

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного
Факультет агротехнологій та екології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. каф. геоекології і землеустрою

доцент _____ Максим ГАНЧУК

“_16_” червня 2025 р.

Пояснювальна записка

до дипломної роботи здобувача СВО Бакалавр

(ступінь вищої освіти)

на тему: **«Рівень екологічної безпеки адміністративних одиниць (на прикладі м. Запоріжжя)»**

13 ГЗ Д 004 000000 ПЗ

Виконав: здобувачка ВО 4 курсу, групи 41 ЕК

спеціальності 101 Екологія за ОПП Екологія

(шифр і назва спеціальності та ОПП)

Здобувач вищої освіти _____ Ольга ФАТЄЄВА
(підпис) (П.І.П.)

Керівник, професор _____ Анатолій ВОЛОХ
(підпис) (П.І.П.)

Консультант, доцент _____ Михайло ЗОРЯ
(підпис) (П.І.П.)

Нормоконтроль, доцент _____ Максим ГАНЧУК
(підпис) (П.І.П.)

Запоріжжя - 2025 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

Інститут або факультет агротехнологій та екології
Кафедра геоекології і землеустрою

Ступінь вищої освіти Бакалавр
Галузь знань 10 «Природничі науки»

Спеціальність 101 «Екологія»

Освітня програма «Екологія»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри ГЕЗ
к.с.-г.н., доцент Максим ГАНЧУК
« 16 » вересня 2024 р

ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

студенту Фатєєва Ольга Павлівна

1. Тема роботи **Рівень екологічної безпеки адміністративних одиниць (на прикладі м. Запоріжжя)**

керівник роботи д.б.н., професор Волох Анатолій Михайлович

затверджені наказом Ректора університету від «22» жовтня 2024 р. № 506-С

Строк подання студентом роботи «30» травня 2025 р.

Вихідні дані до роботи дані відділу статистики та ДСНС, чинне законодавство України та ЄС.

Перелік питань, які потрібно розробити: характеристика потенційних екологічних небезпек регіону та визначення факторів екологічного ризику; оцінка ступені перевищення рівня шкідливої дії підприємства над нормативними показниками; рівень забруднення повітря в різних районах міста Запоріжжя.

Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав (дата)	завдання прийняв
Розділ 4 Охорона праці	Михайло ЗОРЯ, к.т.н., доцент, завідувач кафедри цивільної безпеки	16.09.2024	16.09.2024

Дата видачі завдання

16.09.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи (місяць)	Відмітка керівника про виконання (засвідчується підписом)
Розділ 1. Огляд наукової літератури	листопад	Виконано
Розділ 2. Матеріали та методи досліджень	грудень-березень	Виконано
Розділ 3. Рівень забруднення повітря в різних районах міста Запоріжжя	квітень	Виконано
Розділ 4. Охорона праці	травень	Виконано
Висновки	травень	Виконано

Студентка _____, О.П. Фатєєва
(підпис) (ініціали та прізвище)Керівник роботи А.М. Волох
(підпис) (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Фатеєва О.П. Рівень екологічної безпеки адміністративних одиниць (на прикладі м. Запоріжжя). Бакалаврська робота. Кафедра геоекології і землеустрою. Запоріжжя, Таврійський ДАТУ ім. Д. Моторного, 2025. С.65

Текст викладений на 50 сторінках, містить 4 розділи, 8 таблиця, 12 рисунків, 38 літературних джерел.

Актуальність теми дослідження

Стан довкілля є однією з ключових проблем сучасності, адже якість природного середовища безпосередньо впливає на умови життя людини. З огляду на стрімкий розвиток технічного прогресу та інтенсивне використання природних ресурсів, зростає навантаження на екосистеми. У цьому контексті екологічна безпека набуває особливої актуальності як одна з основ стабільного розвитку суспільства.

Початок третього тисячоліття ознаменувався значним загостренням екологічної ситуації в багатьох регіонах світу, у тому числі й в Україні. Техногенне навантаження, забруднення повітря, води, ґрунтів, зміни кліматичних умов — усе це створює серйозні загрози для довкілля та здоров'я населення. Саме тому виникає потреба у ґрунтовному аналізі екологічного стану конкретних територій та формуванні системи заходів для мінімізації ризиків.

Запоріжжя, як великий промисловий центр, є одним із найуразливіших з точки зору екологічної безпеки регіонів. Високий рівень промислового виробництва, щільна інфраструктура, наявність об'єктів підвищеної небезпеки — усе це створює передумови для негативного впливу на природне середовище та здоров'я мешканців.

Мета роботи: всебічна оцінка екологічної безпеки міста Запоріжжя, а також виявлення основних ризиків і загроз природного та техногенного характеру.

Ключові слова: екологічна безпека, моніторинг довкілля, забруднення повітря, промислові викиди, стан навколишнього середовища, оцінка ризиків, урбанізовані території, сталий розвиток.

Зміст

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	8
1.1 Характеристика кліматичних умов, ґрунтового покриву та фізико-географічні умови розташування регіону.....	8
1.2 Характеристика господарсько–виробничого комплексу Запорізької області	11
1.3 Характеристика потенційних екологічних небезпек регіону та визначення факторів екологічного ризику	18
1.4 Індикація факторів екологічного ризику техногенного характеру.....	27
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	33
2.1 Довгострокове та аварійне прогнозування.....	33
2.2 Оцінка екологічної безпеки промислового виробництва на локальному рівні та в умовах нормальної експлуатації.....	34
2.3 Оцінка ступені перевищення рівня шкідливої дії підприємства над нормативними показниками	37
2.4 Оцінка реципієнтів шкідливої дії в межах прилеглих територій.....	41
2.5 Комплексна інтегральна оцінка екологічної небезпеки промислового об'єкту	42
РОЗДІЛ 3. РІВЕНЬ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ В РІЗНИХ РАЙОНАХ МІСТА ЗАПОРІЖЖЯ.....	46
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	53
ВИСНОВКИ.....	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	58

ВСТУП

Стан довкілля є однією з ключових проблем сучасності, адже якість природного середовища безпосередньо впливає на умови життя людини. З огляду на стрімкий розвиток технічного прогресу та інтенсивне використання природних ресурсів, зростає навантаження на екосистеми. У цьому контексті екологічна безпека набуває особливої актуальності як одна з основ стабільного розвитку суспільства.

Початок третього тисячоліття ознаменувався значним загостренням екологічної ситуації в багатьох регіонах світу, у тому числі й в Україні. Техногенне навантаження, забруднення повітря, води, ґрунтів, зміни кліматичних умов — усе це створює серйозні загрози для довкілля та здоров'я населення. Саме тому виникає потреба у ґрунтовному аналізі екологічного стану конкретних територій та формуванні системи заходів для мінімізації ризиків.

Запоріжжя, як великий промисловий центр, є одним із найуразливіших з точки зору екологічної безпеки регіонів. Високий рівень промислового виробництва, щільна інфраструктура, наявність об'єктів підвищеної небезпеки — усе це створює передумови для негативного впливу на природне середовище та здоров'я мешканців.

Метою дипломної роботи є всебічна оцінка екологічної безпеки міста Запоріжжя, а також виявлення основних ризиків і загроз природного та техногенного характеру. Проведене дослідження має на меті сприяти розробці ефективних заходів із запобігання надзвичайним ситуаціям, що сприятиме покращенню екологічного стану регіону.

Основні завдання дослідження:

- надати характеристику природно-ресурсного та господарського потенціалу Запорізького регіону;
- визначити методичні підходи до оцінювання рівня екологічної безпеки;

– проаналізувати стан довкілля в адміністративних районах м. Запоріжжя на основі актуальних даних.

Об'єктом дослідження є: виступає рівень забруднення атмосферного повітря в межах міста Запоріжжя.

Предметом є: комплексний аналіз екологічної небезпеки, що включає вивчення природно-географічного положення, кліматичних особливостей, ресурсного забезпечення, рівня антропогенного впливу та ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій різного характеру.

У роботі застосовано як теоретичні методи – аналіз літературних джерел, узагальнення, систематизація інформації, так і емпіричні – спостереження, збір статистичних даних, а також описові методи для представлення результатів дослідження.

Теоретичне підґрунтя: поняття екологічної безпеки охоплює комплекс заходів, що забезпечують збереження екологічної рівноваги в межах природного середовища, допустимого для існування людини без шкоди для її здоров'я. Екологічна безпека передбачає гармонізацію взаємин між людством і природою та формує основу для сталого використання ресурсів. Її вивчають у різних просторових масштабах: від глобального до локального.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД НАУКОВОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Характеристика кліматичних умов, ґрунтового покриву та фізико-географічні умови розташування регіону

Запорізька область розташована на південному сході України, охоплюючи частини двох природних зон — Лісостепу та Степу Лівобережної України. Територія регіону лежить у межах вододілу між басейнами Дніпра та Дону, що визначає його гідрографічні особливості [2].

Область займає стратегічно вигідне економіко-географічне положення. Вона межує з такими адміністративними одиницями, як Херсонська, Дніпропетровська та Донецька області, а з південного боку її територія омивається Азовським морем. Довжина прибережної лінії в межах Запорізької області перевищує 300 км. Загальна площа регіону становить 31,4 тис. км², що складає приблизно 5,2% площі України. Відстань із заходу на схід — 225 км, із півночі на південь — 201 км (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 — Загальна адміністративна характеристика Запорізької області [2,3]

Параметр	Значення
Дата утворення	27.02.1932 рік
Площа, км ²	31420
Кількість адміністративних районів	27
Кількість міст	17
з них: обласного підпорядкування (значення)	7
Кількість селищ	61
Кількість сіл	1683
Щільність населення, тис. чол. на 1 км ²	91,6

Рельєф області характеризується як переважно рівнинний, з наявністю хвилястих форм та численних водноерозійних форм — ярів, балок, річкових долин. Територія належить до водозбірної системи двох великих рік: 75% площі припадає на басейн Дону, решта — на басейн Дніпра [3].

Клімат Запорізької області — помірно континентальний. Завдяки незначним висотним коливанням та відносно рівномірній протяжності території зі заходу на схід, кліматичні відмінності між різними частинами області є незначними. Основні кліматоутворювальні чинники — це сонячна радіація, циркуляція повітряних мас та рельєф.

У середньому протягом року поверхня області отримує близько 48 ккал/см² сонячного тепла. Кут падіння сонячного проміння змінюється залежно від пори року: у червні — 64–65%, у грудні — 18–20%. Рельєф у вигляді пагорбів посилює континентальні риси клімату, що особливо відчутно в зимовий період.

Середні температури січня в північній частині області становлять –8...–6°C, тоді як у липні — +16...+20°C. Система вітрів, кількість опадів, атмосферний тиск та інші метеорологічні параметри мають відносно стабільні сезонні коливання. Усе це створює передумови як для сільськогосподарського, так і для промислового розвитку регіону.

Важливим фактором є також ресурсний і виробничий потенціал області. Запорізька область є одним із провідних промислових регіонів України. Тут функціонує понад 1200 підприємств різного профілю — промислових, будівельних, транспортних. Суттєвий внесок у науково-технічний розвиток регіону забезпечують більше 200 наукових установ і 76 вищих навчальних закладів різного рівня акредитації [2,3].

Оцінка стану навколишнього середовища за останні роки свідчить про певну стабілізацію екологічної ситуації, незважаючи на зростання обсягів виробництва, що створює підвищене навантаження на природні ресурси регіону [11].

У рівнинній частині Запорізької області спостерігається більш інтенсивне прогрівання повітря, що зумовлює вищі середні температурні показники протягом року. Так, у липні середня температура становить близько +20 °С, тоді як у січні вона знижується до –4 °С. Саме рівнинні райони демонструють найбільшу амплітуду місячних середніх температур. Абсолютно максимальна температура, зафіксована на території області, сягала +41 °С.

У регіоні загалом спостерігається відносно достатній рівень зволоження. Найвища кількість опадів понад 1400 мм на рік, що припадає на східні та північно-східні райони. У напрямку південного заходу кількість опадів зменшується, досягаючи 500–600 мм. Основна частина атмосферних опадів більше 60% випадає в літній період, особливо у червні, часто у вигляді злив і гроз.

Переважаючими є повітряні маси помірних широт, а домінуючим напрямком вітрів на рівнинній території області виступає південно-західний.

Рельєф Запорізької області характеризується значною різноманітністю і вираженою ерозійною активністю. Саме це різноманіття форм рельєфу стало підґрунтям для формування різних типів ґрунтів. На лесових породах поширені родючі чорноземи, тоді як у заплавах річок та балок сформувалися лучні, лучно-болотні та засолені ґрунти. Загалом на території області ідентифіковано понад 60 ґрунтових типів. Чорноземні ґрунти є найбільш характерними для регіону, а в північній частині подекуди зустрічаються дернові слабопідзолнені ґрунти [11].

Раціональне використання та охорона земельних ресурсів залишається одним із найактуальніших питань природокористування в Запорізькій області. Особливо вразливим є верхній шар ґрунту, який найбільше страждає від забруднення, що зумовлене викидами промислових підприємств. У приземному шарі атмосфери накопичуються різні забруднювальні речовини – екотоксиканти, зокрема важкі метали, фториди, сірководень тощо. Під їхнім впливом знижується здатність ґрунтів до самоочищення, що сприяє переходу

токсичних елементів до харчових ланцюгів через сільськогосподарські культури.

Геологічна структура Приазовської височини представлена кристалічними породами — гранітами, гнейсами, сієнітами, які в основному перекриті лесовими та лесовидними суглинками. У деяких місцях ці породи виходять на денну поверхню [3].

Стан поверхневих водних об'єктів області у 2021 році загалом залишався стабільним. Основними споживачами прісної води традиційно виступають підприємства металургійної, енергетичної, вугільної галузей, а також аграрний сектор і житлово-комунальні служби.

Однією з актуальних екологічних проблем є замулення річок та водосховищ, що разом із зарегульованістю річкового стоку призводить до підтоплення значних територій – це створює ризики як повеней, так і підняття рівня ґрунтових вод, що негативно позначається на стані сільськогосподарських земель та інфраструктури населених пунктів.

1.2 Характеристика господарсько–виробничого комплексу Запорізької області

Запорізький регіон займає стратегічно вигідне економіко-географічне розташування в південно-східній частині України. Область межує з Херсонською, Дніпропетровською та Донецькою областями, а з півдня її територію омивають води Азовського моря. Протяжність морської берегової лінії в межах області перевищує 300 км, що створює сприятливі умови для розвитку портового господарства, рибальства та туризму.

Загальна площа області становить 27,2 тис. км², що відповідає близько 4,5% від території України. Відстань між крайніми точками області складає 208 км із півночі на південь та 235 км із заходу на схід. Місто Запоріжжя, адміністративний центр регіону, розташоване на відстані 618 км автодорогами та 715 км залізницею від Києва [2,6].

Територія області поділяється на три природно-сільськогосподарські зони: степову приблизно 50,8% території, посушливу степову – 34,8% і сухо-степову – 14,4%. Завдяки помірно-континентальному клімату з річною кількістю опадів у межах 448 мм і середньорічною температурою +22 °С улітку та –4,5 °С узимку, регіон має сприятливі умови для вирощування більшості сільськогосподарських культур. Середньорічна кількість сонячних днів становить близько 225, що створює сприятливе середовище для розвитку аграрного сектору, рекреаційної діяльності та санаторно-курортного туризму.

Рельєф Запорізької області переважно рівнинний, ґрунтовий покрив представлений переважно родючими чорноземами. Область характеризується багатими мінерально-сировинними ресурсами. Зокрема, значна частина загальнодержавних запасів пегматитів – 88,06%, апатитів – 63,42%, марганцевих руд – 69,1%, вторинних каолінів – 22,9% та вогнетривких глин – 8,6% зосереджена саме в цьому регіоні.

Гідрографічна мережа області представлена 109 річками, серед яких найбільш значущою є Дніпро — одна з головних водотранспортних артерій України. У межах області на Дніпрі збудовано низку водосховищ, які забезпечують водопостачання для потреб промисловості, енергетики та сільського господарства.

Станом на початок 2012 року чисельність наявного населення області становила 1,791 млн осіб. Адміністративно-територіальний поділ включає 20 сільських районів, 5 міст обласного підпорядкування: Запоріжжя, Мелітополь, Бердянськ, Енергодар, Токмак та 9 міст районного значення, зокрема Василівка, Вільнянськ, Гуляйполе, Пологи тощо. Обласний центр, місто Запоріжжя, адміністративно поділений на 7 районів. Загалом на території області розташовано 14 міст, 22 селища міського типу та 914 сільських населених пунктів, зокрема 44 селища та 870 сіл [2,6].

Виконавчу гілку влади на території Запорізької області представляють обласна державна адміністрація та 20 районних державних адміністрацій.

Органи місцевого самоврядування представлені Запорізькою обласною радою, 20 районними радами, 14 міськими, 22 селищними та 263 сільськими радами.

Запорізька область вирізняється значним природно-рекреаційним потенціалом. Тут розташовано 299 об'єктів і територій, які входять до складу природно-заповідного фонду. Серед них — частина території Українського степового заповідника «Кам'яні Могили», що частково також розміщується в межах Донецької області. Унікальність цього місця полягає в поєднанні ділянок цілинного степу з давніми скельними утвореннями, вік яких сягає приблизно 1,5 мільярда років – цей ландшафт часто називають «мініатюрними Альпами».

Область має широкий спектр рекреаційних ресурсів, до яких належать сприятливий клімат, морське узбережжя з протяжними піщаними пляжами, джерела мінеральної води та лікувальні грязі. Основні бальнеологічні ресурси зосереджені поблизу морських лиманів — Молочного й Утлюцького, а також у таких природних водоймах, як озера Велике і Красне в околицях Бердянська.

Туристична інфраструктура включає 38 готелів, серед яких «Хортиця» - Запоріжжя та «Парус» - Бердянськ, а також 38 мотелів і кілька туристичних баз, таких як «Приморська» та «Горіховий гай». У селі Михайлівка функціонує кемпінг.

На державному обліку перебуває близько 6,8 тис. об'єктів культурної спадщини, з яких 25 — це пам'ятки архітектури та містобудування. В області діють три заповідники та 16 музеїв з відповідними відділами.

Особливої уваги заслуговує національний заповідник «Хортиця», що розташований на однойменному острові площею 2,7 тис. гектарів — найбільшому на річці Дніпро. Острів має багате історико-культурне минуле: тут виявлено 129 курганів, що датуються бронзовою добою та періодом скіфського панування VI–IV ст. до н.е.. Перша письмова згадка про Хортицю міститься в творі візантійського імператора Костянтина Багрянородного «Про управління імперією» X століття. Археологічні дослідження виявили понад 100 пам'яток, що охоплюють різні історичні епохи [6,31].

У XVI столітті на Хортиці було засновано першу Запорозьку Січ, організатором якої вважають князя Дмитра Вишневецького. Після зруйнування Січі острів було передано у володіння Григорію Потьомкіну, а згодом, у 1789 році, продано німецьким колоністам, які залишались тут до 1916 року. Нині на острові функціонує музей історії запорозького козацтва, діє кінний етнографічний театр «Запорозькі козаки», а також створено туристичні об'єкти — готель і корчму під назвою «Козацьке подвір'я».

Ще однією визначною пам'яткою є історико-археологічний музей-заповідник «Кам'яна Могила», що займає територію площею 15 га. Комплекс поєднує історико-культурну цінність із природною унікальністю: в його гротах та печерах збереглася велика кількість петрогліфів. Степові ділянки заповідника відзначаються наявністю реліктових і ендемічних видів флори.

У складі заповідного комплексу функціонує музей «Первісне мистецтво» та лапідарій на пагорбі Кам'яна Могила, де представлено понад три тисячі наскельних зображень, створених у період від пізнього палеоліту 20–16 тис. років до н.е. до епохи бронзи, а також у пізніші історичні часи.

Місто Бердянськ, засноване у 1827 році, спочатку функціонувало як портова пристань. Його гавань могла приймати понад 50 суден одночасно, що сприяло розвитку торговельної діяльності. У XIX столітті Бердянськ був помітним торговим осередком із понад 200 складами та 70 крамницями. В місті працювали два готелі, кілька трактирів, винні погреби, кав'ярні та казино.

Серед архітектурних пам'яток Запорізької області вирізняється палацово-парковий комплекс у місті Василівка, більш відомий як «Замок у степу». Зведений у середині XIX століття, він включає три флігелі, оглядову вежу та стайню. Архітектурні стилі будівель різняться: східний і північний флігелі збудовані у псевдомавританському стилі, західний – у неоготичному. З 1993 року на базі комплексу функціонує музей-заповідник «Садиба Попова» — маєток, що раніше належав канцелярії князя Григорія Потьомкіна [6,31].

Село Преслав, яке з 1875 року виконувало адміністративну функцію для болгарських поселень у Таврії, отримало назву на честь столиці середньовічної Болгарії. Засноване воно було в 1861 році.

Запоріжжя посідає провідне місце в індустріальному розвитку України, вважаючись її промисловим і металургійним центром. У місті діє понад 290 підприємств, зосереджених переважно в галузях металургії, машинобудування та енергетики. Тут виробляється понад третина всієї української сталі й прокату чорних металів, понад 20% чавуну та близько 10% металопродукції і коксу.

Завдяки високому рівню промислового виробництва, Запоріжжя суттєво поповнює як місцевий, так і державний бюджети. Місто демонструє позитивне сальдо зовнішньої торгівлі, що сприяє зростанню валютних надходжень до регіону й країни загалом.

Металургія є стратегічною галуззю економіки області. Її представляють як підприємства чорної, так і кольорової металургії, включаючи виробництво спеціальних сталей, феросплавів, титану, алюмінію та продукції з них.

Серед ключових підприємств:

- ПАТ «Запоріжсталь» – один із лідерів чорної металургії в Україні, відомий виробництвом високоякісної металопродукції;
- ПрАТ «Дніпроспецсталь» – спеціалізується на виготовленні сталей і сплавів з високими експлуатаційними характеристиками;
- ТОВ «Запорізький титано-магнієвий комбінат» – єдиний в Україні виробник губчастого титану та титанових зливків;
- АТ «Запорізький завод феросплавів» – один із найбільших виробників феросплавів у Європі, використовує сировину й енергію Придніпров'я, що дозволяє ефективно налагодити масове виробництво кременистих і марганцевих сплавів;
- ПАТ «Запорізький виробничий алюмінієвий комбінат (ЗАЛК)» – єдине підприємство в Україні та одне з небагатьох у країнах СНД, що виробляє алюміній одночасно з глиноземом – основною сировиною для його

виготовлення. Продукція заводу, зокрема алюмінієві чушки та злитки, широко використовується у машинобудуванні, зокрема автомобільному та сільськогосподарському.

Машинобудування посідає друге місце за обсягами виробництва серед галузей переробної промисловості Запорізького регіону. Сфера представлена низкою високотехнологічних підприємств, що спеціалізуються на виробництві автотранспортних засобів, авіаційних двигунів, промислового обладнання, важких і спеціалізованих кранів, трансформаторного обладнання, перетворювачів струму та електротехнічної апаратури [2,6].

Найбільші підприємства галузі: АТ «Мотор-Січ» — одне з провідних підприємств світу з виробництва авіаційних двигунів для літаків і гвинтокрилів, а також промислових газотурбінних установок. ПрАТ «Укрграфіт» — лідер національного ринку з виготовлення графітованих електродів для електросталеплавильного та руднотермічного виробництва, товарних вуглецевих мас та вуглецевих футерівочних матеріалів для підприємств машинобудування, металургії, хімічної та інших галузей. ПрАТ «Запоріжтрансформатор» — найбільше підприємство в країнах СНД і Європи з виробництва силових масляних трансформаторів і електричних реакторів, з потужністю виробництва до 60 тис. МВА на рік. ПрАТ «Запорізький завод важкого кранобудування» — спеціалізується на виготовленні мостових, козлових та спеціалізованих кранів. Є провідним виробником кранового обладнання в Східній Європі та країнах СНД. ПрАТ «Електровозремонтний завод» — підприємство з потужностями для глибокого ремонту та модернізації тягового рухомого складу, яке обслуговує потреби залізничного транспорту. ПрАТ «Запорізький автомобілебудівний завод» — єдине в Україні підприємство, що має повний виробничий цикл зі створення легкових автомобілів, а також виготовляє вантажні автомобілі та автобуси. КП «НВК «Іскра» — провідне підприємство оборонно-промислового комплексу України, яке спеціалізується на розробці та виробництві наземної радіолокаційної техніки. ДП «ЗДАРЗ «МіГремонт» — спеціалізується на

виконанні повного спектру ремонтних робіт (капітального, середнього, регламентного) авіаційної техніки типу Су-27, Су-25, Су-17, МіГ-25. ТОВ «Запорізький механічний завод» — провідний національний виробник запасних частин для залізничного транспорту, який активно працює як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках [2,6].

Хімічний сектор регіону представлений низкою потужних підприємств, серед яких вирізняються:

– ПрАТ «Запоріжвогнетрив» — одне з найбільших підприємств з виробництва вогнетривких матеріалів на теренах СНД, що займає провідні позиції в Україні. Асортимент продукції включає понад 1200 марок вогнетривких виробів, бетонних сумішей, неформованих мас тощо.

– ПрАТ «Запоріжжкокс» — одне з головних коксохімічних підприємств країни, яке забезпечує близько 10% загальнодержавного виробництва коксу для металургійної промисловості. Крім того, компанія є одним з провідних українських експортерів хімічної продукції.

Харчова промисловість займає помітне місце у виробничій структурі Запорізького регіону. Її внесок у загальний обсяг реалізованої промислової продукції становить близько 7,6%. Галузь представлена підприємствами, що спеціалізуються на виробництві безалкогольних напоїв, пивоварінні, переробці олійних культур, випуску морозива та хлібобулочних виробів.

Серед провідних підприємств варто виділити: ПрАТ «Карлсберг Україна», яке входить до складу міжнародної корпорації Carlsberg Group, однієї з найбільших пивоварних компаній у світі. Підприємство виробляє широкий спектр пива та інших напоїв. ПрАТ «Олійноекстракційний завод» — сучасне високотехнологічне виробництво з повним циклом переробки олійної сировини. Основна продукція: нерафінована соняшникова олія, шрот, лузга, маргарини та жири, включно з асортиментом господарських товарів. ТОВ «Айс Запоріжжя» — один із лідерів українського ринку морозива. Підприємство здатне виробляти понад 40 тонн продукції щодня, забезпечуючи споживачів понад 120 найменуваннями морозива. Запорізькі хлібозаводи —

ТДВ «Запорізький хлібозавод №3», ТДВ «Запорізький хлібозавод №5» та ПАТ «Запорізький хлібокомбінат №1» — забезпечують ринок високоякісною хлібобулочною продукцією широкого асортименту [30,31].

Енергетична інфраструктура міста Запоріжжя має стратегічне значення як для регіону, так і для всієї країни. Вона охоплює виробництво, постачання та розподіл електричної, теплової енергії і природного газу.

Ключові підприємства галузі: Філія Дніпровська ГЕС ПрАТ «Укргідроенерго» — найбільша гідроелектростанція каскаду на річці Дніпро, яка першою була введена в експлуатацію серед шести подібних об'єктів на цій водній артерії. ПАТ «Запоріжжяобленерго» — одне з чотирьох провідних енергопостачальних підприємств України, що займає друге місце за обсягами постачання електроенергії. Компанія обслуговує понад 760 тис. домогосподарств та 22 тис. юридичних споживачів, включаючи великі промислові підприємства, зокрема «Запоріжсталь», «Дніпроспецсталь», «Мотор Січ», «Запорізький завод феросплавів» тощо. ПАТ «Запоріжгаз» — основний оператор із транспортування та розподілу природного газу в регіоні. Концерн «Міські теплові мережі» — комунальне підприємство, що здійснює виробництво та доставку теплової енергії до споживачів. В інфраструктуру підприємства входять 61 котельня та 52 центральні теплові пункти. Сумарна потужність котелень перевищує 2389 МВт/год, а довжина тепломереж у двотрубному обчисленні сягає 760 км.

1.3 Характеристика потенційних екологічних небезпек регіону та визначення факторів екологічного ризику

Процес ідентифікації екологічних ризиків передбачає виявлення найбільш критичних джерел потенційної загрози довкіллю та людині з подальшим ранжуванням за рівнем небезпеки — це дозволяє визначити пріоритетні напрями для зменшення впливу екологічно небезпечних факторів.

У період 2017–2021 років на території України було зареєстровано 152 надзвичайні ситуації природного походження, що на 11% перевищує аналогічний показник попереднього періоду 2010–2016 рр.. Зростання інтенсивності надзвичайних ситуацій значною мірою обумовлене збільшенням кількості пожеж у природних екосистемах, що переважно спостерігались у південних, східних та південно-східних регіонах країни, а також через підвищення частоти метеорологічних аномалій. Найбільша кількість випадків була зафіксована в літні місяці, що свідчить про сезонну чутливість до кліматичних змін [8,9].

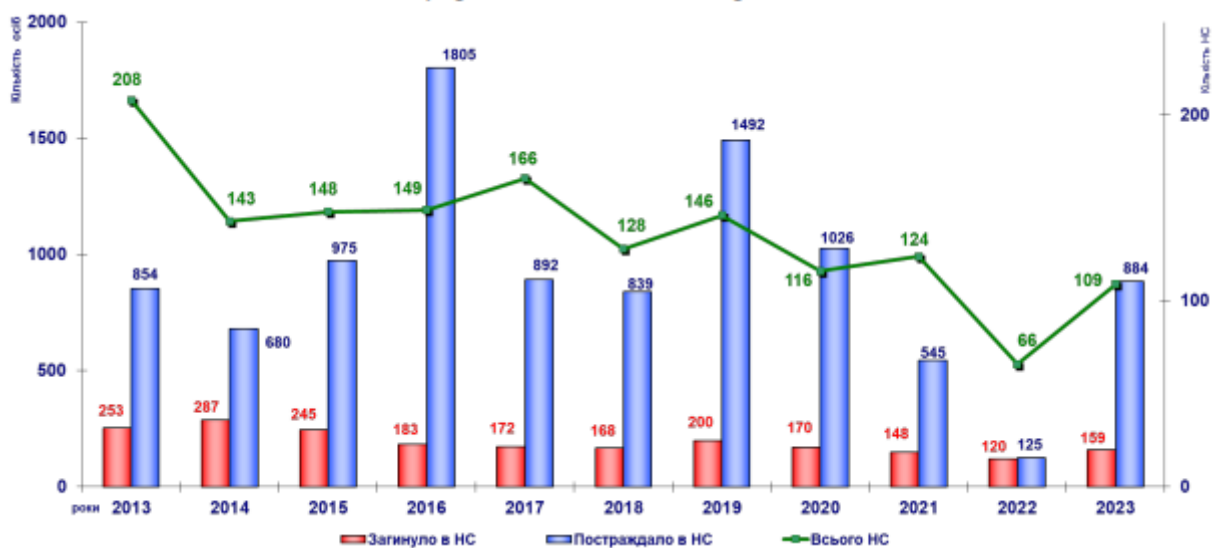


Рис. 1.1 – Динаміка кількості надзвичайних ситуацій природного характеру на території України за 2013 – 2023 рр.[8,9]

Структура природних надзвичайних ситуацій у зазначений період розподіляється наступним чином:

- метеорологічні явища — 23%,
- випадки масового отруєння населення — 22%,
- пожежі у природних зонах — 20%,
- інфекційні хвороби людей — 13%,
- геологічні події — 10%,
- епізоотії серед сільськогосподарських тварин — 9%,
- гідрологічні події у морських акваторіях — 2%,

– гідрологічні події у прісноводних водоймах — 1%.

За масштабом наслідків переважна частина надзвичайних ситуацій класифікувалася як об'єктового 73 випадки та місцевого 53 випадки рівнів. Крім того, 21 випадок мав регіональне значення, а 5 ситуацій — були віднесені до державного рівня.

Орієнтовні економічні втрати внаслідок природних надзвичайних ситуацій за останні роки становили близько 673,3 млн гривень, що майже вдвічі перевищує збитки, зафіксовані в попередні періоди (рис. 1.2). Загальна кількість загиблих унаслідок таких подій склала 68 осіб, з яких 11 — діти. Кількість постраждалих досягла 946 осіб, у тому числі 304 дитини [9,10].

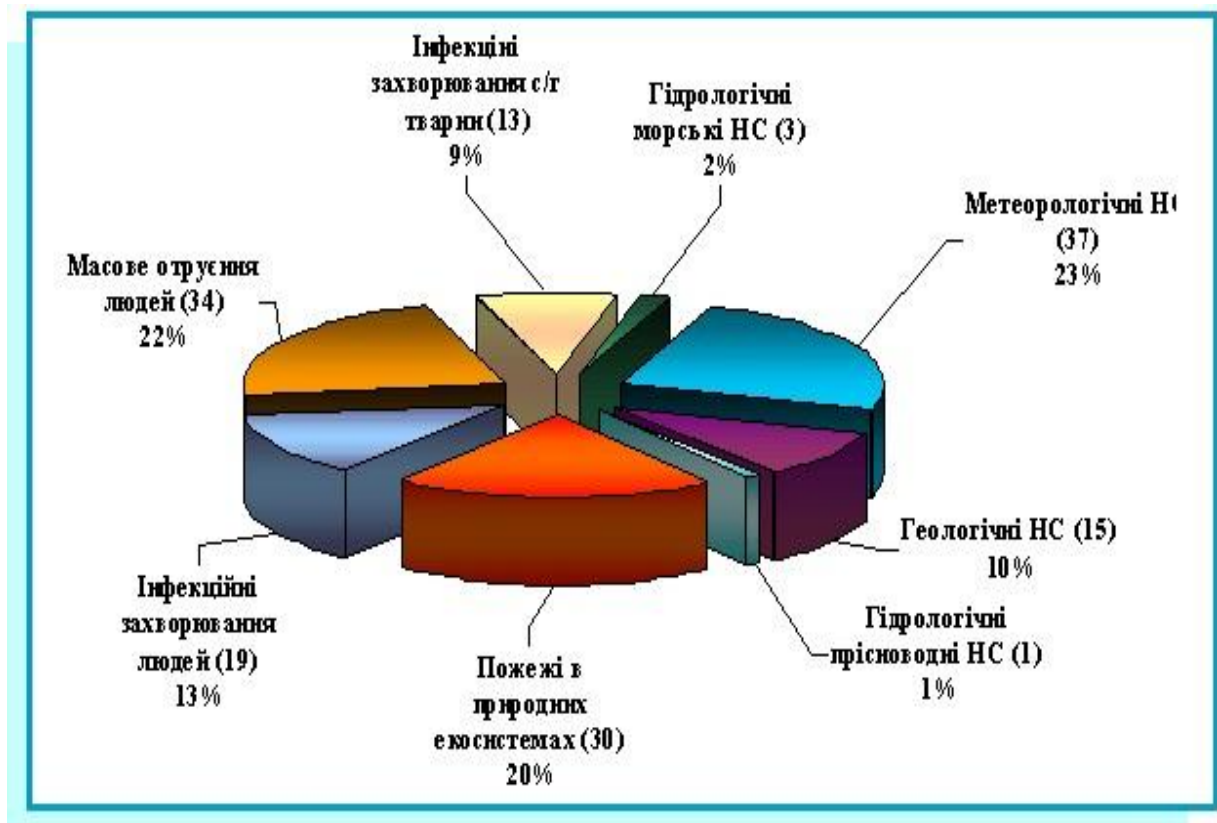


Рис. 1.2 - Розподіл кількості надзвичайних ситуацій природного характеру за видами [9,10]

Порівняно з попереднім періодом, кількість постраждалих зросла на 26%, при цьому показник постраждалих дітей залишився практично незмінним. Водночас кількість загиблих зменшилась на 8%, але зросла частка загиблих серед дітей — на 22% (рис. 1.3) [8].

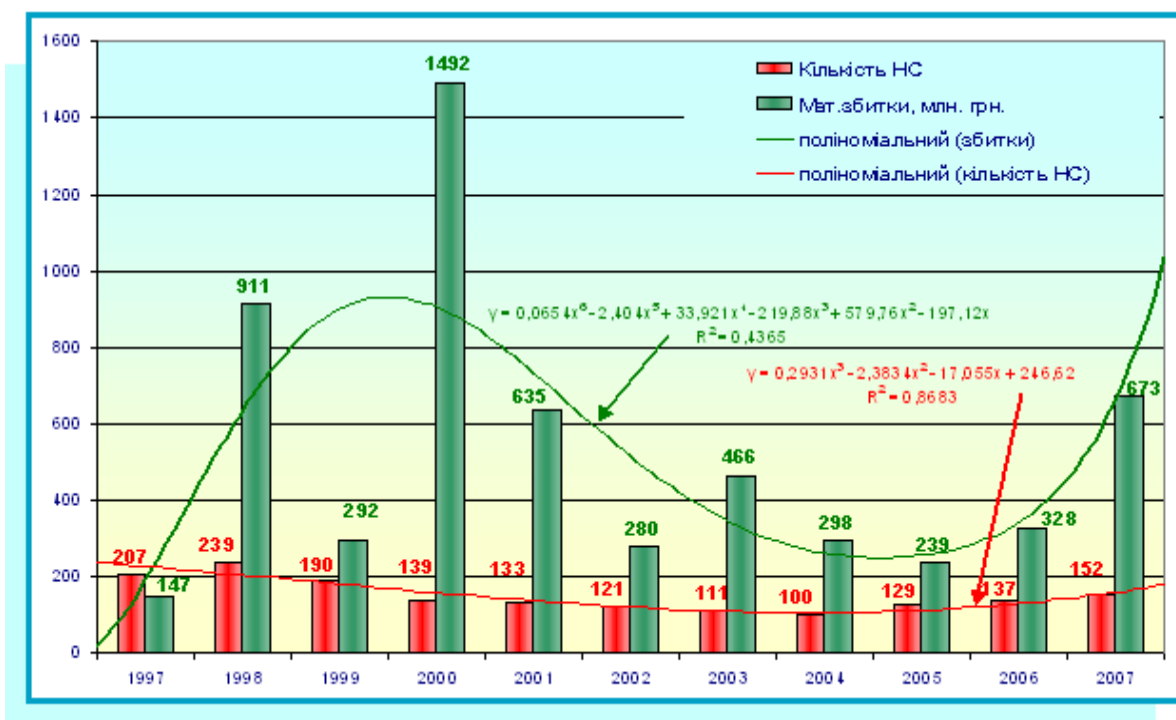


Рис. 1.3 – Співвідношення суми завданих збитків від надзвичайних ситуацій природного характеру та їх кількості [8]

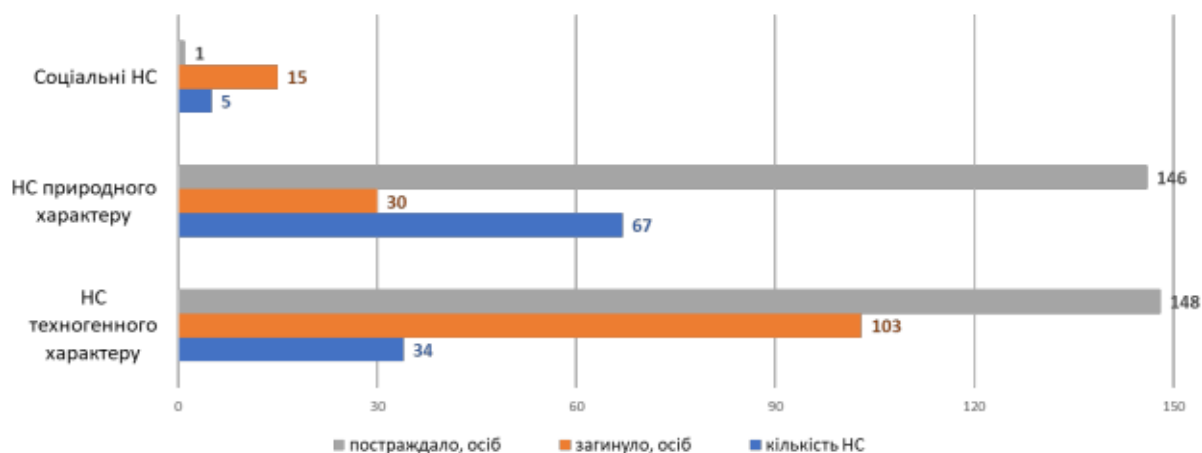


Рис. 1.4 – Співвідношення кількості надзвичайних ситуацій природного характеру та постраждалих внаслідок них людей за 2024 рік

Згідно з аналізом статистичних даних, представлених на рис. 1.4 та 1.5, встановлено, що чисельність загиблих і постраждалих осіб унаслідок природних надзвичайних ситуацій, а також розподіл завданих збитків не демонструють прямої кореляційної залежності з кількістю зафіксованих подій. Виявлено, що взаємозв'язок між цими показниками краще описується

Вплив гідрометеорологічних явищ супроводжувався низкою негативних наслідків для функціонування критичної інфраструктури та життєдіяльності населення:

Автомобільний та громадський транспорт зазнали порушень у лютому внаслідок снігових опадів, хуртовин та вітрових поривів на території Одеської, Миколаївської, Херсонської областей та АР Крим; у травні — внаслідок інтенсивних дощів і поверхневого стоку.

Залізничний транспорт також зазнав ускладнень — тимчасові зупинки руху пасажирських поїздів через пошкодження ліній електропостачання внаслідок шквалів у Львівській області – січень [9,10].

Населення та житлово-комунальна інфраструктура постраждали від підтоплень приватних будинків, присадибних ділянок, насосних станцій, зокрема у Запорізькій області через паводки в міждамбовій зоні річок Уж і Боржава – січень; у Волинській та Рівненській областях спостерігалось затоплення сільськогосподарських угідь через підйом рівня води під час весняного водопілля – березень; також зафіксовано пошкодження посівів сільськогосподарських культур [9].

Протягом звітнього періоду внаслідок гідрометеорологічних подій зафіксовано 41 випадок надзвичайних ситуацій відповідного характеру, зокрема 37 метеорологічних і 4 гідрологічних, що на 64% більше, ніж у попередньому аналогічному періоді.

За класифікацією за рівнями наслідків, розподіл був наступним:

- 5 випадків державного рівня (2 — у березні, 1 — у травні, 2 — у листопаді),
- 9 — регіонального (по 2 у січні, липні, вересні; по 1 — у червні, серпні, листопаді),
- 23 — місцевого,
- 4 — об'єктового рівня.

Найбільше надзвичайних ситуацій місцевого рівня метеорологічного походження спостерігалось внаслідок небезпечних погодних явищ —

інтенсивних дощів, шквалів, граду, сильного вітру 25–32 м/с та зливового стоку. Такі події були зафіксовані у січні: Закарпатська, Волинська, Тернопільська, Хмельницька області та травні: Волинська, Івано-Франківська, Львівська, Херсонська, Запорізька, Чернівецька області.

У 2021 році в Україні спостерігався значний ріст пожежної небезпеки в природних екосистемах порівняно з 2020 роком. Упродовж року було зафіксовано 30 надзвичайних ситуацій, пов'язаних із лісовими, степовими та пожежами на хлібних масивах, що майже втричі перевищує відповідний показник попереднього року. Більшість таких подій припадає на літні місяці, які відзначалися високими температурами та тривалими періодами засухи, особливо в південних і східних регіонах країни. Нетиповим явищем стало виникнення перших пожеж ще в лютому та березні [10,12].

Щодо надзвичайних ситуацій геологічного характеру, то їх загальна кількість у 2021 році скоротилася на 40% у порівнянні з попереднім періодом. Проте активізація окремих небезпечних геологічних процесів, зокрема зсувів, залишалася високою.

Усього було зафіксовано 15 геологічних надзвичайних ситуацій, із них: 11 зсувів, 2 випадки підтоплень, 1 — осідання земної поверхні та 1 — утворення карстового провалля. Показник зсувів майже не змінився 11 випадків проти 12 у минулому періоді, водночас кількість подій, пов'язаних із підтопленням, значно зменшилася як за кількістю 2 проти 10, так і за масштабами впливу.

У медико-біологічному аспекті 2021 року зафіксовано 66 надзвичайних ситуацій, що на 15,4% менше, ніж у 2020 році. Внаслідок цих подій загинуло 66 осіб, з них 11 дітей, та постраждало 903 особи, включаючи 304 дитини. У порівнянні з 2020 роком, кількість загиблих зменшилася на 13,2%, водночас кількість постраждалих зросла на 20,4%. Кількість дітей, що зазнали впливу надзвичайних ситуацій, зменшилася на 15,4% [10,12].

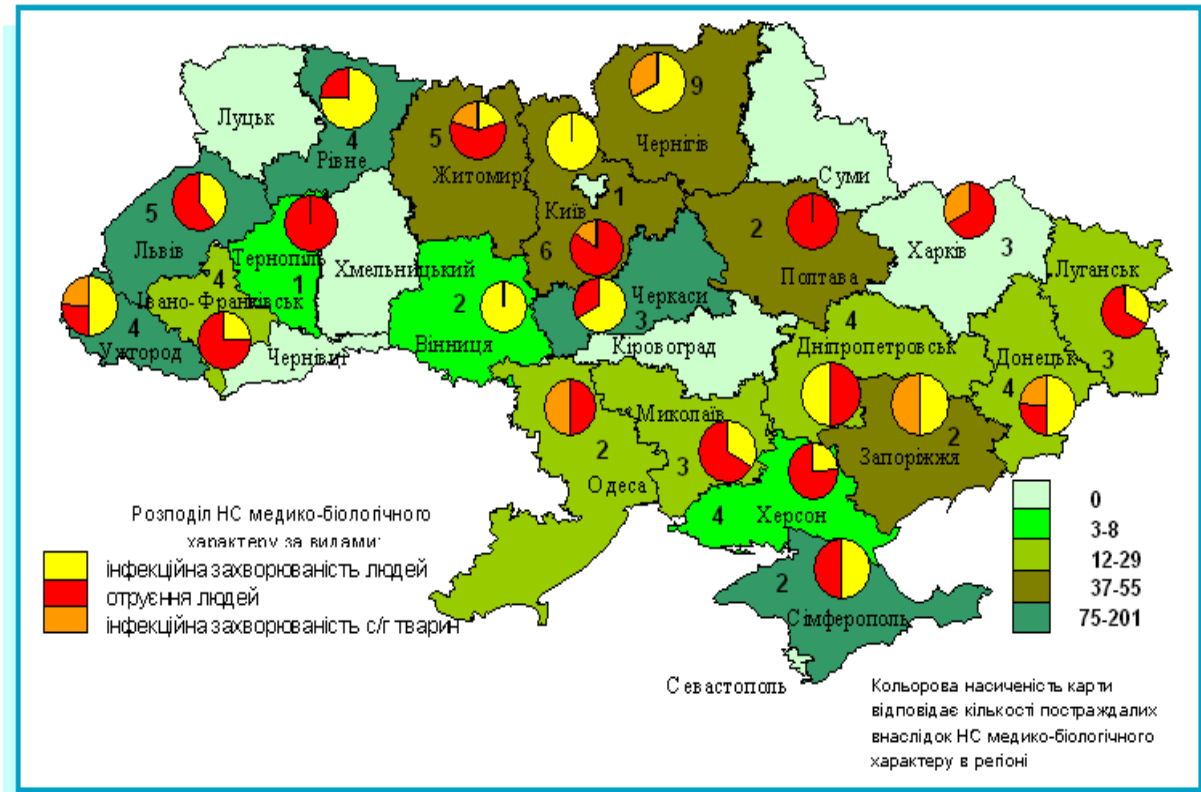


Рис. 1.6 – Розподіл кількості надзвичайних ситуацій медико–біологічного характеру, що виникли протягом 2021 року за регіонами

Найбільше надзвичайних ситуацій медико-біологічного характеру було зареєстровано в Чернігівській області 9 випадків, Київській – 6, Житомирській і Львівській по 5, а також у Дніпропетровській, Запорізькій, Івано-Франківській, Рівненській і Херсонській областях по 4 випадки. Найбільша кількість постраждалих зафіксована в Рівненській 201 осіб, Закарпатській – 95, Черкаській – 85, Львівській області та АР Крим по 75, а найвищі показники загиблих — у Херсонській 11, Житомирській 7, Запорізькій і Луганській по 6 областях [7,8,9].

У структурі інфекційних захворювань, що спричинили надзвичайні ситуації, провідне місце посідав сальмонельоз 31,6%, зокрема у Чернігівській 3 випадки, Луганській, Рівненській і Черкаській областях. Екзотичні та особливо небезпечні інфекції становили 26,3% усіх випадків. Серед них — сказ – Херсонська, Вінницька, Рівненська області, бруцельоз – Чернігівська область, малярія – Житомирська область.

Гепатит А був причиною 21% надзвичайних ситуацій інфекційного характеру у Вінницькій, Закарпатській, Львівській областях та АР Крим, тоді як гострі кишкові інфекції, включаючи дизентерію, спричинили 15,8% випадків у Запорізькій, Чернігівській областях.

Також у 2021 році сталося 34 надзвичайних ситуації, спричинені отруєннями, що відповідає показникам 2020 року. Внаслідок них загинула 51 особа, з яких 11 — діти, а постраждало 389 осіб, включно з 163 дітьми. У порівнянні з попереднім роком, кількість загиблих зменшилася на 25%, однак число постраждалих зросло на 71%. Половина всіх випадків отруєнь пов'язана з чадним і побутовим газом, які фіксувалися в багатьох регіонах, зокрема в Запорізькій, Дніпропетровській, Житомирській, Івано-Франківській, Київській, Львівській, Луганській, Миколаївській, Тернопільській, Черкаській і Херсонській областях. Саме ці випадки спричинили 91% загальної кількості смертей, пов'язаних з отруєннями, і 87% смертельних випадків у межах надзвичайних ситуацій медико-біологічного характеру.

Крім того, зафіксовано 13 надзвичайних ситуацій, пов'язаних з інфекційними захворюваннями серед сільськогосподарських тварин. Із них 7 стали наслідком поодиноких випадків сказу великої рогатої худоби в господарствах Житомирської, Дніпропетровської, Київської та Чернігівської областей [7,8,9].

Ще 3 ситуації були зумовлені спалахами сибірки в приватних та фермерських господарствах Запорізької, Одеської та Івано-Франківської областей. Два випадки захворювання на емфізематозний карбункул зафіксовані в Запорізькій і Закарпатській областях.

Основними чинниками, що сприяли виникненню надзвичайних ситуацій медико-біологічного характеру, залишаються низька якість питної води, порушення правил експлуатації побутових газових приладів, недотримання норм безпеки життєдіяльності, технологічні порушення у виробництві харчової продукції, нехтування санітарно-гігієнічними нормами під час приготування їжі як у закладах, так і в побуті, а також зниження ефективності

санітарно-просвітницької роботи та послаблення контролю за реалізацією протиепізоотичних заходів, зокрема в Чернігівській області. Суттєвим чинником залишається й погіршення екологічного стану водойм.

1.4 Індикація факторів екологічного ризику техногенного характеру

Упродовж 2021 року в Україні було зафіксовано 196 надзвичайних ситуацій техногенного походження, що на 5,3% менше порівняно з аналогічним показником 2020 року – 207 випадків. Унаслідок цих подій загинули 495 осіб, з яких 48 — діти. Для порівняння, у 2020 році загинули 354 особи, включно з 34 дітьми, а травмованих було 284 особи. Аналіз помісячного розподілу показує, що у першому кварталі зафіксовано 55 надзвичайних ситуацій, у другому кварталі — 54, у третьому — 33, в четвертому — 54 [9,12].

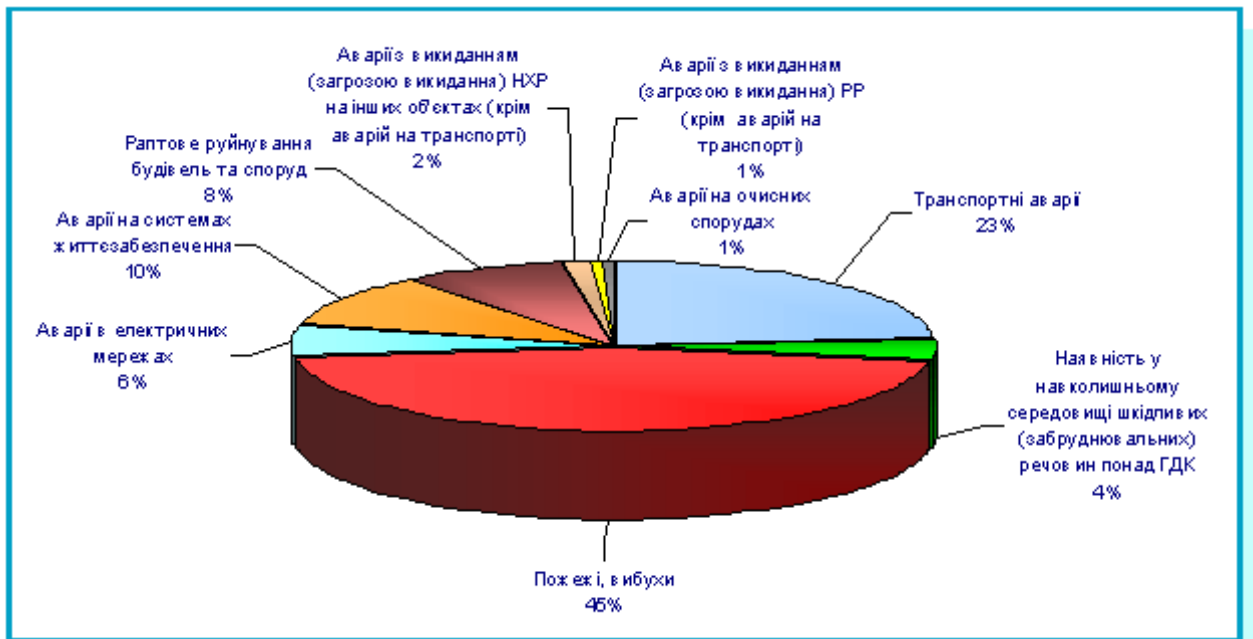


Рис. 1.7 – Розподіл кількості надзвичайних ситуацій техногенного характеру за видами [9,12]

Найбільшу частку серед усіх техногенних надзвичайних ситуацій становили події, пов'язані з пожежами та вибухами — 90 випадків. Друге місце посіли транспортні катастрофи — 47 випадків, а третє — аварії на

об'єктах систем життєзабезпечення — 20 випадків. Сукупно ці три категорії становили 78% від загальної кількості техногенних надзвичайних ситуацій.

Серед найтрагічніших подій були пожежі та вибухи, внаслідок яких загинуло 340 осіб, включаючи 39 дітей. У транспортних інцидентах життя втратили 135 осіб, з них 9 — діти.

Найменша кількість надзвичайних ситуацій техногенного характеру була зареєстрована в Чернігівській області та місті Києві — по 3 випадки. У Тернопільській області зафіксовано 2 ситуації, у Чернівецькій — 1, а у Волинській області взагалі не зафіксовано жодного випадку. В інших регіонах кількість техногенних НС коливалася від 4 до 9 на область [13,17].

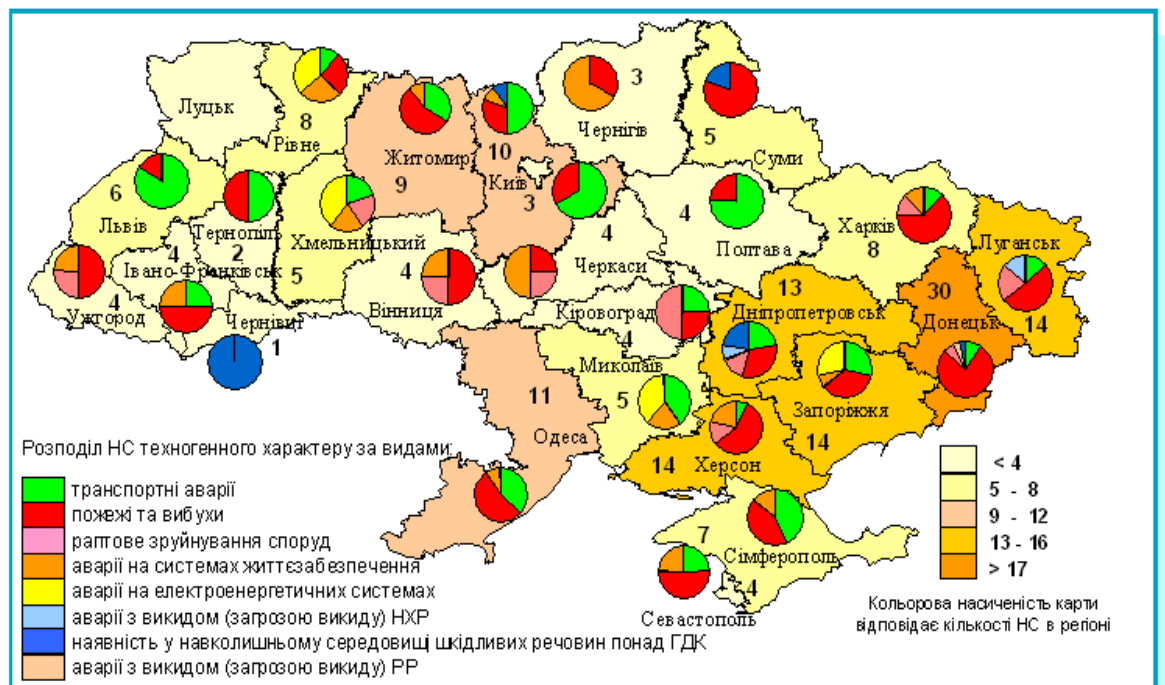


Рисунок. 1.8 – Розподіл кількості НС техногенного характеру, що виникли протягом 2021 року за регіонами [13,17]

Загальна сума матеріальних збитків від техногенних надзвичайних ситуацій у 2021 році перевищила 153,5 мільйона гривень. Для ліквідації наслідків цих подій було залучено понад 11,2 тисячі працівників аварійно-рятувальних служб та близько 2,5 тисячі одиниць техніки. Кількість транспортних надзвичайних ситуацій у 2021 році залишилася в межах середніх показників за період 2016–2020 років і навіть перевищила дані 2020

року, коли було зафіксовано 46 таких ситуацій. У 2021 році транспортні надзвичайні ситуації було зафіксовано у 20 регіонах. Найбільше — в Київській та Львівській областях.

Таблиця 1.2 – Надзвичайні ситуації на транспорті [13,17]

Вид надзвичайних ситуацій	2020 рік	2021 рік
Загальна кількість надзвичайних ситуацій на транспорті, у тому числі:	47	40
Аварії на транспорті з викидами небезпечних отруйних речовин	3	5
Аварії на транспорті, в які потрапили керівники держави та народні депутати України	5	1
Аварії на залізницях, у тому числі на метрополітені з тяжкими наслідками	4	7
Аварійні катастрофи у аеропортах та населених пунктах	1	-
Аварійні катастрофи поза аеропортами та населеними пунктами	5	4
Аварії на водному транспорті	1	1
Аварії автотранспорту на шляхах	21	27
Аварії на магістральних газопроводах	3	1
Аварії на нафтопроводах та продуктопроводах	4	1
Загибло осіб	126	135
Постраждало осіб	131	161

Підвищення кількості надзвичайних ситуацій, пов'язаних з автотранспортом, зумовлено низкою чинників, серед яких: несприятливі погодні умови, незадовільний технічний стан транспортних засобів, неготовність дорожніх та комунальних служб до реагування на наслідки погодних явищ, а також численні порушення правил дорожнього руху водіями.

Аналіз основних причин виникнення надзвичайних ситуацій на транспорті показує, що в більшості випадків — 61% — причиною є порушення правил дорожнього руху, експлуатації повітряного та водного транспорту. Ще 27% становлять події, спричинені технічними несправностями транспортних засобів і інфраструктури. Протиправні дії фізичних осіб стали причиною 7,3% випадків, а ще 4,8% надзвичайних ситуацій виникли через порушення вимог техніки безпеки або технологій під час виконання робіт.

У 2021 році кількість надзвичайних ситуацій, пов'язаних із пожежами та вибухами, залишалася приблизно на рівні 2020 року (89 випадків), проте значно зросла кількість жертв [17,18].

Для ліквідації наслідків пожеж і вибухів у 2021 році було задіяно приблизно 7 тисяч осіб особового складу рятувальних підрозділів та понад 1,7 тисячі одиниць техніки, з яких близько 1345 рятувальників і 284 одиниці техніки — від підрозділів МНС. Надзвичайні ситуації цього типу були зареєстровані у 23 регіонах країни, а у 2021 році — вже у 24.

Особливо гостро ситуація склалася у Запорізькій області, де зафіксовано найбільшу кількість жертв: 165 осіб загинули, а 180 були госпіталізовані. З них 109 загиблих і 180 постраждалих — наслідок аварій, що сталися у вугільних шахтах в результаті пожеж та вибухів.

Також на високому рівні залишаються надзвичайні ситуації, що виникають у житловому секторі. На них припадає 72,2% усіх подібних випадків техногенного характеру. Більшість таких інцидентів призводять до людських жертв — зазвичай гине від 3 до 5 осіб. У 65 надзвичайних ситуаціях, що трапилися в житлових будинках, загинуло 211 осіб, зокрема 39 дітей.

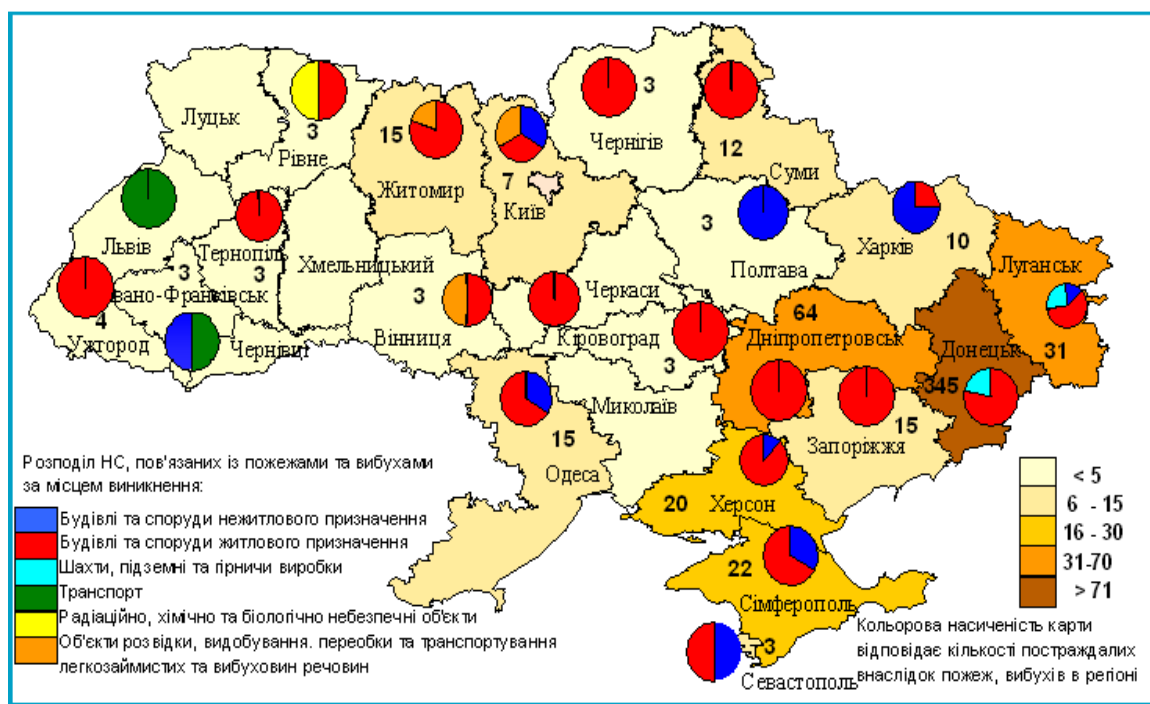


Рис. 1.9 – Розподіл надзвичайних ситуацій, пов'язаних із пожежами та постраждалими, внаслідок них, протягом 2021 року за регіонами України [8]

Згідно з даними Українського науково-дослідного інституту пожежної безпеки МНС, у 2021 році в Україні було зареєстровано 50 578 пожеж — на 5,2% більше, ніж у 2020 році. Прямі збитки сягнули 477,5 млн грн, що в 2,4 раза більше за попередній рік. Внаслідок пожеж загинули 3981 особа, ще 1869 — отримали травми.

Основні причини загорянь — необережність з вогнем, порушення правил експлуатації електрообладнання та печей. Найбільше пожеж сталося у Запорізькій, Київській, Дніпропетровській та Одеській областях.

У 2021 році зафіксовано: 3 випадки викиду небезпечних хімічних речовин, зокрема витік 100 кг соляної кислоти в Бориславі; 7 ситуацій із перевищенням ГДК шкідливих речовин у довкіллі; 3 випадки розливу ртуті у Дніпрі, Красному Лимані та с. Бузовиця; забруднення р. Рось у Київській області, через що довелося ввести гіперхлорування води; збитки — 260 тис. Грн [8,9,10].

Також було зареєстровано 16 випадків руйнування будівель, з яких 2 — регіонального рівня. Внаслідок цього загинули 20 осіб, ще 7 постраждали,

серед резонансних подій — загроза обвалу житлових будинків у Дніпрі, Краматорську та Кам'янці-Подільському.

У сфері енергетики зафіксовано 11 інцидентів на атомних станціях, що супроводжувалися зниженням потужності блоків, однак без перевищення норм радіації.

Кількість НС у системах життєзабезпечення зменшилась у 1,6 рази. Основні причини — технічна зношеність обладнання 10 випадків, технологічні порушення та зсуви ґрунтів. Найбільш резонансна подія — аварія в м. Канів, що спричинила відключення водопостачання для 22 тис. осіб. Збитки оцінено в 6 млн грн.

РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Довгострокове та аварійне прогнозування

Аварійне прогнозування викидів небезпечних хімічних речовин (НХР) є критично важливим для ефективного реагування та мінімізації наслідків техногенних подій. Одним із основних інструментів у цій сфері є методика оцінки наслідків аварій з НХР, затверджена у 2011 році для промислових об'єктів та транспортних систем: автомобільного, залізничного, річкового та трубопровідного транспорту [7,12].

Методика дозволяє здійснювати:

- оперативне моделювання зони хімічного забруднення;
- оцінку глибини проникнення хмари НХР у населені пункти;
- розрахунок площ потенційного ураження;
- визначення часу дії джерела викиду та швидкості розповсюдження хмари;
- планування захисних заходів (евакуація, укриття, локалізація).

Прогнозування виконується на основі метеоумов, а саме: температура, швидкість і напрям вітру, типу місцевості, топографії та фізико-хімічних властивостей НХР. Застосовуються як фізико-математичні моделі, зокрема рівняння дифузії, так і емпіричні залежності, що дозволяють уточнити зону потенційного ураження.

Приклад моделювання аварії.

Умова: на хімічно небезпечному об'єкті (ХНО), розташованому в межах щільної міської забудови, відбувся аварійний викид хлору (Cl_2) масою 3,0 т.

Початкові дані: глибина міста у напрямку розповсюдження хмари — 12,5 км; температура повітря — -20 °С; вітер — 4 м/с, напрямом північний; тип атмосферної стратифікації — конвекція; коефіцієнт зменшення глибини розповсюдження хмари в межах міста — 2,25 [12,17,33].

Розрахунки:

1. Глибина проходження хмари у межах міста:

$$Г_{місто} = 12,5/2,25 = 5,6 \text{ км}$$

2. Повна глибина розповсюдження хмари з урахуванням місцевості:

$$Г_{загальна} = (12,5 * 12,5)/5,6 = 27,9 \text{ км}$$

Отже, хмара НХР виходить за межі населеного пункту, охоплюючи прилеглі території. Враховуючи глибину розповсюдження — зона ризику охоплює не лише урбанізовану, а й сільську місцевість.

3. Термін дії джерела забруднення для SO_2 при даних умовах — 20,9 год.

4. Площа можливого ураження:

$$S_{мін} = 8,72 * 10^{-3} * 0,8^2 * 450 = 0,26 \text{ км}^2$$

5. Прогнозована зона ураження з урахуванням просторових і кліматичних чинників:

$$S_{прогноз} = 0,235 * 0,8^2 * 16 * 40,2 = 3,18 \text{ км}^2$$

6. Ширина прогнозованої зони хімічного зараження:

$$Ш_{ПЗХЗ} = 0,3 * 0,8^{0,6} = 0,26 \text{ км}$$

Отримані результати свідчать про середній рівень небезпеки з потенційним виходом хмари забруднення за межі населеного пункту. Наведений приклад дозволяє в реальному масштабі оцінити потребу в організації евакуації, розгортанні пунктів медичної допомоги та локалізації зони ураження. Важливо враховувати щільність забудови, щільність населення та особливості інфраструктури, які впливають на ефективність захисних заходів.

2.2 Оцінка екологічної безпеки промислового виробництва на локальному рівні та в умовах нормальної експлуатації

Оцінка екологічної безпеки промислових підприємств на місцевому рівні передбачає визначення ступеня їх впливу на довкілля з урахуванням технічного стану, ресурсоспоживання та потенційної аварійної небезпеки. Під локальним промисловим об'єктом мається на увазі окреме підприємство або

група виробництв, які функціонують як єдиний техногенний осередок і чинять комплексний вплив на навколишнє середовище.

Для оцінювання екологічної безпеки таких об'єктів застосовується система багатокomпонентних індикаторів, що дозволяє комплексно оцінити їхній екологічний стан [23,30].

Основними напрямками аналізу є:

1. Безпека при штатній експлуатації – аналіз впливів підприємства за умови дотримання всіх регламентів і стандартів.
2. Моделювання змін екологічної ситуації – оцінка потенційних змін у разі реконструкції, зміни профілю або інтенсифікації виробництва.
3. Аналіз ефективності використання ресурсів – оцінювання споживання води, енергії, сировини та утворення відходів.
4. Імовірність аварій та їх наслідки – визначення ризиків виникнення техногенних інцидентів і масштабів їх можливого впливу.
5. Вплив на територію розміщення – враховується щільність населення, екосистемна цінність території, наявність охоронних зон.

Для оцінки вищезазначених напрямів використовуються різні групи показників: інтенсивність викидів і скидів, фізичні фактори впливу, споживання ресурсів, розрахунок площі впливу – включає як екологічні, так і соціальні фактори, технічний стан об'єкта – рівень зношення, наявність модернізацій, еколого-економічні індикатори – витрати на природоохоронні заходи, відшкодування збитків, вартість екологічної шкоди.

Усі групи показників можуть бути згруповані в інтегральний індекс екологічної безпеки, що дозволяє об'єктивно порівнювати різні підприємства та визначати пріоритети для екологічного моніторингу або регулювання.

Одним із основних термінів, який використовується при такій оцінці, є клас небезпечності підприємства. Його визначають залежно від рівня розбавлення викидів у воді й повітрі, тобто об'єму середовища, необхідного для досягнення безпечних концентрацій. Від класу залежить і розмір

санітарно-захисної зони (СЗЗ), яка встановлюється відповідно до чинного законодавства [30,31].

Для формування повної екологічної характеристики використовуються такі документи як: технічна документація підприємства, екологічна звітність, фінансова документація, територіальні характеристики, нормативні методики.

Таким чином, оцінка екологічної безпеки на локальному рівні – це багаторівнева процедура, що базується на системному підході до аналізу технічного, екологічного та економічного аспектів функціонування промислового об'єкта.

Територія підприємства – територія відповідних промислових майданчиків, де розміщені основні технології та допоміжні об'єкти підприємства (Sp).

Зона дії підприємства – це територія на якій всі репіцієнти підлягають значній техногенній дії, яка пов'язана з функціонуванням підприємства. При дотримання підприємством відповідних екологічних нормативів, зоною дії вважається територія в середині СЗЗ підприємства.

Зона впливу забруднення – це ділянка території, на якій внаслідок діяльності підприємства спостерігається перевищення гранично допустимих концентрацій, забруднюючих речовин у різних компонентах довкілля. Якщо межі цієї зони виходять за межі встановленої нормативної зони впливу, це вважається порушенням екологічних вимог. Визначення меж забруднення здійснюється як аналітичним шляхом, так і за результатами фактичного екологічного моніторингу – вимірів у повітряному середовищі та у водних об'єктах [28,30].

Ареал техногенного впливу – це розширена територія, в межах якої техногенні фактори, спричинені діяльністю підприємства, можуть негативно впливати на реципієнтів. На відміну від зони прямого забруднення, ареал дії охоплює також віддалені регіони, де вплив може бути менш інтенсивним, але все ще суттєвим. Визначення меж ареалу здійснюється за допомогою польових досліджень, з урахуванням впливів суміжних підприємств і характеристик

територіальних реципієнтів, зазвичай він значно перевищує як зону дії, так і зону локального забруднення.

Комплексна екологічна оцінка здійснюється за чотирма ключовими напрямками, які охоплюють рівень впливу в умовах штатної експлуатації; можливі наслідки у разі аварій або порушень регламенту; ресурсна ефективність і обсяги споживання та соціально-економічний контекст впливу на навколишню територію.

Для оцінки потенційного рівня небезпеки використовується коефіцієнт нормативної екологічної небезпеки. Безрозмірний показник виражає ступінь екологічної загрози, яку створює підприємство за умови дотримання встановлених екологічних нормативів [23,30]. Значення K_n встановлюється відповідно до класу небезпечності виробництва:

- I клас (надвисокий ризик) – $K_n = 400$
- II клас (високий ризик) – $K_n = 100$
- III клас (середній ризик) – $K_n = 36$
- IV клас (помірний ризик) – $K_n = 4$
- V клас (низький ризик) – $K_n = 1$

Такий підхід дозволяє проводити порівняльний аналіз промислових об'єктів за ступенем їхнього екологічного навантаження та визначати пріоритети для нагляду, екологічної модернізації або обмеження діяльності.

2.3 Оцінка ступені перевищення рівня шкідливої дії підприємства над нормативними показниками

Оцінка екологічної безпеки промислового підприємства на локальному рівні неможлива без аналізу відповідності фактичного навантаження на довкілля встановленим граничним нормативам. Екологічний контроль передбачає кількісну оцінку потенційно небезпечних параметрів шляхом визначення ступеня відхилення фактичних значень від нормативно

допустимих рівнів у контексті атмосферного повітря, водного середовища, утворення відходів та фізичних впливів.

Визначальну роль у цьому процесі відіграють коефіцієнти перевищення, які є безрозмірними показниками і дають змогу встановити критичність впливу. Зокрема, одним із ключових параметрів є співвідношення площі зони забруднення атмосфери до розміру промислового майданчика підприємства та допустимої санітарно-захисної зони.

Якщо фактична зона забруднення суттєво перевищує межі СЗЗ, це свідчить про порушення санітарних регламентів, що може впливати на стан довкілля та здоров'я населення в прилеглих районах [4,14].

Аналогічно оцінюється перевищення допустимих обсягів атмосферних викидів, яке враховує не лише кількісні характеристики, а й токсикологічні властивості забруднюючих речовин. Такий підхід забезпечує адекватне врахування класу небезпечності кожного компонента. Важливим елементом оцінки є також скиди у водні об'єкти. Їхній обсяг порівнюється з гранично допустимими концентраціями з урахуванням екологічної цінності водойми — рибогосподарського, рекреаційного або технічного призначення.

У процесі аналізу також враховується поводження з твердими відходами. Незважаючи на те, що більшість підприємств дотримуються нормативів, їх фактична кількість і спосіб складування можуть бути джерелом вторинного забруднення. Подібним чином розглядається фізичний вплив, який охоплює шумове навантаження, електромагнітне випромінювання, вібрації тощо. Якщо ці впливи перевищують граничнодопустимі рівні, підприємство втрачає статус безпечного об'єкта.

Узагальнення результатів розрахунків доцільно здійснювати у вигляді зведеної таблиці коефіцієнтів, що дозволяє оперативно виявити перевищення та прийняти необхідні управлінські рішення.

Таблиця 2.1 – Розрахункові коефіцієнти перевищення впливу промислового підприємства [4,14]

Показник оцінки	Позначення	Формула розрахунку	Інтерпретація результату
Коефіцієнт забруднення повітряного середовища	S	$S = (S_3/S_{\Pi}) * (V/\rho_i r^2_{C33})$	$S > 1$ – порушення меж СЗЗ
Перевищення допустимого об'єму викидів	V _a	$V_a = \sum (\frac{M_i}{M_i^{ГДВ}} * \frac{1}{C_i^{ГДК}} * \beta_i)$	$V_a > 1$ – токсичні перевищення
Перевищення скидів у водні об'єкти	V _в	$V_v = \sum (\frac{Q_j}{Q_j^{ГДС}} * \gamma_j)$	$V_v > 1$ – порушення ГДС
Перевищення утворення/вивезення відходів	V _{вд}	$V_{вд} = W/W^{норм}$	$V_{вд} > 1$ – наднормативні
Перевищення фізичних впливів	V _{ф.в.}	$V_{ф.в.} = L_{факт}/L_{гдр}$	$V_{ф.в.} > 1$ – шкідливий вплив

Отримані коефіцієнти можуть бути інтегровані у подальшу модель оцінки екологічної небезпеки або використані як критерії для аудиту, екологічної паспортизації підприємства та розробки планів зниження шкідливого впливу.

Для забезпечення повноцінного аналізу ступеня перевищення шкідливого впливу промислового підприємства над нормативно допустимими межами доцільним є розширення розглядуваних аспектів оцінки екологічної безпеки з урахуванням просторово-часової динаміки, ризик-орієнтованого підходу, а також систем реагування на виявлені екологічні загрози.

Одним із ключових напрямків такого аналізу є інтерпретація коефіцієнтів перевищення, розрахованих за відповідними формулами. Значення показників, що суттєво перевищують одиничний рівень, свідчать про ймовірне порушення екологічних нормативів, що, у свою чергу, може

спричинити локальні або регіональні наслідки для здоров'я населення та стану природних екосистем. Такі перевищення вказують на необхідність більш глибокого аналізу джерел забруднення, перегляду дозволів на викиди та скиди, а також реалізації конкретних природоохоронних заходів [14,20].

Актуальним підходом до оцінювання екологічної ситуації є ризик-орієнтований аналіз, у межах якого враховується не лише факт перевищення нормативів, а й потенційна небезпека окремих речовин з огляду на їх токсикологічні властивості, ступінь акумуляції, тривалість впливу на біоту та людину, а також соціально-економічна вразливість регіону. Такий підхід дозволяє створити ранжування підприємств за екологічною небезпекою та встановити пріоритети в екологічному управлінні.

Крім того, врахування просторово-часових характеристик впливу дозволяє уникнути хибних висновків, які можуть виникати при одноразових замірах. Наприклад, сезонна зміна метеоумов, циклічність у роботі підприємства або аварійні ситуації здатні суттєво змінювати рівень впливу протягом року. Тому важливо використовувати дані довгострокового моніторингу, що дає змогу ідентифікувати стійкі тренди забруднення та своєчасно вживати профілактичних заходів.

У разі встановлення фактів стабільного перевищення нормативів, промислові підприємства мають здійснювати цільові технічні та управлінські заходи, спрямовані на зменшення шкідливого навантаження. До таких заходів належать: впровадження сучасних технологій очищення викидів і стічних вод, перехід на сировину з меншою токсичністю, впорядкування системи поводження з відходами, облаштування або розширення санітарно-захисної зони, створення буферних екосистем (зелених насаджень), а також реалізація внутрішніх екологічних аудитів.

Особливу увагу варто приділити використанню автоматизованих систем екологічного моніторингу, які забезпечують безперервний контроль параметрів атмосферного повітря, води, шумового навантаження та інших фізичних факторів у реальному часі. Такі системи дають змогу оперативно

виявляти перевищення, реагувати на критичні ситуації, а також забезпечувати прозорість екологічної інформації як для органів державного контролю, так і для місцевого населення [14,20].

Таким чином, оцінка перевищення рівня шкідливої дії промислового підприємства над нормативними межами повинна проводитися комплексно, з урахуванням кількісних та якісних характеристик впливів, специфіки регіону, потенційних ризиків та ефективності вжитих заходів. Такий підхід дозволяє сформувати об'єктивну екологічну картину, яка є основою для прийняття ефективних управлінських рішень у сфері екологічної безпеки.

2.4 Оцінка реципієнтів шкідливої дії в межах прилеглих територій

Оцінка реципієнтів шкідливого впливу є ключовим етапом у визначенні масштабів техногенного навантаження на навколишнє середовище та населення в зоні впливу промислового підприємства. Реципієнтами у цьому контексті виступають елементи природного середовища (атмосферне повітря, ґрунти, поверхневі та підземні води), а також біота і населення, що потенційно можуть зазнати впливу забруднюючих факторів, зумовлених виробничою діяльністю об'єкта.

Розрахунок впливу на реципієнтів здійснюється з урахуванням просторового розповсюдження зони забруднення, напрямку переважних вітрів, топографії місцевості, а також фізико-хімічних характеристик забруднюючих речовин. При цьому особливу увагу приділяють щільності населення на прилеглих територіях, структурі земельного користування, наявності житлових масивів, сільськогосподарських угідь, природоохоронних зон тощо, та екологічній цінності природних об'єктів.

Основна мета аналізу полягає у виявленні ступеня ризику для реципієнтів залежно від інтенсивності та тривалості шкідливої дії. При цьому застосовуються моделі оцінки екологічного ризику, які враховують критичні

концентрації забруднюючих речовин, допустимі дози впливу, часові фактори та характер забруднення локальне чи дифузне [4,14].

Наприклад, у випадку впливу на населення застосовується показник потенційної експозиції, який залежить від частоти перебування людини в зоні ризику, тривалості контакту з небезпечними факторами та кількісного складу населення, що мешкає на відповідній території. Для екосистем — оцінюється зміна складу біоценозів, деградація ґрунтів, зниження біологічної продуктивності або фітотоксичні ефекти забруднювачів.

Крім того, важливо враховувати кумулятивний ефект — тобто сукупну дію всіх джерел забруднення, включаючи сусідні підприємства та транспортні потоки. Саме тому у межах оцінки шкідливого впливу на реципієнтів доцільно використовувати як розрахункові, так і експериментальні дані, зокрема результати моніторингу атмосферного повітря, якості ґрунтів і вод, біоіндикаційні дослідження тощо.

В умовах щільної промислової забудови оцінка реципієнтів дозволяє сформулювати карту екологічного ризику, на основі якої приймаються управлінські рішення щодо зменшення шкідливого впливу — шляхом впровадження технологій очищення викидів, змін у виробничих процесах, створення санітарно-захисних зон або рекультиваційних заходів [14,20,24].

Таким чином, якісна і кількісна оцінка впливу на реципієнтів у межах прилеглих територій є необхідною передумовою екологічно обґрунтованого управління промисловими ризиками і забезпечення екологічної безпеки на локальному рівні.

2.5 Комплексна інтегральна оцінка екологічної небезпеки промислового об'єкту

Комплексна інтегральна оцінка екологічної небезпеки промислового об'єкта є завершальним етапом аналітичного дослідження, спрямованого на кількісну характеристику рівня загрози, яку несе діяльність підприємства

навколишньому природному середовищу, здоров'ю населення та сталому функціонуванню екосистем. Така оцінка дозволяє узагальнити результати попередніх аналізів і перетворити їх у придатну для управлінських рішень форму, що забезпечує підґрунтя для екологічного нормування, проектування природоохоронних заходів та прийняття стратегічних рішень щодо модернізації виробництва.

Інтегральний рівень небезпеки визначається через об'єднання низки оціночних показників, які характеризують: рівень забруднення атмосферного повітря, водних ресурсів і ґрунтів; обсяги та інтенсивність утворення й накопичення відходів; ступінь порушення екологічних нормативів; технічний стан обладнання; ступінь впливу на населення і природні реципієнти; імовірність виникнення аварійних ситуацій техногенного характеру [8,12].

На основі цих параметрів розраховується інтегральний показник екологічної небезпеки, що є безрозмірною величиною та визначається за узагальненою формулою, яка складається з V_i — нормалізоване значення i -того оціночного показника екологічної небезпеки; w_i — ваговий коефіцієнт, що відображає значущість кожного показника у загальній структурі впливу; n — кількість показників, що враховуються в розрахунку.

Значення кожного з показників нормалізуються за шкалою, яка уніфікує різні одиниці вимірювання, дозволяючи проводити сумарну оцінку. Вагові коефіцієнти можуть встановлюватися експертним шляхом або на основі методів багатокритеріальної оптимізації.

У межах інтегрального підходу можливе використання бальної системи, де підприємству присвоюється певний клас екологічної небезпеки [23,30]. Відповідно до методичних рекомендацій та чинних нормативних документів, виділяють п'ять рівнів-класів небезпеки:

- I клас — надвисока екологічна небезпека;
- II клас — висока;
- III клас — середня;
- IV клас — помірна;

– V клас — низька.

Результати інтегральної оцінки дозволяють не лише виявити рівень екологічного навантаження, але й порівняти об'єкти між собою, визначити пріоритети щодо екологічної модернізації або впровадження природоохоронних заходів. Крім того, інтегральний індекс є основою для формування індикаторів сталого розвитку на регіональному рівні та здійснення екологічного аудиту промислових підприємств.

У випадку, якщо значення інтегрального показника перевищує допустимий нормативний рівень, рекомендується провести детальнішу оцінку із залученням специфічних інструментів — наприклад, екологічного ризик-аналізу, ексергетичної оцінки або моделювання сценаріїв надзвичайних ситуацій [23,30].

Таким чином, комплексна інтегральна оцінка екологічної небезпеки є ефективним інструментом еколого-економічного управління та прийняття зважених рішень щодо екологічної безпеки виробництва.

З метою підвищення точності комплексної оцінки екологічної небезпеки промислового об'єкта доцільно враховувати не лише техногенні фактори, а й природно-геологічні умови, що формують екологічний фон території. У цьому контексті варто застосовувати методіку розрахунку еколого-геологічного ризику (ЕГР), що є узагальнюючим показником, який об'єднує три блокові індекси: літогеохімічний ризик (ЛГХР), гідрогеологічний ризик (ГГР) та інженерно-геодинамічний ризик (ІГДР).

Загальний рівень екологічного ризику можна виразити як:

$$\text{ЕГР} = \text{ЛГХР} + \text{ГГР} + \text{ІГДР} \quad (1.1)$$

Літогеохімічний ризик враховує ступінь забруднення ґрунтів та гірських порід, що мають здатність накопичувати техногенні елементи та є потенційними джерелами вторинного забруднення, з урахуванням технічного стану будівель та споруд.

Гідрогеологічний ризик – оцінку змін гідрологічного режиму та хімічного складу підземних і поверхневих вод, спричинених виробничою діяльністю [30,33].

Інженерно-геодинамічний ризик – формується на основі оцінки сейсмічної активності, інженерно-геологічних умов, проявів екзодинамічних процесів, а саме: зсуви, підтоплення, карст та техногенних впливів, що змінюють геостабільність ділянки.

У процесі аналізу також виділяються генетичні критерії, які визначаються особливостями формування екосистем і енергетичні критерії, що враховують потенціал до зміни енергетичного балансу екосистем під впливом антропогенних факторів.

Для належного реагування на виявлені рівні екологічної небезпеки, застосовуються різні типи екологічного управління:

- Адаптивні дії, спрямовані на оптимізацію господарської діяльності з урахуванням реального стану довкілля. Зокрема, йдеться про екологічну експертизу, паспортизацію територій, моніторинг.
- Нормативні дії, що базуються на реалізації вимог природоохоронного законодавства на різних рівнях управління.
- Активні дії, що передбачають цілеспрямоване покращення стану навколишнього середовища [25,27].

Таким чином, включення показників еколого-геологічного ризику до інтегральної оцінки екологічної небезпеки дозволяє сформулювати комплексний і науково обґрунтований підхід до прийняття рішень у сфері екологічної безпеки та управління природоохоронною діяльністю.

РОЗДІЛ 3. РІВЕНЬ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ В РІЗНИХ РАЙОНАХ МІСТА ЗАПОРІЖЖЯ

Запорізька область посідає одне з провідних місць серед регіонів України за рівнем промислового забруднення, що пов'язано з високою концентрацією підприємств чорної та кольорової металургії, теплоенергетики, атомної енергетики, хімічної промисловості та машинобудування. Така індустріалізація призводить до значного забруднення атмосферного повітря, земельних і водних ресурсів, а також накопичення великої кількості небезпечних промислових і побутових відходів.

Згідно з даними Державної служби статистики України, за обсягами викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел у 2022 році Запорізька область посіла четверте місце серед регіонів України, після Донецької, Дніпропетровської та Івано-Франківської областей, забезпечуючи 6,8 % від загального обсягу викидів по країні. Водночас значний внесок у забруднення атмосферного повітря здійснює транспортний сектор регіону, що становить 4,6 % і займає восьме місце по Україні [14,20].

Адміністративно місто Запоріжжя поділяється на сім районів: Олександрівський, Заводський, Комунарський, Дніпровський, Вознесенівський, Хортицький та Шевченківський (рис. 3.1).

У 2022 році на території Запорізької області 524 підприємства звітували про обсяги викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел, що на 20 підприємств більше, ніж у 2021 році. Загальний обсяг викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел у 2022 році становив 173,4 тисяч тонн.

Промислові підприємства є основним джерелом забруднення атмосферного повітря міста, забезпечуючи близько 68 % загального валового викиду забруднюючих речовин. Водночас з 2019 року обсяги викидів від пересувних джерел не включаються до обласної статистики, але оцінюються за показниками споживання палива [20,24].

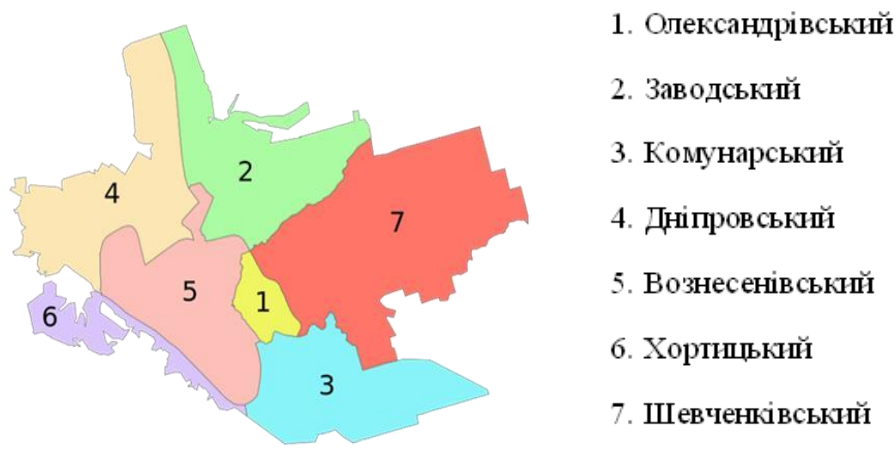


Рис. 3.1 – Поділ м. Запоріжжя на адміністративні райони [14,20]

Таким чином, загальний обсяг викидів забруднюючих речовин в атмосферу Запорізької області у 2022 році становив приблизно 252,7 тисяч тонн, де внесок стаціонарних джерел складає 68,6 %, а пересувних — 31,4 %.

Таблиця 3.1 – Кількість підприємств та обсяги викидів забруднюючих речовин у Запорізькій області за період 2021–2022 [20,24]

Рік	Кількість підприємств, що звітують	Обсяг викидів стаціонарних джерел, тис. т	Обсяг викидів пересувних джерел, тис. т	Загальний обсяг викидів, тис. т
2021	504	172	80	252
2022	524	173,4	— (дані не враховуються)	252,7

Таблиця 3.2 – Частка внеску стаціонарних та пересувних джерел у загальний обсяг викидів за 2022 [20,24]

Джерело викидів	Обсяг викидів, тис.т	Частка від загального обсягу, %
Стаціонарні джерела	173,4	68,6
Пересувні джерела	79,3	31,4
Всього	252,7	100

Таблиця 3.3 – Адміністративний поділ м. Запоріжжя [20,24]

Район	Основні характеристики / Промислові об'єкти
Олександрівський	Житлові райони, невеликі промислові об'єкти
Заводський	Висока концентрація металургійних підприємств
Комунарський	Змішана промислово-житлова зона
Дніпровський	Промисловість, транспортна інфраструктура
Вознесенівський	Житловий район з комерційними об'єктами
Хортицький	Територія з природоохоронними зонами, частина промислової діяльності
Шевченківський	Житловий район, адміністративні об'єкти

Таким чином, наведені дані свідчать про високий рівень промислового впливу на стан навколишнього середовища Запорізької області, що обумовлює необхідність подальшого моніторингу та впровадження ефективних заходів екологічного контролю.

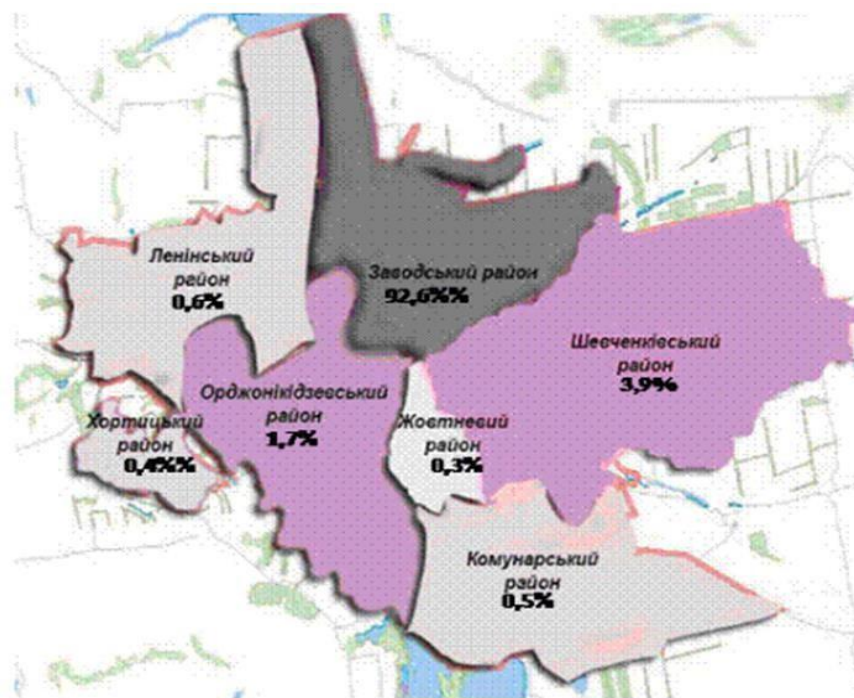


Рис. 3.2 – Рівень забруднення атмосферного повітря адміністративних районів м. Запоріжжя [22,24]

За даними Головного управління статистики у Запорізькій області за 2022 рік, у Заводському районі найвищий рівень забруднення атмосферного повітря – 92,6%. Менш забрудненими районами є Олександрівський – 0,3%, Хортицький – 0,4%, Дніпровський – 0,6%, Вознесенівський – 1,7% та Шевченківський – 3,9%.

У структурі джерел забруднення атмосферного повітря у м. Запоріжжя значну частку становлять пересувні джерела, більшість з яких пов'язана з приватним автотранспортом. Згідно з аналітичними даними, близько 64,2 % усіх викидів від пересувних джерел припадає саме на приватний сектор. Найбільший рівень забруднення атмосферного повітря реєструється у Заводському та Вознесенівському районах міста, що обумовлено інтенсивністю транспортного потоку, зокрема на ділянках важливих автомобільних розв'язок [22,24].

До найбільш екологічно напружених зон із перевищенням гранично допустимих концентрацій майже у чотири рази належать вул. Олексія Поради та вул. Верхня. Дані мобільного моніторингу свідчать, що у січні 2022 року перевищення допустимих показників концентрацій забруднюючих речовин зафіксовано у чотирьох адміністративних районах міста — Олександрівському, Вознесенівському, Заводському та Шевченківському.

Мобільна лабораторія здійснила контрольні заміри на вулицях Билкина, Омельченка, Жаботинського та Вишневій. У трьох точках — на Билкина, Жаботинського та Вишневій — зафіксовано концентрацію сірководню на рівні 0,015 мг/м³, що перевищує ГДК у 1,88 рази. Найвищий показник виявлено на вул. Омельченка — 0,017 мг/м³, що у 2,13 рази перевищує допустиму концентрацію. Водночас середньодобові значення дрібнодисперсного пилу та радіаційне тло залишались у межах нормативних значень.

У рамках державних природоохоронних заходів, упродовж 2022 року в області реалізовано 10 екологічних проєктів загальною вартістю 284,4 млн грн, що дозволило зменшити обсяг викидів на 1,6 тис. Тонн [23,24].

Додатковий контроль якості повітря здійснювали спеціалісти Запорізького обласного лабораторного центру. У Заводському районі дослідження проводились за 17 інгредієнтами забруднюючих речовин, було виконано 26 аналізів, з яких у 15,4 % випадків зафіксовано перевищення ГДК. Для порівняння: на попередньому тижні частка перевищень становила 24 %, рік тому — 34,6 %, а середній багаторічний показник — 17,3 %. Додаткові дослідження атмосферного повітря, проведені у Вознесенівському районі, показали концентрацію формальдегіду на рівні 0,039 мг/м³, що на 10 % перевищує допустиме значення.

Крім того, на вулиці Рекордній зафіксовано перевищення середньодобової концентрації дрібнодисперсного пилу РМ2.5 — 28 мкг/м³ за допустимого значення 25 мкг/м³.

Таблиця 3.4 – Пункти моніторингу та зафіксовані концентрації сірководню, мг/м³ [25,26]

Район міста	Адреса	Концентрація H ₂ S	Перевищення ГДК, рази
Заводський	вул. Билкіна, 14	0,015	1,88
Шевченківський	вул. Омельченка, 11	0,017	2,13
Вознесенівський	вул. Жаботинського, 5а	0,015	1,88
Олександрівський	вул. Вишнева, 65	0,015	1,88

Таблиця 3.5 – Частка перевищень ГДК у Заводському районі м. Запоріжжя [25,26]

Період	Кількість досліджень	Кількість перевищень	Частка, %
Поточний тиждень, 2022 р.	26	4	15,4
Попередній тиждень	25	6	24,0
Аналогічний період 2021 р.	26	9	34,6
Середній багаторічний	-	-	17,3

Таким чином, результати моніторингу підтверджують стабільно високий рівень техногенного навантаження на атмосферне повітря міста Запоріжжя з боку пересувних джерел забруднення, особливо у густонаселених районах з розвинутою транспортною інфраструктурою. Це вимагає активізації природоохоронних заходів, посилення регіонального екологічного моніторингу, а також впровадження інтегрованої політики зниження викидів у транспортному секторі.

Структура відходів забруднюючих речовин в атмосферне повітря за джерелами забруднень на 2022 рік представлена на рисунку 3.3.



Рис. 3.3 – Структура відходів забруднюючих речовин в атмосферне повітря за джерелами забруднень на 2022 рік [23,27]

У 2022 році середній рівень щільності викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел на території Запорізької області становив 7,1 тонни на 1 км², що у перерахунку на одну особу склало 110,1 кг. Аналіз структури викидів засвідчив переважання в атмосферних викидах діоксиду сірки та інших сірчаних сполук – 38,6 %, оксиду вуглецю – 32,7 % та оксидів азоту – 19,2 % [23,27].

Протягом звітного року у повітряний басейн області було викинуто 13,9 млн тонн діоксиду вуглецю, що на 7,1 % перевищує відповідний показник 2021 року. Загальний обсяг забруднюючих речовин, які надійшли в атмосферу внаслідок діяльності всіх пересувних джерел та виробничої техніки, склав 76,7 тис. тонн. Щільність цих викидів у розрахунку на одиницю площі становила 2,8 тонни на 1 км², а у розрахунку на одну особу — 43,6 кг.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці є невід'ємною частиною виробничого процесу та системи управління будь-яким підприємством. Вона охоплює комплекс правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних, лікувально-профілактичних і реабілітаційних заходів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності працівників у процесі трудової діяльності.

Основною метою системи охорони праці є створення безпечних умов праці, попередження виробничого травматизму, професійних захворювань та аварійних ситуацій. Діяльність у сфері охорони праці регулюється Конституцією України, Законом України «Про охорону праці», Кодексом законів про працю, а також галузевими нормативно-правовими актами [7,9].

Підприємства зобов'язані забезпечити реалізацію заходів з охорони праці шляхом:

- організації безпечного технологічного процесу;
- впровадження сучасних засобів колективного та індивідуального захисту;
- навчання працівників правилам безпечної поведінки на робочому місці;
- забезпечення медичного контролю за станом здоров'я працівників;
- проведення інструктажів та атестації робочих місць щодо умов праці.

Рівень організації охорони праці визначається не лише наявністю необхідної документації та засобів захисту, а й активною участю керівництва підприємства у формуванні культури безпеки, що передбачає відповідальність, системність і профілактичний підхід до вирішення проблем.

Згідно з вимогами міжнародних стандартів (ISO 45001), сучасна система управління охороною праці має бути інтегрована у загальну систему

менеджменту підприємства, що дозволяє ефективно керувати ризиками та підвищити загальний рівень безпеки виробничого середовища [31,32].

У процесі виробничої діяльності працівники зазнають впливу різноманітних факторів, що можуть бути як шкідливими, так і небезпечними. Їхня присутність зумовлює потенційні загрози для здоров'я персоналу та стабільності технологічного процесу. Такі фактори виникають у результаті функціонування технічного обладнання, використання хімічних речовин, особливостей просторової організації робочого середовища, а також дії мікрокліматичних умов. Зокрема, суттєве значення має рівень шуму, освітленість, температура, вібрації, а також наявність шкідливих хімічних сполук у повітрі робочої зони.

Інтенсивність впливу шкідливих чинників залежить від типу виробництва, обсягів технологічного навантаження, а також ступеня автоматизації та вентиляції. Небезпеку становлять не лише постійно діючі фактори, а й аварійні ситуації, які можуть спричинити різку зміну умов праці, утворення вибухонебезпечних середовищ або локальне забруднення. У ряді випадків ризики посилюються внаслідок недостатньої уваги до ергономічних особливостей робочих місць, порушення режимів праці або перевищення тривалості перебування у несприятливих умовах [21,23].

Постійний моніторинг параметрів виробничого середовища, організація профілактичних заходів та своєчасне технічне обслуговування обладнання виступають необхідними умовами запобігання професійним захворюванням і нещасним випадкам. Ефективність заходів з охорони праці безпосередньо пов'язана з глибоким розумінням природи дії шкідливих чинників та їхньої взаємодії, що потребує міждисциплінарного підходу, поєднання знань у галузі гігієни праці, технічної безпеки та інженерного аналізу виробничих систем.

Пожежна безпека є одним із ключових компонентів загальної системи охорони праці, оскільки виникнення пожежі на промисловому підприємстві може призвести не лише до значних матеріальних збитків, а й до загроз життю та здоров'ю працівників. Рівень пожежної безпеки визначається як

технологічними особливостями виробництва, так і об'ємами зберігання та використання горючих матеріалів, станом електрогосподарства, вентиляційних систем та рівнем підготовки персоналу.

Комплекс заходів з пожежної безпеки передбачає створення умов, які виключають можливість виникнення джерел займання та сприяють швидкому виявленню й ефективному реагуванню у разі виникнення надзвичайної ситуації. Для цього важливим є чітке дотримання чинних нормативно-правових документів з питань пожежної безпеки, регулярне проведення інструктажів, технічне обслуговування засобів пожежогасіння, а також оснащення приміщень автоматичними системами виявлення загоряння [23].

Особливе значення має розробка планів евакуації та здійснення навчальних тренувань серед персоналу щодо дій у разі пожежі. Досягнення належного рівня пожежної безпеки можливе лише за умов системного підходу до ідентифікації потенційних джерел загрози, аналізу ризиків і безперервного вдосконалення системи управління пожежною безпекою. Інтеграція цих елементів у структуру підприємства дозволяє мінімізувати ймовірність виникнення небезпечних подій та забезпечити надійний захист як персоналу, так і технологічного обладнання.

Забезпечення безпеки в умовах надзвичайних ситуацій (НС) є важливим аспектом системи цивільного захисту підприємства та невіддільною складовою загального управління ризиками. Надзвичайні ситуації можуть виникати як унаслідок технологічних збоїв чи аварій, так і в результаті природних катастроф, воєнних дій або терористичних загроз. У цьому контексті особливої актуальності набуває завчасне планування та впровадження заходів, спрямованих на запобігання, оперативне реагування, ліквідацію наслідків і відновлення функціонування підприємства [32,34].

Система безпеки у разі НС базується на комплексному підході до аналізу потенційних загроз, ідентифікації найбільш уразливих елементів виробничої структури та оцінки ймовірності виникнення надзвичайних подій. Важливою складовою є функціонування системи оповіщення, здатної забезпечити

своєчасне інформування працівників про загрозу, а також наявність чітко регламентованих планів дій у випадку евакуації, хімічного чи радіаційного зараження, пожежі, вибуху або іншої небезпечної ситуації.

Окрему увагу слід приділяти забезпеченню засобами колективного та індивідуального захисту, які повинні відповідати характеру потенційних загроз. Також ключову роль відіграє підготовка персоналу — систематичне проведення навчань, інструктажів і тренувань дозволяє сформувати навички швидкого та правильного реагування в умовах стресу та небезпеки. Ефективність заходів з безпеки значною мірою залежить від координації з органами місцевого самоврядування, службами цивільного захисту та медичними установами [29,33].

Загалом, забезпечення безпеки у надзвичайних ситуаціях потребує системного управління, постійного моніторингу загроз, актуалізації планів дій та інвестицій у технічні засоби захисту. Лише така інтегрована політика дозволяє мінімізувати людські та матеріальні втрати у разі виникнення небезпечних подій.

ВИСНОВКИ

У результаті проведеного дослідження були досягнуті основні завдання, поставлені на початку роботи. Надано комплексну характеристику природно-ресурсного та господарського потенціалу Запорізького регіону, що дало змогу визначити регіон як потужний промисловий осередок України з розвиненою металургією, енергетикою, хімічною та машинобудівною галузями. При цьому встановлено, що інтенсивне промислове навантаження зумовлює значний тиск на компоненти довкілля, зокрема атмосферне повітря, водні ресурси та ґрунти.

Розглянуто методичні підходи до оцінювання рівня екологічної безпеки, зокрема через інтегральні показники, що враховують як обсяги шкідливих викидів, так і ступінь перевищення нормативних рівнів забруднення. Обґрунтовано необхідність використання кількісних критеріїв для визначення потенційної небезпеки промислових об'єктів з урахуванням їхньої локалізації, типу впливу та характеру реципієнтів.

На основі актуальних статистичних та моніторингових даних проведено аналіз стану довкілля в адміністративних районах міста Запоріжжя. Виявлено значні просторові відмінності в рівнях забруднення, зокрема у районах із високою концентрацією промислових підприємств і транспортних вузлів. Такі райони, як Заводський і Вознесенівський, демонструють підвищений екологічний ризик через часте перевищення гранично допустимих концентрацій забруднювальних речовин у повітрі та значне антропогенне навантаження.

Отже, результати дослідження свідчать про необхідність системного екологічного моніторингу, впровадження природоохоронних заходів і стратегічного планування з урахуванням екологічної безпеки для забезпечення сталого розвитку Запорізького регіону.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андреева Н. Д., Герцена А. І. Система еколого-педагогічного освіти студентів-біологів у педагогічному вузі: монографія. 2000. 112 с.
2. Аніщенко В. О. Основи екології: навч. посіб. для вищ. навч. закл. Київ: Кондор, 2009. 147 с.
3. Авраменко Н. Л., Шпильківська З. В. Шляхи удосконалення системи екологічного оподаткування в Україні. Молодий вчений. №2 (17). 2015. С. 58–62.
4. Бедрій Я. І. Охорона праці: навчальний посібник. Київ: ЦУЛ, 2002. 322 с.
5. Бойчук Л. Д., Соломенно Е. М., Бугай О. В. Екологія і охорона навколишнього середовища: навч. посіб. Суми: Університетська книга, 2003. 284 с.
6. Бойчук Ю. Д., Шульга М. В. Основи екології та екологічного права: навч. посіб. Суми: Університетська книга, 351 с.
7. Гандзюк М. П., Желібо Е. П., Халимовський М. О. Основи охорони праці: підручник. Київ: Каравела, 2005. 393 с.
8. Гончаренко Г. Є., Совгіра С. В. Словник-довідник сучасних екологічних та природоохоронних термінів. Київ: Науковий світ, 2010. 106 с.
9. Дейнека О. Г., Омельченко Т. М., Ніяковський В. В. Екологія: навч. посіб. Харків: УкрДАЗТ, 2008. 197 с.
10. ДСТУ 4808:2007 Джерела централізованого питного водопостачання. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила вибирання. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. 36 с.
11. Екологічна енциклопедія: у 3 т. Київ: ТОВ «Центр екол. освіти та інформації», 2006. Т. 1: А–Е. 430 с.
12. Екологічна енциклопедія. Т. 1: А–В. Київ: Логос, 2005. 720 с.

13. Екологічний паспорт Запорізької області за 2020 р. URL: <https://www.zoda.gov.ua/article/2557/ekologichnyi-pasport-zaporizkoji-oblasti-za-2020-rik.html>
14. Желібо Е. Н., Заверуха Н. В., Зацерний В. В. Безпека життєдіяльності: навчальний посібник. Київ: Каравела; Львів: Новий світ 2000, 2001. 320 с.
15. Жидецький В. Ц. Охорона праці користувачів комп'ютерів. Львів: Афіша, 2001. 176 с.
16. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці: підручник. Львів: Афіша, 2002. 318 с.
17. Закон України «Про охорону атмосферного повітря». Київ, 1992.
18. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» N 1268-IV від 26.06.91 р. із змінами, внесеними згідно з Законом України N 1807-III від 08.06.2000 р.
19. Заверуха Н. М., Скиба Ю. А., Серебряков В. В. Основи екології: навч. посіб. Київ: Каравела, 2008. 304 с.
20. Качинський А. Б. Екологічна безпека України: аналіз, оцінка та державна політика: монографія. Київ: НІС, 1997. 127 с.
21. Качинський А. Б. Оцінка й аналіз фонових ризиків смертності в Україні. Київ: НІСД, 1998. 67 с.
22. Качинський А. Б. Управління екологічною безпекою України: системний аналіз перспектив покращення. Київ: НІСД, 2001. 312 с.
23. Качинський А. Б. Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращення. Київ: НІСД, 2011. 312 с.
24. Класифікатор надзвичайних ситуацій в Україні. Київ: 2019. 178 с.
25. Клименко М. О., Прищепка А. М., Вознюк Н. М. Моніторинг довкілля: підручник. Київ: видавничий центр «Академія», 2006. 360 с.
26. Ковальчук І. П., Робак В. Є. Екологія: підруч. для проф.-техн. закл. освіти. Київ: Пед. думка, 2008. 143 с.

27. Коротун І. Ю. Природні умови і ресурси України: навч. посіб. Рівне: Вид-во Укр. держ. академії водного господарства, 1997. 176 с.
28. Лисиченко Г. В., Забулонов Ю. Л., Хміль Г. А. Природний, техногенний та екологічний ризику: аналіз, оцінка, управління: проект «Наукова книга». Київ: Наук. думка, 2008. 543 с.
29. Маринич О. М., Пархоменко Г. О. Фізико-географічне районування України. Луцьк: Надстир'я, 1998. 217 с.
30. Маринич О. С., Бажана М. П. Географічна енциклопедія України: в 3-х томах. Київ: Українська Радянська Енциклопедія ім. М. П. Бажана, 1993. 480 с.
31. Моніторинг довкілля: підручник / під ред. В. М. Боголюбова і Т. А. Сафранова. Херсон: Грінь Д. С., 2011. 530 с.
32. Охорона праці при надзвичайних ситуаціях. URL: <http://www.diagram.com.ua/info/ohrana/toi/913.shtml>
33. Панкова Є. В. Туристичне краєзнавство. URL: https://tourlib.net/books_ukr/pankova74.htm
34. Положення про державну систему моніторингу довкілля, затверджене постановою Кабінету Міністрів України від 30 березня 1998 р. N 391.
35. Приходько М. М. Система інтегрального управління природними ресурсами. Екологічний вісник. № 2. 2007. С. 19–23.
36. Промисловий потенціал м. Запоріжжя. URL: <https://invest.zp.gov.ua/uk/pages/industry>
37. Рак В. С. Основи екології: опор. конспект лекцій. Київ: Акад. праці і соц. відносин профспілок України, 2010. 123 с.
38. Сахаев В. С., Щербицкий Б. В. Довідник по охороні навколишнього середовища. Київ: Будівельник, 1986. 152 с.