потрібно прагнути сприяти споживанню товарів та послуг, де виробництво використовує екологічно чисті технології: це дуже ефективний спосіб змусити компанії включити чисті технології в своє виробництво.

У сфері повсякденної діяльності потрібно:

- Споживання енергії та сприяння використанню чистої енергії. Існує багато індивідуальних дій, які можуть включати скорочення споживання енергії: ізолювати будинки, не витрачати світло, використовувати енергозберігаючі лампочки, контролювати використання опалення.
- Використання транспортних засобів з двигунами внутрішнього згорання, в цьому сенсі варіанти багаторазові: менше використання транспортного засобу, використання громадського транспорту, використовувати велосипеди і т. д.
- Споживання упаковки, що підлягає вторинній переробці, а також сприяння селективному збору відходів та утилізації всіх типів виробів [2].

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБЛЕННЯ ПРОГРАМНОГО ПРОДУКТУ ДЛЯ ПОБУДОВИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ КАРТ НА ОСНОВІ ЛІХЕНОІНДИКАЦІЙНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Однією з найбільших проблем з якими зіштовхнулось людство – забруднення навколишнього природного середовища, а саме атмосферного повітря. Існує багато методів, як дорогих, так і більш дешевих, для встановлення чистоти повітря. Одним із таких методів є ліхеноіндикація. За допомогою лишайників, можна швидко та без матеріальних затрат визначити наскільки забруднена та чи інша місцевість. Щоб полегшити даний метод, потрібно розробити програмний продукт для побудови геоінформаційних карт, в який буде інформація, на основі ліхеноіндикаційних досліджень, про забруднення територій на важкі метали (в більшості, на вуглекислий газ). В програмі можна буде вводити дані за різні роки та отримувати статистику зміни, прогнозувати подальший розвиток або спад забрудненню. За рахунок чого, ми будемо отримувати карти, в яких різними кольорами будуть зображенні території та їх ступень забруднення атмосферного повітря. Це полегшить роботу екоіспекції, допоможе відслідковувати викиди від різних підприємств та кожна людина буде мати чітке уявлення про стан навколишнього середовища.

Для розрахунку нам потрібно:

- Кошторис витрат, які підуть на розробку програмного продукту.
- Вирахувати експлуатаційні витрати, які будуть пов'язані з використанням нового продукту.
- Розрахувати умовний обсяг роботи Q_2 .
- Розрахувати річний економічний ефект від використання нового продукту.
- Розрахувати термін окупності [21].

5.1 Витрати на розробку нового програмного продукту

У склад витрат будуть входити безпосередньо оплата праці робітників, загально-виробничі витрати [21].

Для розрахунку заробітної плати (Z_0) використовується формула:

$$Z_0 = \frac{M}{T_p} \cdot t, \quad (5.1)$$

де M – місячний посадовий оклад конкретного розробника;

T_p – число робочих днів в місяці;

t – число робочих днів роботи розробника.

Дані, які отримали з використанням формули 5.1:

$$Z_{01} = \frac{12000}{21} \cdot 5 = 2857 \text{ грн.}$$

$$Z_{02} = \frac{8500}{21} \cdot 5 = 2023 \text{ грн.}$$

$$Z_{03} = \frac{5000}{21} \cdot 5 = 1190 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки наведені у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Розрахунки витрат на основну заробітну плату працівників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн	Оплата за робочий день, грн	Кількість робочих днів	Витрати на оплату праці, грн
Керівник проекту	12000	571	5	2857
Науковий співробітник	8500	405	5	2023
Технік	5000	238	5	1190
Повна вартість:				6070

Основна заробітна плата робітників Z_p , якщо вони виконують роботи за робочими професіями розраховується за формулою 5.2:

$$Z_p = \sum_{i=1}^n t_i \cdot C_i \cdot K_c, \quad (5.2)$$

де n – число робіт по видах/розрядах;

t_i – норма час, що виділяється на виконання конкретної операції, год;

C_i – погодинна ставка, в залежності від розряду, грн/год:

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i}{T_p \cdot T_{зм}}, \quad (5.3)$$

де M_M – мінімальна місячна оплата праці оператора, грн. (5000 грн);

K_i – тарифний коефіцієнт робітника даного розряду;

T_p – число робочих днів в місяці, приблизно 21 день;

$T_{зм}$ – тривалість зміни (8 год);

K_c – коефіцієнт співвідношень, установлений Генеральною тарифною угодою між урядом і профспілками, $K_c = 1 \dots 5$.

Найменування робіт	Трудомісткість, годин	Розряд роботи	Погодинна ставка, грн	Величина оплати, грн
Розробка програмного продукту	14	9	51,4	3598
Введення бази даних та внесення карт	5	3	35,1	439
Перевірка системи	3	6	43	258
Всього				4295

$$C_i = \frac{5000 \cdot 1,73}{21 \cdot 8} = 51,4 \text{ грн}$$

$$C_i = \frac{5000 \cdot 1,18}{21 \cdot 8} = 35,1 \text{ грн}$$

$$C_i = \frac{5000 \cdot 1,45}{21 \cdot 8} = 43 \text{ грн}$$

Підставляємо значення у формулу 5.2:

$$З_p = (14 \cdot 51,4 \cdot 5) + (5 \cdot 35,1 \cdot 2,5) + (3 \cdot 43 \cdot 2) = 3598 + 439 + 258 = 4295$$

Для розрахунку додаткової заробітної плати ($З_d$), розраховується як 10...12% від основної заробітної плати робітників:

$$З_d = 3437 \cdot 10\% = 429,5 \text{ грн.}$$

Нарахування на заробітну плату $Н_{зп}$ операторів та розробника розраховується як 22 % від суми їхньої основної та додаткової заробітної плати, тобто від суми:

$$З_p + З_d + З_o = 4295 + 429,5 + 6070 = 10794,5 \text{ грн}$$

$$Н_{зп} = 10794,5 \cdot 22\% = 2374,7 \text{ грн}$$

Амортизація обладнання, комп'ютерів та приміщень, які використовувались для розробки нового технічного рішення. В спрощеному вигляді амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання та приміщення розраховується за формулою:

$$A = \frac{Ц \cdot H_a}{100} \cdot \frac{T}{12}, \quad (5.4)$$

де $Ц$ – балансова вартість всього обладнання, приміщень, комп'ютерів, грн.;

H_a – річна норма амортизаційних відрахувань, %;

T – термін використання обладнання, приміщень, місяці.

$$A = \frac{10000 \cdot 25}{100} \cdot \frac{1}{12} = 208 \text{ грн.}$$

Витрати на матеріальний носій для програмного продукту, які розраховуються за формулою:

$$K = \sum_{i=1}^n H_i \cdot C_i \cdot K_i, \quad (5.5)$$

де n – кількість видів комплектуючих та матеріалів;

H_i – кількість комплектуючих та матеріалів i -го виду, шт. (150 грн);

C_i – покупна ціна комплектуючих та матеріалів i -го виду, грн.;

K_i – коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = 1, 1 \dots 1, 15$.

$$K = 1 \cdot 150 \cdot 1,1 = 165 \text{ грн}$$

Витрати на силову електроенергію V_e розраховуються за формулою:

$$V_e = V \cdot P \cdot \Phi \cdot K_p, \quad (5.6)$$

де V_e – вартість 1 кВт-години електроенергії;

P – установлена потужність обладнання, кВт;

Φ – фактична кількість годин роботи обладнання, яке задіяно на виготовлення одного виробу, години;

K_p – коефіцієнт використання потужності, $K_p < 1$.

$$V_e = V \cdot P \cdot \Phi \cdot K_p = 0,90 \cdot 0,2 \cdot 20 \cdot 0,65 = 2,34 \text{ грн}$$

Інші витрати I_b можна прийняти як (100...300)% від суми основної заробітної плати розробників та робітників, які були виконували дану роботу, тобто

$$I_B = (Z_o + Z_p) \cdot 300\% = (6070 + 4295) \cdot 300\% = 31095 \text{ грн.}$$

Сума всіх попередніх статей витрат дає загальні витрати на розробку нового продукту (В):

$$B = 4295 + 23747 + 208 + 165 + 2,34 + 31095 = 59512 \text{ грн}$$

5.1 Розрахунок експлуатаційних витрат, пов'язаних з використанням нового програмного продукту

Склад експлуатаційних витрат та їх розрахунок наведений нижче [19]:

а) заробітна плата обслуговуючого персоналу $Z_{обс}$, яка розраховується за формулою:

$$Z_{обс} = 12 \cdot M \cdot \beta \text{ (грн/рік)}, \quad (5.7)$$

де 12 – кількість місяців;

M – місячний оклад інженерно-технічного працівника, грн.;

β – частка часу, яку працівник використовує на обслуговування виробу із застосування даного продукту (в загальному часі роботи 10-18%)

$$Z_{обс} = 12 \cdot 5000 \cdot 0,14 = 8400 \text{ грн/рік}$$

Додаткова заробітна плата розраховується як 10% від основної заробітної плати обслуговуючого персоналу $Z_{обс} - 840$ грн

Нарахування на заробітну плату обслуговуючого персоналу розраховується як 22% від суми основної та додаткової заробітної плати обслуговуючого персоналу – $(8400 + 840) \cdot 22\% = 2032,8$ грн.

Розрахунок за амортизаційне відрахування для програмного продукту:

$$A = \frac{Ц \cdot H_a}{100} \text{ (грн/рік)}, \quad (5.8)$$

де Ц – вартість робіт зі створення нового програмного продукту, грн

H_a – річна норма амортизації нематеріального активу – 25%.

$$A = \frac{59512 \cdot 25}{100} = 14878 \text{ грн/рік}$$

Інші витрати:

$$I_B = (З_{\text{обс}} + З_{\text{д}} + H_{\text{зп}} + A) \cdot 0,1 \text{ грн} \quad (5.9)$$

$$I_B = (8400 + 840 + 2032,8) \cdot 0,1 = 1127,3 \text{ грн}$$

Сума витрат за всіма попередніми статтями дає величину експлуатаційних витрат при використанні нового програмного продукту – E_2 :

$$E_2 = 8400 + 840 + 2032,8 + 1127,3 = 12400 \text{ грн}$$

5.2 Розрахунок умовного обсягу робіт при використанні програмного продукту

Для визначення умовного обсягу робіт Q_1 без використання програмного продукту (або при використанні існуючого програмного продукту) потрібно знати час виконання конкретної функції (роботи) при умові, що програмний продукт не буде застосовуватись (або при використанні відомого програмного продукту).

Для визначення умовного обсягу робіт Q_2 при використанні нового програмного продукту потрібно знати час виконання конкретної функції (роботи) в умовах, коли буде використовуватись новий програмний продукт.

Тоді умовні обсяги робіт Q можна розрахувати за формулами 5.10-5.11:

$$Q_1 = \frac{F \cdot 60 \cdot \beta}{t_1}, \quad (5.10)$$

$$Q_2 = \frac{F \cdot 60 \cdot \beta}{t_2}, \quad (5.11)$$

де Q_1 – умовний обсяг робіт при застосуванні існуючого програмного продукту (або без його використання), умовних одиниць, штук, тощо;

Q_2 – умовний обсяг робіт при застосуванні нового програмного продукту, умовних одиниць, штук, тощо;

F – ефективний фонд часу роботи за рік (для однозмінної роботи $F = 1700 \dots 1800$ годин);

β – доля часу, який витрачає працівник на виконання конкретних робіт з застосуванням даного програмного продукту в загальному часі своєї роботи;

t_1, t_2 – час виконання конкретної функції або роботи при застосування відповідно існуючого та нового програмного продукту, хвилини.

Умовний обсяг робіт без застосування програмного продукту:

$$Q_1 = \frac{1700 \cdot 60 \cdot 0,2}{150} = 136 \text{ (опер./рік)}$$

$$Q_2 = \frac{1700 \cdot 60 \cdot 0,2}{20} = 1020 \text{ (опер./рік)}$$

5.3 Розрахунок економічного ефекту від впровадження нового програмного продукту

Розрахунок річного економічного ефекту від впровадження нового програмного продукту здійснюється по формулі 5.9[22]:

$$\Delta E = \left(\frac{E_1}{Q_1} - \frac{E_2}{Q_2} \right) \cdot Q_2, \quad (5.12)$$

де E_1 – експлуатаційні витрати при використанні існуючого програмного продукту (або без його використання взагалі), грн./рік;

E_2 – експлуатаційні витрати при використанні нового програмного продукту, грн./рік;

Q_1 – умовний обсяг роботи, що виконується за рік при використанні існуючого програмного продукту або без його використання взагалі (умовні одиниці, кількість функцій, тощо);

Q_2 – умовний обсяг роботи, що виконується за рік при використанні нового програмного продукту (умовні одиниці, кількість функцій, тощо).

$$\Delta E = \left(\frac{59512}{136} - \frac{12400}{1020} \right) \cdot 1020 = 433398 \left(\frac{\text{грн}}{\text{рік}} \right).$$

5.4 Розрахунок терміну окупності T_0 витрат, які були використані на розробку нового програмного продукту

Термін окупності розраховується за формулою 5.1 [22]:

$$T_0 = \frac{B}{\Delta E}, \quad (5.13)$$

При $T_0 < 1 \dots 3$ роки новий програмний продукт вважається економічно ефективним.

$$T_0 = \frac{59512}{433398} = 0,13 \text{ (роки)}$$

Отже, розробка нового програмного продукту є економічно вигідною та окупить себе за 0,13 року.

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі була дана характеристика кислотних дощів, досліджено їх утворення та їх джерела, визначено шкідливі наслідки кислотних опадів на навколишнє середовище та на живі організми, використання методу ліхеноіндикації для визначення ступеня забруднення певної території.

У першому розділі магістерської роботи було ознайомлено з кислотними опадами, як вони утворюються та встановлено, що джерелами кислотних опадів виступають викиди автомобільних автотранспортів, спалювання викопного палива, ТЕС. Опади переносяться вітрами кислотних хмар та випадають у вигляді дощів або снігу. Кислотні дощі негативно впливають на ґрунт, на водойми, що спричинює загибель живих організмів, зникає унікальність рослинності, наявна інтенсивна міграція багатьох хімічних елементів. Крім цього, руйнуються історичні пам'ятки. У людей розвиваються різні хвороби, порушується дихальна діяльність, подразнення слизових оболонок.

У другому розділі описуються методи контролю за кислотними опадами. Використання методу ліхенології для встановлення забруднення довкілля. Використовують саме лишайники, оскільки вони вважаються найбільш чутливими до змін навколишнього середовища. При вивченні лишайників та їх реакцію на зміни забруднення атмосфери, виявили такі закономірності, що чим сильніше буде забруднене місто, тим менше можна буде зустріти у ньому різні види лишайників, а ті, які будуть, займають невелику площу на стовбурах дерев та інших субстратів. Найпершими зникають кущисті лишайники, за ними – листові і останніми – накипні лишайники.

У третьому розділі проведено порівняльні дослідження між Вінницею, Києвом та Львом. Підтверджено достовірність методу ліхеноіндикації, оскільки встановили, що найбільше забруднення припадає саме на Київ та у всіх містах відсутність лишайників проявляється біля підприємств чи автомагістралей. Стан атмосферного повітря Вінниці нормальний, на території вистачає зелених насаджень,

автомобільний транспорт не настільки широко використовується як в Львові чи Києві, а підприємств, що засереджені в самому місті, небагато.

У четвертому розділі описуються засоби запобіганню утворенню кислотних опадів, які повинні проводитися комплексними заходами різних країн, оскільки опадам притаманний транскордонний характер. Для зменшення кислотних дощів потрібно використовувати очисні споруди, фільтри, перейти на електромобілі або гідрокари, чи встановити спеціальні каталізатори для регулювання двигунів внутрішнього згорання, використовувати альтернативні джерела енергії, проводити постійний онлайн моніторинг стану навколишнього середовища, встановлювати санітарно-захисні зони.

В п'ятому розділі запропоновано розробити програмне забезпечення, за допомогою якого можна відстежувати стан атмосферного повітря у часі, або встановлювати на яких територіях найгірші показники і виявляти їх причину. До того ж, даний продукт потрібно зробити доступним для кожної людини, щоб всі розуміли реальний стан ситуації із забрудненням атмосферного повітря та самі усвідомлювали, що кожен має роботи для покращення ситуації.

Отже, забруднення атмосферного повітря одна із самих важливих тем на сьогодні. Повітря і далі продовжує зазнавати негативний вплив зі сторони людства, постійне надходження важких металів за рахунок збільшення автомобільного транспорту та підприємств не залишається безслідним.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Michelle M. International Acid Rain Conference [Електронний ресурс] / Marquart Michelle. – 2015. – Режим доступу: <http://www.lter-europe.net/events/international-acid-rain-conference>.
2. Zambrano A. Lluvia ácida [Електронний ресурс] / Alex Zambrano. – 2016. – Режим доступу: <https://www.monografias.com/trabajos5/lluac/lluac.shtml>.
3. Casiday R. Acid Rain / R. Casiday, R. Frey. // Department of Chemistry, Washington University St. Louis. – 1998.
4. Dowdey S. How Acid Rain Works [Електронний ресурс] / S. Dowdey – Режим доступу: <https://science.howstuffworks.com/nature/climate-weather/atmospheric/acid-rain3.htm>.
5. ACID RAIN [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://acmg.seas.harvard.edu/people/faculty/djj/book/bookchap13.html>.
6. Мащенко О. М. Геоєкологія / Мащенко О. М. – Полтава: ПНПУ імені В.Г.Короленка, 2015. – 54 с.
7. Управління забрудненням навколишнього середовища [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://ukrbukva.net/page,3,11233-Upravlenie-zagryazneniem-okruzhayusheiy-sredy.html>.
8. About Lichens [Електронний ресурс] // U.S. FOREST SERVICE – Режим доступу до ресурсу: <https://www.fs.fed.us/wildflowers/beauty/lichens/about.shtml>.
9. Сухова Е. И. Оценка чистоты воздуха методом лишеноиндикации в различных микрорайонах г. Чехова / Е. И. Сухова. – 2009.
10. Мартиненко В.Г. Ліхеноіндикаційна оцінка екологічної ситуації в м. Кіровоград // Ліхеноіндикація: Посібник/ За ред. СЯ. Кондратюка, В.Г. Мартиненка. – К.; Кіровоград: ТОВ КОД, 2006а. – С. 127-145.
11. Нічук Н. В. Ліхеноіндикація стану атмосферного повітря / Н. В. Нічук. // ВНТУ. – 2019. – С. 2.

12. Димитрова Л. В. Ліхеноіндикація забруднення атмосферного повітря м. Києва / Л. В. Димитрова. // Український ботанічний журнал. – 2008. – №4. – С. 585.
13. Шалай Л. Довкілля Львівської області / Л. Шалай. – Львів, 2018. – 128 с. – (Головне управління статистики у Львівській області).
14. Jiming H. Application of a LRT Model to Acid Rain Control in China / H. Jiming, L. Duan, F. Lixin. // Environ. Sci. Technol. – 2001. – С. 3407–3415.
15. Заверуха Н. М. Основи екології / Заверуха Н. М., Серебряков В. В., Скиба Ю. А. – Київ: Каравела, 2006. – 368 с.
16. Лыгин С.А., Ваниева А.С. Оценка загрязнения воздуха методом лишеноиндикации // Естественные и математические науки в современном мире: сб. ст. по матер. XVIII междунар. науч.-практ. конф. № 5(17). – Новосибирск: СибАК. – 2014.
17. Хобко Х. Стан повітряного басейну у Львівській області / Х. Хобко. // Львівський національний університет імені Івана Франка. – 2007. – С. 12.)
18. Олійник Я. Б. Основи екології / Я. Б. Олійник, О. Л. Гавриленко. – Київ: Знання, 2012. – 558 с.
19. Державна екологічна інспекція у Вінницькій області [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://vin.dei.gov.ua/>.
20. Департамент агропромислового розвитку, екології та природних ресурсів. Доповідь про стан навколишнього природного середовища у Вінницькій області / Департамент агропромислового розвитку, екології та природних ресурсів. // Вінницька обласна державна адміністрація. – 2017. – С. 247.
21. Нікіфорова Л. О. Економіка та організація виробництва / Л. О. Нікіфорова. – Вінниця: ВНТУ, 2015. – 135 с.
22. Козловський В. О., Лесько О. Й. Методичні вказівки до виконання бакалаврських дипломних робіт студентами спеціальності «Менеджмент організацій». – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 48 с.

Додаток А

Технічне завдання

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Інститут екологічної безпеки та моніторингу довкілля

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕЕБ,
к.т.н., доцент

В. А. Іщенко
(підпис)

«__» _____ 2020 року

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на магістерську кваліфікаційну роботу

**ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ МЕТОДОМ ЛІХЕ-
НОІНДИКАЦІЇ**
08-48. МКР.206.01.000 ТЗ

Напрям 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

Керівник магістерської кваліфікаційної ро-
боти: к.т.н., доцент

І. А. Трач
(підпис)

«__» _____ 2020 р.

Виконавець: студентка гр. ТЗД-19м

Н.В. Нічук
(підпис)

«__» _____ 2020 р.

Вінниця 2020

1. Підстава для проведення робіт.

Підставою для виконання роботи є наказ № ____ по ВНТУ від «__» _____ 2020 р., та індивідуальне завдання на МКР, затверджене протоколом ____ засідання кафедри ЕЕБ від «__» _____ 2020 р.

2. Мета роботи.

Проведення дослідження на основі аналізу екологічного стану атмосфери за допомогою методу ліхеноіндикації оцінити якість повітря та провести спостереження за кислотними опадами у м. Вінниці.

3. Вихідні дані для проведення робіт.

Шкала для визначення забруднення повітря по видовому складу лишайників (додаток Б)

4. Методи дослідження.

Візуальні методи контролю.

5. Етапи роботи і терміни їх виконання.

№ з/п	Найменування етапів МКР	Термін виконання
1.	Розробка технічного завдання	
2.	Аналіз екологічних проблем пов'язаних з кислотними опадами	
3.	Суть ліхеноіндикаційного методу	
4.	Дослідження випадання кислотних опадів методом ліхеноіндикації	
5.	Рекомендації по зменшенню впливів кислотних дощів	
6.	Техніко-економічне обґрунтування розроблення програмного продукту для побудови геоінформаційних карт на основі ліхеноіндикаційних досліджень.	
7.	Підготовка висновків, додатків і списку літератури	

6. Призначення і галузь використання.

Дослідження може бути використано для виявлення небезпечних зон забруднення повітря, а також при подальших дослідженнях екологічного стану м. Вінниці із застосуванням методу ліхеноіндикації.

7. Вимоги до розробленої документації

Пояснювальна записка та графічна частина.

8. Порядок приймання роботи

Публічний захист роботи «__» _____ 2020 р.

Початок розробки «__» _____ 2020 р.

Граничні терміни виконання МКР «__» _____ 2020 р.

Розробила студентка групи ТЗД-19м _____ Н. В. Нічук

Додаток Б

Вихідні дані

Таблиця Б.1 – Шкала для визначення забруднення повітря по видовому складу лишайників

Зона забруднення, % покриття лишайниками стовбурів дерев	Ступінь забруднення	Характеристика лишайників
I зона, < 5 %	Дуже сильне	Лишайників нема, лише водорість плеврокок на деревах і камінні
II зона, < 15 %	Сильне забруднення	Лишайник леканора
III зона, < 20 %	Середнє забруднення	Пармелія на камінні, на деревах відсутня
IV зона, < 30 %	Відносне забруднення	Сірі листоваті лишайники з'являються на стовбурах дерев
V зона, < 50 %	Зона чистого повітря	З'являються кущисті лишайники, в тому числі евернія
VI зона, < 100 %	Дуже чисте повітря	Кущисті, в тому числі уснея

Схема мокрого пиловоловалювача

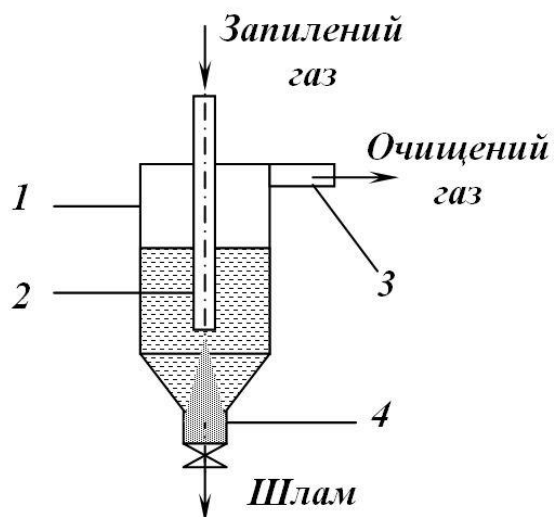
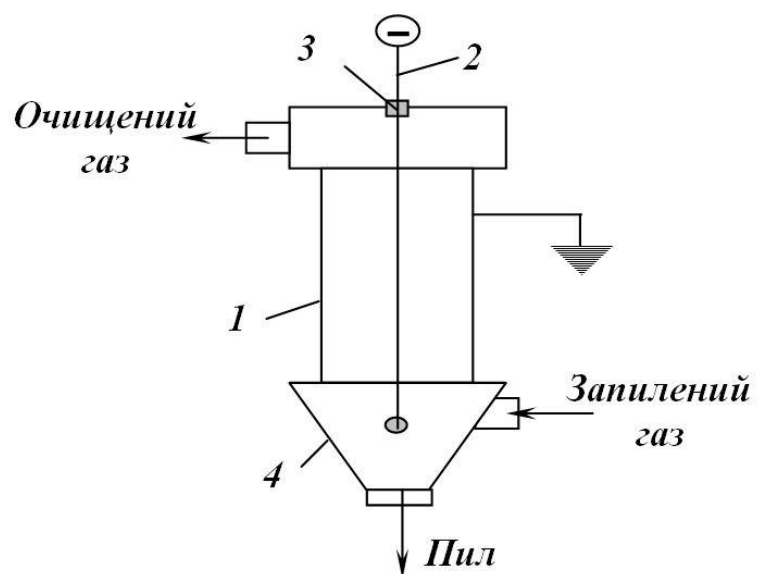


Схема мокрого пиловоловалювача

- 1 – циліндроконічний резервуар;
- 2 – центральна труба;
- 3 – верхній патрубок;
- 4 – нижній патрубок.

Схема электрофилтра



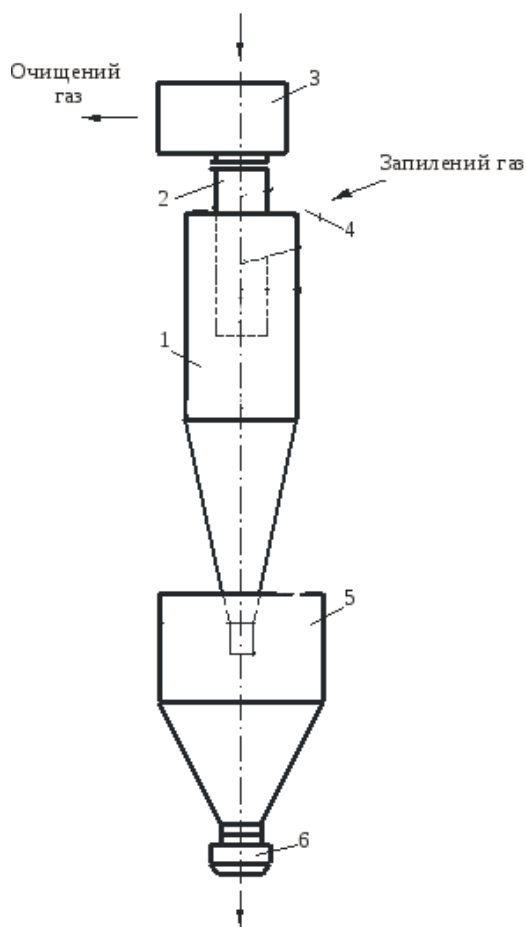
1 – осаджувальний електрод;

2 – коронуючий електрод;

3 – ізолятор;

4 – бункер.

Схема циклона



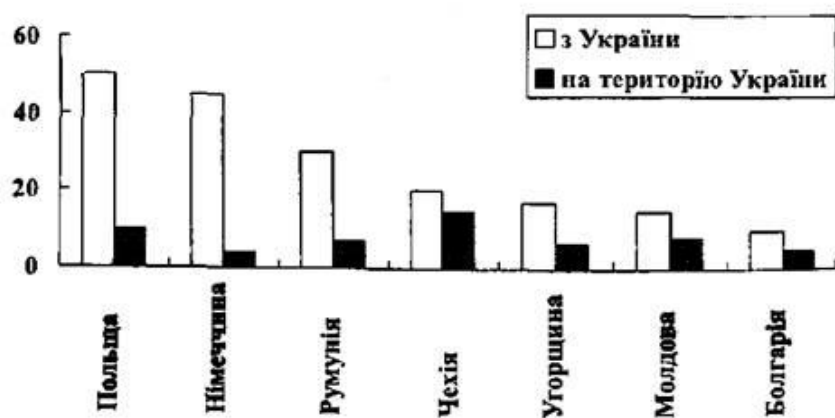
- 1 – корпус;
- 2 – вихлопна труба;
- 3 – улітка;
- 4 – вхідний патрубок;
- 5 – приймальний бункер;
- 6 – затвор.

					08-48. МКР.206.00.000 ТЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Екологічна оцінка забруднення атмосфери методом ліхеноіндикації	Літ.		Маса	Масштаб		
Розробив	Нічук Н.В.										
Перевірив	Трач І.А.										
Т.контр.						Аркуш 1		Аркушів 3			
Рецензент	Сидорук Т.І					ВНТУ, ТЗД-19м					
Н. контр.	Васильківський І.В.										
Затвердив											

Оцінка частоти народження і ступеня покриття за п'ятибальною шкалою

Частота народження, %		Ступінь покриття, %		Бал
дуже рідко	менше 5%	дуже низька	менше 5%	1
рідко	5-20%	низька	5-20%	2
рідко	20-40%	середня	20-40%	3
часто	40-60%	висока	40-60%	4
дуже часто	60-100%	дуже висока	60-100%	5

Транскордонні переноси забруднень між Україною та іншими країнами



Природні та антропогенні джерела надходження оксидів азоту

Джерело	Обсяг, млн/т. рік
Природні джерела	
Мікробіологічна активність у грунтах/океанах	5-20
Електричні розряди в атмосфері	2-20
Антропогенні	
Спалювання викопного палива	24
Спалювання біомаси	3-13
Азотні добрива та тваринництво	5-7