

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

ФАКУЛЬТЕТ УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ПЕРЕВЕЗЕНЬ

Кафедра охорони праці та навколишнього середовища

**РОЗВ'ЯЗАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ КРИЗОВОЇ СИТУАЦІЇ
«ВПЛИВ ЗАБРУДНЕНОГО АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ
НА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ» МЕТОДОМ КЕЙСІВ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для виконання завдань

з дисциплін

***«БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ»,
«ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ» «ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ»,
«ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ ТА ЕРГОНОМІКА»***

Харків – 2024

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри охорони праці та навколишнього середовища 29 квітня 2024 р., протокол № 8.

Рекомендовано для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня всіх форм навчання.

Укладачі:

проф. О. В. Третяков,
доц. Б. К. Гармаш,
ст. викл. Є. С. Григор'єва

Рецензент

проф. О. М. Огар

ЗМІСТ

Вступ до екології	5
1 Вказівки до виконання письмового звіту з розв'язання ситуативного прикладу	7
1.1 Метод ситуативних вправ	7
1.1.1 Вихідні дані для ситуативного прикладу	8
1.1.2 Що таке кейс (приклад) і як його написати	8
1.1.3 Види кейсів	8
1.1.4 Письмовий звіт про розв'язання кейсу	9
2 Управління безпекою та небезпекою в екології	9
2.1 Безпека людини (суспільства) та довкілля	9
2.1.1 Імовірність прояву небезпеки	10
2.1.2 Управлінські принципи екологічної безпеки	10
3 Екологічні небезпеки, пов'язані з атмосферою	12
3.1 Атмосфера – це частина довкілля, з якою організм людини постійно контактує	12
3.2 Методологічні підходи	15
3.2.1 Токсикологічні дослідження	15
3.2.2 Епідеміологічні дослідження	15
3.2.3 Екологічні дослідження тимчасових рядів	16
3.2.4 Мультицентричні дослідження	18
3.3 Дослідження впливу забруднення атмосфери на здоров'я	20
3.3.1 Наслідки забруднення зимового типу («зимовий смог»)	22
3.3.2 Наслідки забруднення літнього типу («літній смог»). Вплив озону на здоров'я	27
4 Ситуативний приклад: як забруднення повітря впливає на наше здоров'я	31
4.1 План дій щодо нульового забруднення	32

4.2 Нерівність у схильності та уразливості до забруднення повітря в Європі	35
4.3 Зіставлення смертності, пов'язаної з $PM_{2,5}$, з регіональним багатством Європи	36
Список літератури	38
Додаток А	43

ВСТУП ДО ЕКОЛОГІЇ

Мета екології – вивчення законів функціонування систем (екологічних систем) усіх рівнів в умовах діяльності людини і розроблення стратегій взаємодії людства в цілому з навколишнім середовищем.

За означеною метою доцільно визначити завдання екології:

- діагностика стану планети та її ресурсів;
- визначення порогів витривалості антропогенного навантаження;
- розроблення критеріїв оптимального функціонування екологічних систем;
- вивчення шляхів зворотності і відновлення наслідків антропогенного впливу на екологічні системи;
- розроблення прогнозів майбутніх змін в навколишньому середовищі при різних ситуаціях політичного, екологічного та соціального розвитку людини;
- формування ідеології, спрямованої на екологізацію освіти, промислового середовища та економіки.

Наведемо декілька понять як додаткове теоретичне обґрунтування вирішення поставлених завдань екології.

Загальна екологія – наука, що вивчає загальні закони формування, еволюції та життя екологічних систем на основі аналізу продуктивності життя і кругообігу речовин у природі, стійкості в усіх формах біорізноманіття.

Біоекологія – це частина наукового напрямку, що поділяється:

- на *аут-екологію* (екологія окремих видів і індивідуумів);
- *популяційну екологію* (вивчає популяцію видів і особин);
- *син-екологію* (екологія багатовидових спільнот).

Геоєкологія – наука, що вивчає взаємодію живих істот із середовищем існування, поділяється на *екологію середовищ* (землі, води),

екологію природо-кліматичних зон (вивчаються тундра, степи, болота тощо).

Прикладна екологія – це великий комплекс дисциплін, пов'язаних із різними областями взаємодії людини з середовищем. Короткий перелік означених наукових дисциплін наведений нижче.

Інженерна екологія – розроблення інженерних норм щодо екологічних стандартів і нормативів.

Сільськогосподарська екологія – вивчає тварин, що належать до сільського господарства, і безпосередньо з агрокомплексом.

Біоресурсна екологія – займається діагностикою стану тваринного і рослинного потенціалу.

Урбоекологія – екологія міст у поєднанні з промисловими об'єктами.

Екологія людини – вивчає людину як живого індивідуума і як соціального суб'єкта.

Охорона природи – це обмежене використання природних ресурсів, а також недопущення порушень природних процесів внаслідок антропогенного впливу.

Охорона навколишнього середовища – це недопущення потрапляння в межі існування людини шкідливих і небезпечних для здоров'я речовин.

Щодо поставленої мети в результаті вирішення поставлених завдань екології виникає певне наукове спрямування – **екологізація**.

Екологізація – проникнення ідей екології у різні галузі науки і техніки. У найзагальнішому трактуванні *екологізація* є переважно науково обґрунтованою людською діяльністю, за допомогою якої здійснюється розумне, наукове управління взаємодією між суспільством, технікою, виробництвом і природою, відбувається закономірний процес взаємодії суспільства, людини і природи.

Екологізація освіти стає можливою завдяки екологізації всіх сфер людської діяльності, зокрема і виробництва, що функціонує завдяки

повторному використанню сировинних ресурсів. Унаслідок грамотної *екологізації* створюються умови для виникнення екологічної свідомості, а згодом і нової екологічної культури, на формування яких і спрямована національна освіта.

1 ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ПИСЬМОВОГО ЗВІТУ З РОЗВ'ЯЗАННЯ СИТУАТИВНОГО ПРИКЛАДУ

Розв'язання запропонованого у методичних вказівках ситуативного прикладу сприятиме формуванню екологічної грамотності та дбайливого ставлення до природи та навколишнього середовища. Сприятиме забезпеченню майбутніх спеціалістів основами екологічних знань і вироблення в них екологічної культури, а також дбайливому відношенню до використання природних ресурсів.

Під час опанування матеріалу теоретичної та практичної частини методичних вказівок здобувач висвітлює причини виникнення на нашій планеті глобальної екологічної кризи, що загрожує подальшому існуванню людства на Землі. А згодом показує можливі шляхи виходу з цієї кризи.

1.1 Метод ситуативних вправ

Сутність методу ситуативних вправ, прикладів або кейсів полягає в тому, що здобувачі в процесі навчання досліджують, аналізують, обговорюють та шукають оптимальні рішення найбільш розповсюджених екологічних проблем.

1.1.1 Вихідні дані для ситуативного прикладу

Як вихідний матеріал використано фактичний матеріал і опис реальних проблемних ситуацій, а як інструмент для вирішення проблеми здобувачам пропонується опанувати підходи та методи, що вивчались на лекційних заняттях. Формою рішення кейсів є: публічне обговорення (дебати, дискусії), письмовий звіт (есе).

1.1.2 Що таке кейс (приклад) і як його написати

Кейс – це історія про те, як ви вирішували завдання замовника (клієнта, цільової аудиторії). Наприклад, ви надаєте послуги з *перевірки контрагентів*.

Перевірка контрагента – це широко поширений термін, який означає збір та аналіз інформації про будь-яку юридичну особу та/або індивідуального підприємця. Перевірка контрагента дає змогу зробити правильні висновки щодо перспектив подальшої співпраці. Відмінним кейсом стане історія про те, як Ви вчасно провели перевірку та запобігли втраті потенційного замовника (клієнта).

1.1.3 Види кейсів

За форматом використання виділяють три види кейсів:

- executive-кейси (обсяг: до 2 сторінок): використовуються як ілюстрація теоретичного матеріалу для перевірки вузьких навичок;
- тематичні кейси (обсяг: 3–5 сторінок);
- повноформатні (гарвардські) кейси (обсяг: 20-25 сторінок).

1.1.4 Письмовий звіт про розв'язання кейсу

За форматом використання під час вивчення екологічних проблем доцільно обрати тематичний кейс.

Письмовий звіт складається з такого:

- дослідження запропонованої ситуації (кейсу);
- збір та аналіз недостатньої інформації (використовуються матеріали з п. 3 теоретичної частини цих методичних вказівок, обов'язково матеріали самостійного пошуку інформації на задану тему);
- обговорення можливих варіантів вирішення проблеми (відбувається на занятті під керівництвом викладача);
- пошук найкращого рішення.

2 УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ ТА НЕБЕЗПЕКОЮ В ЕКОЛОГІЇ

2.1 Безпека людини (суспільства) та довкілля

Теоретично безпеку людини (суспільства) та довкілля мають гарантувати закони держави, що впорядковані за сферами діяльності:

- природна сфера передбачає створення і застосування природоохоронного законодавства;
- виробнича та соціальна сфери – адміністративне, господарське, карне та інші розділи права відповідно.

Саме вони регулюють відношення між людьми в суспільстві, їхнє відношення до природи власного краю, навколишнього середовища. Положення законодавства, будь-якого розділу права є тими теоретичними основами, що регулюють напрямки сучасних наук. До означених напрямів наукової діяльності можна віднести:

- фундаментальні науки (хімічні, біологічні, фізичні, математичні);
- соціологічні науки (політика внутрішня, зовнішня);
- гуманітарні (правознавство, культурологія, мистецтво).

Науковий аналіз тих чинників, що безпосередньо впливають на безпеку кожної окремої людини (суспільства) і довкілля складає основу курсу з екології. Його теоретичні засади стануть у нагоді при оволодінні практичними навичками дотримання екологічної безпеки. Для цілеспрямованої діяльності з поліпшення умов життя і діяльності людини в різних сферах необхідно знати *групи чинників безпеки*, що впливають на людину.

2.1.1 Імовірність прояву небезпеки

Завжди існує імовірність прояву небезпеки. Таке емпіричне твердження можна сформулювати по-іншому: в природі не існує абсолютно безпечних явищ чи чинників, все небезпечно за певних умов. Дане твердження є аксіомою, тому що при деяких обставинах імовірно безпечний об'єкт чи речовина можуть стати або виявитись небезпечними. Таке може статися через процеси старіння будь-якого живого чи неживого об'єкта. Внаслідок цього виникають та формуються системні кризи. Процес руйнації або суттєва зміна однієї з ланок чи частини системи згодом виводить з ладу весь об'єкт загалом і пов'язані з ним інші об'єкти. Так формується ланцюгова реакція щодо негативних змін в означеній системі.

2.1.2 Управлінські принципи екологічної безпеки

Важливою теоретичною основою безпечної діяльності у сфері екології є *загальні принципи безпеки*. Такі принципи встановлюють

взаємозв'язки між окремими стадіями процесу, і стануть у нагоді будь-якому керівникові чи управлінцю при забезпеченні безпеки для людини і довкілля.

Принцип управління. Полягає у розробленні та впровадженні систем управління безпекою для людини і довкілля на наукових основах. Він є основним при забезпеченні безпеки для людини і довкілля. Принцип управління за своєю суттю є профілактичним.

Принцип плановості. Встановлює на встановлені (за потреби – визначені) періоди спрямованої діяльності з забезпечення безпеки для людини і довкілля певні кількісні обмеження.

Принцип адекватності. Охоплює компетентність, ділові та організаторські якості управлінців.

Принцип зворотного зв'язку. Вимагає одержання об'єктивної інформації при управлінні безпекою для людини і довкілля, ретельні звіти з будь-якої ситуації, що виникла, та її детальний аналіз.

Принцип ефективності. Потребує кореляції результатів із плановими оцінками показників.

Принцип добору кадрів. Є важливим через наявність у фахівців необхідних знань і навичок управління безпекою людини і довкілля.

Принцип стимулювання. Вимагає від управлінця забезпечення певної оплати праці за її певну кількість.

Принцип контролю. За суттю є системою нагляду і перевірок об'єктів на їхню відповідність встановленим вимогам безпеки.

Принцип відповідальності. Передбачає встановлення та чіткого розподілу обов'язків поміж відповідальними особами.

Порушення означених принципів у будь-якому порядку чи кількості з великою імовірністю призведе до формування і прояву небезпечних і навіть надзвичайних ситуацій.

3 ЕКОЛОГІЧНІ НЕБЕЗПЕКИ, ПОВ'ЯЗАНІ З АТМОСФЕРОЮ

В сучасних умовах розвитку суспільних відносин у світі та зважаючи на надмірний антропогенний вплив на довкілля, загальну кризову екологічну ситуацію, забезпечення екологічної безпеки є одним з пріоритетних напрямків державної політики більшості країн світу і нашої держави зокрема. Сучасний стан розвитку екологічних правовідносин зазначається значним поглибленням та розширенням правових зв'язків суб'єктів, у діяльності яких використовуються різні види екологічно небезпечних джерел, що характеризуються підвищеним екологічним ризиком [1].

Важливість екологічної безпеки, що охоплює собою наявний комплекс взаємовідносин людини і довкілля, полягає в її спроможності визначити реальний стан довкілля, передбаченні потенційних для нього загроз і заходів для їх попередження. Проблему нестачі водних ресурсів, чистоти води людство вирішувало від початку свого існування. Таке ставлення до чистого і свіжого повітря виникло лише в ХХ столітті, коли стало його бракувати [2].

Відсьогодні атмосферне повітря вже не є гарантом здорової життєдіяльності людини.

3.1 Атмосфера – це частина довкілля, з якою організм людини постійно контактує

Є встановленим той факт, що багато реакцій організму людини можна пояснити як реакцію на зміни фізичного та хімічного стану атмосфери. Як у клінічній сфері, так і у сфері суспільної охорони здоров'я забруднення повітря – явище, що вже відоме та вивчене.

У сучасному світі забруднене повітря набуває великого значення через низку епізодів, що відбулися у промислово розвинених країнах у першій половині ХХ століття. Випадки, що сталися в долині Мааса (Бельгія) у 1930 р., Донорі (Пенсільванія, США) у 1948 р. і насамперед лондонська катастрофа у грудні 1952 р., мабуть, найбільш примітні та характерні.

Означені виняткові ситуації призвели до зростання смертності та захворюваності, не залишаючи сумнівів у тому, що високий рівень забруднення повітря пов'язаний зі збільшенням ранньої смертності. В останньому з вищезгаданих епізодів густий туман накрив район Великого Лондона протягом 4 днів з 5 по 8 грудня 1952 р., що супроводжувалося різким зростанням смертності. Число додаткових смертей, пов'язаних із цим епізодом, становило від 3500 до 4000. Наведені дані спонукали країни до пошуку вирішення проблеми забрудненості атмосфери. Водночас вони призвели до ухвалення політики контролю за забрудненням. Особливо в Західній Європі та США, що призвело до значного зниження рівня забруднення повітря [3].

Хоча нинішній рівень забруднення повітря в країнах західного світу в цілому можна вважати помірним, зберігається занепокоєння щодо його потенційного впливу на здоров'я людини.

Чимала кількість досліджень за останні роки, які було проведено в різних містах, показала, що навіть ті показники, які мають значення нижче встановленого і рівня якості повітря, що вважається безпечним, додатково підвищують рівень забруднення і пов'язані зі шкідливим впливом на здоров'я [4]. З іншого боку, зростає занепокоєння можливими ризиками з боку агентів (інших країн, великих промислових корпорацій тощо), для яких немає задовільної оцінки (рисунок 1) [5].

Всі верстви населення піддаються впливу атмосферних забруднювачів. Це може мати негативні наслідки для їхнього здоров'я [6].



Рисунок 1 – Виявлені джерела забруднення на території України протягом 2020 року

У відповідь на запити суспільства як клініцисти, токсикологи, так і епідеміологи покликані оцінити несприятливий вплив вдихуваних забруднювачів: клініцист оцінює здоров'я людей, що зазнали впливу, токсиколог визначає шкоду, заподіяну забруднювачем, а епідеміолог вивчає вплив на найбільш уразливі групи [7–9].

Наведені види оцінювання доповнюють один одне, оскільки кожен з них має свої переваги та обмеження для реагування на проблеми суспільства [10].

Мета вирішення екологічної проблеми за допомогою методу кейсів – вирішення питання щодо забруднення повітря загалом, віднайдення концептуального підходу.

З цією метою у методичних вказівках наведено основні використовувані методи, розглянуто найбільш важливі змінні (які суттєво впливають на кінцевий результат) та вказані ефекти, щодо яких є більше доказів стосовно впливу забруднення повітря на здоров'я людини.

3.2 Методологічні підходи

Інтерпретація реакцій, які забруднення повітря чинить на здоров'я людини, заснована на двох типах досліджень: **токсикологічних** та **епідеміологічних**. Обидва типи досліджень вважаються додатковими, коли йдеться про оцінювання впливу забруднення повітря на здоров'я.

3.2.1 Токсикологічні дослідження

Експериментальні **токсикологічні дослідження** на людях чи тваринах відбуваються за умови, при яких концентрація, тривалість та умови впливу контролюються дослідником [11]. Головна перевага такого підходу полягає саме в контролі над умовами впливу. Тому такий вимір є точнішим, ніж у разі досліджень на основі спостереження.

Що стосується недоліків, то вони полягають здебільшого у тому, що наявна штучність ситуації, в якій опиняються досліджувані, оскільки в ідеальній ситуації використовується невелика кількість домішок, у певних дозах та в особливих умовах довкілля. З іншого боку, групи досліджуваних, у яких проводяться експерименти, дуже репрезентативні.

3.2.2 Епідеміологічні дослідження

Епідеміологічні дослідження, в яких спостерігаються події, що розвиваються в групі досліджуваних у природних умовах, – обставина, яка є їхньою суттєвою перевагою. Дані мереж моніторингу забруднення повітря прийнято використовувати як міру забруднення повітря.

При цьому основною проблемою є вимірювання експозиції, оскільки епідеміологічне вивчення наслідків забруднення повітря для здоров'я має низку особливостей, що відрізняють його від інших областей епідеміології.

Серед них доцільно окремо виділити такі [12]:

1 *Широко розповсюджений вплив.* Якщо забруднюючі речовини потрапили в повітря або утворилися в ньому, уникнути небажаної дії неможливо. Таке не відбувається в інших середовищах, таких як питна вода, ґрунт або продукти харчування. Тому при проведенні епідеміологічних досліджень важко знайти неекспоновані групи. Але, незважаючи на таке широке й подекуди надмірне поширення, забруднення повітря в містах розподілене нерівномірно.

2 *Індивідуальні відмінності впливу.* Навіть коли концентрації забруднюючих речовин у зовнішньому середовищі більш чи менш однорідні (що буває рідко), люди проводять більшу частину свого часу у своїх будинках та в інших укритих місцях. Вплив навколишнього середовища на відкритому повітрі може значно відрізнитися від впливу всередині приміщення через наявність внутрішніх джерел, відкладень і відмінностей у системах вентиляції. Але там, де немає значних джерел усередині приміщень, якість повітря у самому приміщенні багато в чому визначається тими концентраціями, що присутні на відкритому повітрі.

3 *Наявність плутанини, обумовленої іншими чинниками.* Захворюваність і смертність від хвороб органів дихання та кровообігу можуть мати інші причини, крім забруднення повітря. Більш того, ці чинники можуть мати сильніший вплив, тому що обтяжені додатково курінням чи впливом подразнюючих газів та пилу в професійній сфері.

3.2.3 Екологічні дослідження тимчасових рядів

Одним із найбільш застосовуваних на сьогодні епідеміологічних методів є **дослідження екологічних часових рядів**. Вони аналізують зміни в часі впливу забруднювача та досліджуваного показника здоров'я населення.

Екологічні дослідження вимірюють дію та вплив навколишнього середовища на репрезентативні групи досліджуваних. Вони враховують весь діапазон впливів, а також численні комбінації екологічних та соціокультурних чинників, що визначають подальше виникнення наслідків для організму.

До суттєвих переваг щодо застосування досліджень часових рядів є те, що на результати аналізу однієї й тієї ж групи досліджуваних у різні періоди часу (прийнятим є день у день) присутня велика кількість змінних, що можуть діяти як змінюючі чинники на індивідуальному рівні (звичка до куріння, вік, підлога, окупація і т. д.) і не потребують контролю, оскільки вони залишаються стабільними в одній і тій самій групі досліджуваних. Такі індивідуальні чинники присутні постійно, тому їхня імовірність впливу на загальний результат є невеликою, майже знехтуваною.

Екологічна помилка (основна помилка наведених досліджень, яку доцільно враховувати) визначається як помилка, що є допустимою під час перетворення оцінок з екологічного рівня на індивідуальний рівень [13]. Зазвичай така екологічна помилка впливає на географічні або просторові моделі більше, ніж на моделі часових рядів. З іншого боку, оскільки завжди присутні суміші забруднюючих речовин, у такому випадку важко надати перевагу впливові від конкретного забруднювача.

При аналізі досліджень екологічних часових рядів, що вивчають взаємозв'язок між забрудненням повітря і здоров'ям, необхідно брати до уваги одночасно адекватність використовуваної статистичної методології та впливові чинники [14–15].

Останні можна об'єднати в три великі групи [16]:

1 *Геофізичні чинники*. Такі, що виникають внаслідок сезонних циклів енергії та радіації на поверхні Землі. Вони спричиняють зміни в погоді, забруднення навколишнього середовища та зміни стану здоров'я. Їхній основний цикл – за рік.

2 Метеорологічні чинники. Певною мірою вони можуть бути включені до геофізичних чинників, оскільки залежать від останніх, але мають свою власну незаперечну сутність. Температура навколишнього середовища та вологість є тими двома змінними показниками, за допомогою яких ми намагаємося узагальнити метеорологічні дані. Хоча на думку деяких авторів, цього недостатньо для адекватного корегування такого складного явища [17].

3 Соціокультурні чинники. Вони відповідають рівню економічного та промислового розвитку, культурі, релігії, менталітету народу, країни, спільноти тощо. Фундаментальним циклом соціокультурної діяльності в більшості країн і культур є тиждень, що відповідає основному робочому циклу. Стан здоров'я змінюється залежно від дня тижня. Причиною окремого підходу є встановлення такого факту: з причин, ще не до кінця відомих, у понеділок люди найчастіше почувуються гірше, ніж в інші дні тижня; у будні дні збільшується смертність, а також рівень забруднення.

Побудова будь-якої математичної моделі, що аналізує взаємозв'язок між забрудненням повітря та здоров'ям, має враховувати наведені групи чинників. Крім того, необхідне одночасне врахування сезонних захворювань.

3.2.4 Мультицентричні дослідження

На сьогодні реалізуються різні міжнародні проєкти зі стандартизованими критеріями аналізу вивчення різних аспектів взаємозв'язку між забрудненням повітря та здоров'ям.

У Сполучених Штатах Інститут впливу на здоров'я (HEI, який є некомерційною корпорацією, спонсорованою Американським агентством з охорони навколишнього середовища (EPA), за основну мету щодо вивчення

впливу на здоров'я забруднювачів повітря обрало викиди від транспортних засобів, двигунів та інших джерел.

Серед останніх проєктів – повторний аналіз когортних досліджень, які вивчають вплив чинника забруднення повітря частинками на довгострокову смертність [18].

У Європі проєкт АРНЕА (Короткостроковий вплив забруднення повітря на здоров'я, європейський підхід) є одним із найамбіційніших із реалізованих проєктів. На першому етапі в цьому багатоцентровому дослідженні взяли участь 15 європейських міст (включно із Барселоною), що належать до 10 різних країн, із населенням близько 25 млн жителів [19]. У другій фазі проєкту, що містить у собі 34 міста, крім Барселони, беруть участь дослідники з Мадрида, Більбао та Валенсії [20].

В Іспанії проєкт ЕМЕСАМ (Іспанське багатоцентрове дослідження взаємозв'язку між забрудненням атмосфери та смертністю) здійснюється у контексті вище зазначених багатоцентрових досліджень. У цьому проєкті беруть участь вже 14 іспанських міст (Барселона, Великий Більбао, Картахена, Кастельйон, Гіхон, Уельва, Мадрид, Памплона, Севілья, Ов'єдо, Валенсія, Віго, Віторія та Сарагоса), які є представниками різних соціально-демографічних, кліматичних та екологічних ситуацій. Загалом у цьому проєкті задіяно близько 9 млн жителів.

В іншому європейському багатоцентровому дослідженні (вплив забруднення на дітей-астматиків у Європі, РЕАСЕ) [21] вивчаються гострі наслідки дії забрудненого повітря, що викликані частинками SO_2 і NO_2 на респіраторне здоров'я дітей 2010 року народження.

Метою цього дослідження є отримання для порівняння даних про концентрації частинок у зимовий період у кількох міських та приміських районах Європи, щоб оцінити взаємозв'язок між короткостроковими коливаннями забруднення атмосфери та короткостроковими коливаннями показників здоров'я органів дихання дітей із хронічними респіраторними

симптомами. А також провести оцінку того, чи пов'язані медичні характеристики дітей із відмінностями у реакції на забруднення повітря.

І, нарешті, оцінити, чи пов'язаний склад самих частинок з встановленою реакцією на забруднення атмосфери.

3.3 Дослідження впливу забруднення атмосфери на здоров'я

Наслідки, пов'язані з впливом забруднення повітря, різноманітні. Найбільш вивчені ті, за даними Комітету Асамблеї з гігієни навколишнього середовища та праці (АТТ, 1996 р., США), що виникають у короткі терміни [22]: в період кількох днів, найчастіше менше тижня після дії (рисунок 2).

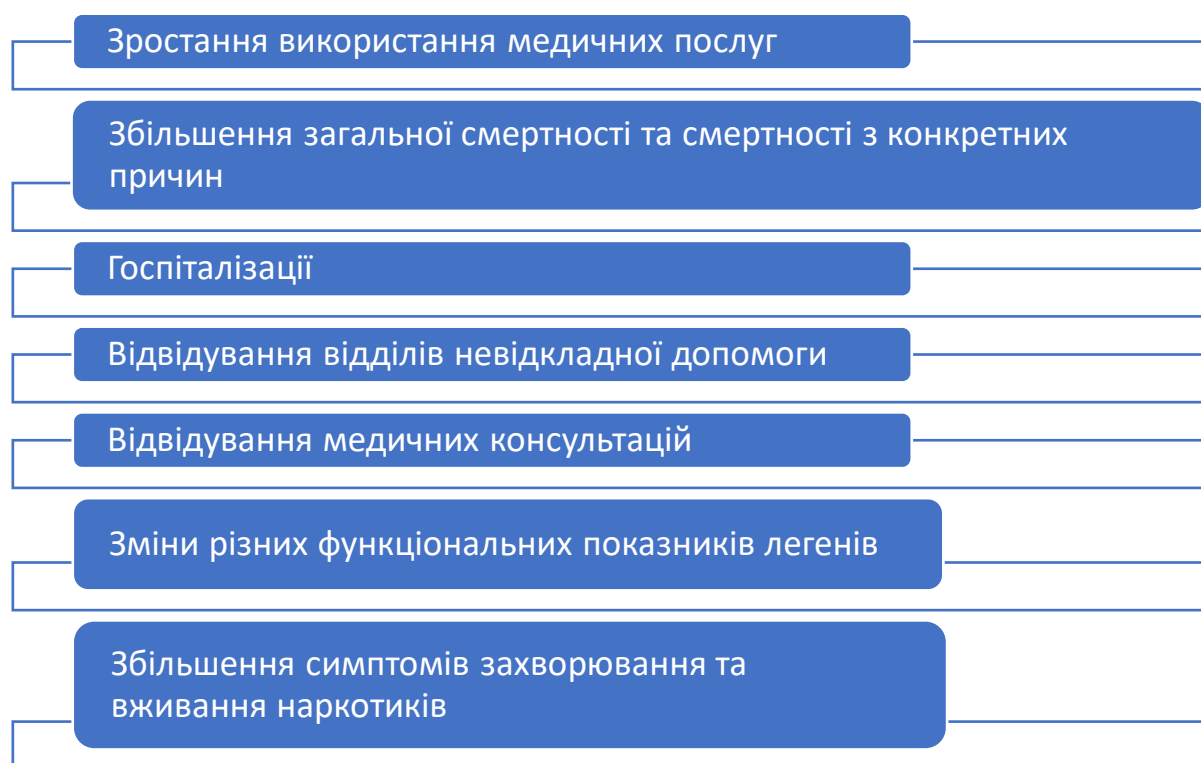


Рисунок 2 – Основні короткострокові наслідки забруднення повітря на різні показники здоров'я

Спостережені ефекти зберігають градацію як за тяжкістю наслідків, так і за чисельністю тієї групи населення, яка отримала ушкодження здоров'я. До того, вони мають бути пов'язані з *принципом узгодженості*, визначеним деякими дослідниками.

У випадку, якщо основним результатом спостережень є збільшення загальної смертності чи смертності від конкретних причин, обов'язково необхідно очікувати збільшення кількості госпіталізацій (за умови, що ті, хто помирає з надлишком, вже не госпіталізовані).

Встановлений ефект відомий як *випадкове відкриття*. Якщо основним результатом виявиться збільшення кількості госпіталізацій, ми маємо виявити як випадковий ефект паралельне збільшення кількості відвідувань відділень невідкладної допомоги. Такий *принцип узгодженості* важко перевірити, оскільки для його повної демонстрації всі основні висновки та їхні випадкові наслідки мають бути перевірені в тому самому географічному місці і в той самий період часу, оскільки місце і час можуть діяти як детермінанти або значною мірою визначати результати.

Говорячи про вплив забруднення повітря на здоров'я, зручно розрізняти забруднення, більш характерні для зими (зимовий смог), та забруднення, більш характерні для літа (літній смог). *Взимку* епізоди забруднення можуть виникати через застійне повітря, коли в атмосфері накопичуються забруднюючі речовини від згоряння. Основними забруднювачами є SO_2 і зважені частинки, хоча вони є лише індикаторами набагато складніших сумішей забруднювачів. *Влітку* епізоди забруднення можуть виникати у спекотні сонячні дні, коли фотохімічні реакції оксидів азоту та вуглеводнів призводять до утворення озону та інших речовин із токсичною здатністю [23].

3.3.1 Наслідки забруднення зимового типу («зимовий смог»)

Основними компонентами цього виду забруднення є SO_2 та зважені частинки. SO_2 є подразнюючим газом, який при високих концентраціях у нормальних людей і нижчих концентраціях у астматиків може викликати бронхоконстрикцію.

У 1987 р. Європейське регіональне бюро Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) встановило 1000 мкг/м^3 як найнижчий рівень, при якому ефекти будуть спостерігатися після 10 хв дії на людей астматиків [24]. Деякі дослідження пропонують ввести додатковий коефіцієнт, внаслідок чого рівень 500 мкг/м^3 стане нормативним рівнем захисту громадської охорони здоров'я для «пікових значень». Необхідно додати, що наведене дослідження не враховує наявність у повітрі інших небезпечних речовин [6]. Оскільки забруднення SO_2 найчастіше пов'язані з забрудненням твердими частинками, їхній вплив вивчався разом.

Гострі ефекти від SO_2 і твердих частинок вивчалися у зв'язку зі щоденними змінами смертності у значній кількості міст, з госпіталізаціями та екстремними випадками, із загостреннями захворювань у чутливих груп пацієнтів або з виявленням тимчасових змін у легеневій системі. Очікувані гострі наслідки для здоров'я людини, встановлені ВООЗ у 1990 р. [25] на основі спостережень, зроблених в епідеміологічних дослідженнях для середніх 24-годинних рівнів, наведені у таблиці 1.

Але за останнє десятиліття значна кількість досліджень поставила під сумнів згадані вище критерії. Багато з них повідомляють про зв'язок рівнів забруднення повітря з наслідками для здоров'я, навіть нижчий за стандарти, які міжнародні агенції вважають безпечними.

Більше того, особливо у випадку з частинками, коли досліджується взаємозв'язок «доза – реакція» між рівнями забруднення та показниками

здоров'я, не виявлено жодних доказів можливого порога, нижче за який не очікується ніяких несприятливих наслідків.

Таблиця 1 – Середньодобові рівні сумішей забруднювачів повітря, що містять SO₂ і зважені частинки, від підвищення значення яких очікується гострий вплив на здоров'я людини за даними ВООЗ (1990)

SO ₂ *	Частинки* (метод визначення)	Вплив на здоров'я	Ступінь класифікації ефектів
200	200 (гравіметрія, PTS)	Незначне та минуще зниження функції легень (ФЖЄЛ, ОФВ 1**) у дітей та дорослих, яке може тривати близько 2-4 тижнів	помірний
250	250 («чорний дим»)	Збільшення респіраторної захворюваності серед сприйнятливих дорослих та, можливо, дітей	помірний
400	400 («чорний дим»)	Більше зростання респіраторної захворюваності	серйозний
500	500 («чорний дим»)	Підвищена смертність серед літніх та хронічно хворих	серйозний
Примітки: * – рівні у мкг/м ³ ; ** – ФЖЄЛ: форсована життєва ємність легенів; ОФВ 1: об'єм видиху протягом першої секунди ФЖЄЛ			

До таблиці 2 зведено отримані випадки гострих ефектів від часток, що найчастіше виділяються.

Деякі спостереження в ній засновані на дослідженнях, де використовувалися вимірювання частинок методом «чорного диму»

(рефлектометрія), тоді як інші були засновані на гравіметричних вимірах (загальна кількість завислих частинок).

Таблиця 2 – Оцінювання ефектів, пов'язаних із середньодобовим рівнем забруднення повітря завислими частинками

Індикатор ефекту здоров'я	Зміна (%) показника ефекту, пов'язаного зі збільшенням на 10 мкг/м ³ РМ ₁₀ *
Збільшення щоденної смертності:	
✓ Смертність від усіх причин	1.0
✓ Смертність від респіраторних причин	3.4
✓ Смертність від причин системи кровообігу	1,4
Збільшення попиту на стаціонарну допомогу (захворювання органів дихання):	
✓ Прибуток	0,8
✓ Надзвичайні ситуації	1.0
Загострення астми:	
✓ Астматичні напади	3.0
✓ Використання бронходилататорів	2,9
✓ Екстрені візити	3.4
✓ Госпіталізація	1,9
Зниження функції легенів:	
✓ Максимальний об'єм видиху за секунду	0,15
✓ Пікова швидкість видиху	0,08
Примітка –	
* РМ ₁₀ – частинки з аеродинамічним діаметром менше 10 мкм	

Тобто автори вважали, що значення, яке отримане методом визначення «чорного диму» (визначеним як еталонний метод у Євросоюзі), приблизно дорівнює значенням, отриманим методом уловлювання частинок

діаметром менше 10 мікрон (PM_{10}) – еталонний захід Агентства з охорони навколишнього середовища (EPA) США).

На думку цих авторів, обидва виміри будуть приблизно еквівалентні 55 % загальної кількості частинок суспензії (TPS) [26].

Це перетворення було поставлене під сумнів, оскільки воно вважається дуже неточним, бо не бере до уваги зміни у відносинах між зазначеними індикаторами частинок як при розгляді різних місцевостей, так і протягом сезонів року [27].

Так, дослідження [28] встановило, що співвідношення медіан PM_{10} та «чорного диму» (ЧД) у зимовий період варіювалося від 0,67 до 3,67 залежно від досліджуваних місць.

Але у деяких місцях, наприклад в Афінах, Центральній Європі та Осло, це співвідношення було близько до одиниці.

Зважаючи на все, у міських районах спостерігається тенденція до зниження співвідношення $PM_{10}/\text{ЧД}$, що відповідає внеску викидів автомобільних двигунів (дизельних) до забруднення атмосферного повітря.

Судячи з даних спостережних епідеміологічних досліджень і, незважаючи на згадані вище обмеження, за останні роки було отримано деякі докази в результаті експериментальних досліджень. З одного боку, було висловлено припущення, що токсична сила частинок у міському середовищі зумовлена високим вмістом у них ультрадисперсних частинок. Отже, хоча гравіметрично їхня концентрація не дуже висока, такі частинки можуть спричинити загострення респіраторних проблем та підвищити згортання плазми [29].

У дослідженні [30], проведеному в Німеччині, було виявлено, що під час епізоду забруднення повітря високим вмістом SO_2 та зваженими частинками одночасно рівні в'язкості крові підвищувалися як у чоловіків, так і у жінок.

Деякі токсикологічні дослідження на лабораторних тваринах показали: ті тварини, які зазнали впливу дрібних частинок, хворіють, а іноді й помирають [31]. В одному з таких досліджень, проведеному в Гарвардській школі громадської охорони здоров'я в Бостоні, щури піддавалися протягом 3 днів впливу частинок діаметром менше 2,5 мкм ($PM_{2,5}$), витягнутих з повітря Бостона протягом 3 дн.

При рівнях, еквівалентних подвоєному поточному граничному значенню PM_{10} протягом 6 год за правилами ЕРА, 37 % пацієнтів з бронхіальними захворюваннями померли, а всі здорові пацієнти вижили. В іншому експерименті, проведеному на собаках, які зазнали впливу частинок у концентрації від 116 до 175 ng/m^3 (рівні, які часто замірюють в найбільш забруднених містах), у тварин розвинулися аритмії та інші серцеві розлади.

Всі ці дані можуть допомогти зрозуміти вплив часток на здоров'я.

Акцент, що приділяється у Сполучених Штатах несприятливому впливу частинок, і викликані ним суперечки стали поштовхом до численних наукових досліджень щодо дії цього забруднювача.

В останні роки вивченню незалежних ефектів від SO_2 приділяється менше уваги. Але у Європі (за результатами багатоцентрового проекту АРНЕА) отримано оцінювання щодо впливу такого забруднювача на здоров'я, встановлені в проведених дослідженнях і в яких використовується методологія аналізу часових рядів [15]. Сукупний результат для 12 міст проекту АРНЕА вказує на підвищення на 4 % значень показників смертності [28].

Імовірно, що наведені забруднювачі – зважені частинки та SO_2 – відіграють складну роль у розвитку хронічних захворювань. До того ж було встановлено зв'язок між рівнем частинок та зниженням функції легенів [29–30].

Також було проведено різні дослідження щодо зв'язку забруднення повітря та довгострокової смертності. У дослідженні 6 міст [14] з 1974 р.

вели спостереження за здоров'ям 8111 дорослих з 6 міст США. Їхні результати показують, що змінився рівень смертності, пов'язаний із забрудненням повітря, яке колись контролювалося тільки курінням та іншими чинниками ризику. Ризик смерті в найбільш забруднених містах був на 26 % вищим порівняно з найменш забрудненими.

Інші проведені дослідження були засновані на оцінюванні впливу забруднення повітря твердими частинками на показники смертності [31–34]. Загалом було отримано дані про забруднення в 151 мегаполісі США з 1980 р. та спостерігаючи за 552 138 дорослими людьми з 1982 р. Вони виявили, що ризик смерті від усіх причин у найбільш забруднених районах був на 15 % вищим, ніж у найменш забруднених.

3.3.2 Наслідки забруднення літнього типу («літній смог»). Вплив озону на здоров'я

Літнє забруднення загалом проявлене як фотохімічне забруднення в результаті реакцій вуглеводнів і оксидів азоту, що стимулюються інтенсивним сонячним світлом [35]. Озон на цьому етапі досліджень вважається найтоксичнішим компонентом цієї суміші. Проте виникає питання, чи всі наслідки фотохімічного забруднення можна віднести до озону як першопричини. Деяка частина дискомфорту, який викликаний забрудненням (подрознення очей), виникає внаслідок дії таких сполук, як органічні нітрати та альдегіди.

Порівняння результатів експериментальних та епідеміологічних досліджень дає змогу зробити припущення про те, що озон є основною причиною впливу фотохімічного забруднення на здоров'я в Північній Америці. Щодо європейських даних – для якихось висновків замало пройшло часу і проведено небагато досліджень для виявлення стійкої тенденції [36–37].

Але в 1992 р. у роботі, спонсорованій Європейським офісом ВООЗ, було визначено рівні концентрації впливу, у яких було отримано дані щодо гострих ефектів [19, 37].

Симптоми та вплив на функцію легень, спричинені годинним впливом озону в концентраціях близько 200 мкг/м^3 , були класифіковані як легкі. На іншому кінці шкали поєднання та інтенсивність наслідків, очікуваних від впливу концентрацій озону 400 мкг/м^3 і вище, були класифіковані як важкі.

У таблиці 4 наведені дані щодо очікуваних гострих наслідків з боку фотохімічного забруднення у дні, які характеризуються максимальними рівнями одногодинної концентрації озону. Дані отримано від спостережень дітей і молодих людей, які не палять, зроблених у ході токсикологічних, клінічних та епідеміологічних досліджень [19].

Ці рівні не вказують на те, що існує поріг виникнення ефектів, а скоріше на те, що такі концентрації, як зазначені у таблиці 4, досить високі, щоб викликати ефекти, які можна виявити за допомогою добре спланованих досліджень.

Вищі рівні впливу можуть викликати більш серйозні наслідки, а також збільшити частку населення, яке зазнало впливу. На сьогодні обмежена кількість досліджень унеможлиблює таке визначення. Нижчий рівень забруднення (ніж той, що зазначений у таблиці 4) не передбачає відсутності наслідків, але, принаймні, немає очікування, що він викликає серйозні проблеми зі здоров'ям.

Загалом люди, які раніше страждали на респіраторні захворювання або через недоліки системи кровообігу, є більш чутливими до серйозних порушень, навіть при відносно невеликому підвищенні фотохімічного забруднення [19].

Останні роки кілька епідеміологічних досліджень показали, що існує вплив рівня озону на різні показники активності здоров'я.

Таблиця 4 – Очікувані гострі наслідки фотохімічного забруднення у дні, що характеризуються максимальними рівнями одногодинної концентрації озону

Рівень озону, мкг/м ³	Роздрання очей, носа та горла	Середнє зниження показника FEM у активного населення за межами		Перешкода для діяльності за межами	Запальна реакція, гіперреактивність у людей, активних на вулиці	Респіраторні симптоми (переважно у дорослих)	Загальний рейтинг
		основне населення	10 % найчутливіших людей				
< 100	Без ефекту	0 %	0 %	0 %	Ніхто	Ніхто	–
200	У деяких чутливих людей	5 %	10 %	0 %	М'який	Стиснення у грудях, кашель	Світлий
300	< 30 % населення	15 %	30 %	Деякі люди	Помірний	Збільшення симптомів	Помірний
400	> 50 % населення	50 %	50 %	Чимало людей	Серйозний	Більше посилення симптомів	Серйозний

Примітка –
* показник FEM – максимальна швидкість видиху

У Європі проєкт АРНЕА нещодавно опублікував три метааналізи короткострокового впливу забруднення повітря в різних європейських містах, в яких озон був одним із забруднювачів [38]. Збільшення рівня озону на 50 мкг/м³ було пов'язане з подальшим збільшенням кількості госпіталізацій з приводу таких встановлених хвороб у населення:

- хронічної обструктивної хвороби легень (ХОЗЛ) на 4 %;
- від 6 до 14 % при надходженні з приводу астми у людей віком від 15 років, 34 і 2,3 % від числа смертей з усіх причин.

Крім госпіталізації через респіраторні захворювання та смертність, також було проаналізовано зв'язок озону з госпіталізацією через серцево-судинні захворювання.

У Канаді проаналізували [39] роль різних забруднювачів при госпіталізації щодо серцевої недостатності у 10 містах (всього біля 12,6 млн жителів). Збільшення рівня озону на 25 мкг/м^3 було достовірно пов'язане зі збільшенням кількості госпіталізацій на 2,7 %. Проте оцінки були узгодженими лише із показниками CO.

Інші дослідження, проведені як у Північній Америці [40–44], так і в Європі [45], не змогли встановити прямий зв'язок та суттєвий вплив озону на госпіталізацію з приводу захворювань системи кровообігу.

На експериментальному рівні в недавньому дослідженні, проведеному на обраній групі пацієнтів, також не вдалося продемонструвати суттєвий вплив на певні параметри гемодинаміки після контрольованого впливу помірних рівнів озону ($0,3 \text{ ppm}$) [46]. Теоретично встановлений можливий імовірний вплив на серцево-судинну систему опосередковано, через вплив на дихальне дерево легенів.

Можна констатувати стосовно проведеного огляду наявних на даний час досліджень з приводу шкідливості впливу забрудненого повітря на здоров'я: існує широкий консенсус щодо визнання такого шкідливого впливу серед науковців.

Але такий консенсус не такий вже широкий, коли йдеться про встановлення такого:

- які саме рівні можна вважати безпечними для всього населення, які можливі хронічні наслідки забруднення;
- які токсичні сполуки несуть відповідальність за шкоду здоров'ю;
- які саме фізіологічні механізми запускають ефект.

Усі наведені великі групи питань та багато інших виникають і вивчаються у межах різних дослідницьких проєктів. Особливо у багатоцентричних проєктах, які виконуються фахівцями з різних галузей – таких як епідеміологія, токсикологія, клінічні дослідження чи вимірювання впливу.

4 СИТУАТИВНИЙ ПРИКЛАД: ЯК ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ ВПЛИВАЄ НА НАШЕ ЗДОРОВ'Я

Забруднення повітря зазначене на сьогодні як найбільший екологічний ризик для здоров'я в Європі та як основна причина передчасної смертності та хвороб.

Останні оцінки Європейського агентства з навколишнього середовища (ЄАНС) показують, що дрібні тверді частинки ($PM_{2,5}$) продовжують найбільш істотно впливати на здоров'я. Більшість європейців живуть у районах, особливо у містах, де забруднення повітря може досягати високих рівнів [47].

Як короткостроковий, так і довгостроковий вплив забруднення повітря може призвести до широкого спектру захворювань, таких як інсульт, хронічна обструктивна хвороба легень, рак трахеї, бронхів та легень, загострення астми та інфекції нижніх дихальних шляхів. ВООЗ надає докази зв'язку між впливом забруднення повітря та діабетом другого типу, ожирінням, системним запаленням, хворобою Альцгеймера та деменцією [22–24].

Міжнародне агентство з вивчення раку класифікувало забруднення повітря, зокрема $PM_{2,5}$, як основну причину раку. Нещодавній глобальний огляд показав, що хронічний вплив може вплинути на кожен орган тіла, ускладнюючи та посилюючи стани здоров'я.

Діти та підлітки особливо вразливі, оскільки їхні тіла, органи та імунна система все ще розвиваються. Забруднення повітря шкодить здоров'ю у дитинстві та збільшує ризик захворювань у пізнішому віці, проте діти мало що можуть зробити, щоб захистити себе чи вплинути на політику у сфері якості повітря (рисунок 3).

Дрібні тверді частинки ($PM_{2,5}$) є забруднювачем повітря, що викликає найбільш серйозні проблеми зі здоров'ям та передчасну смертність. У

2021 р. 97 % міського населення зазнали впливу концентрацій дрібних твердих частинок, що перевищують санітарно-гігієнічний рівень, встановлений ВООЗ.

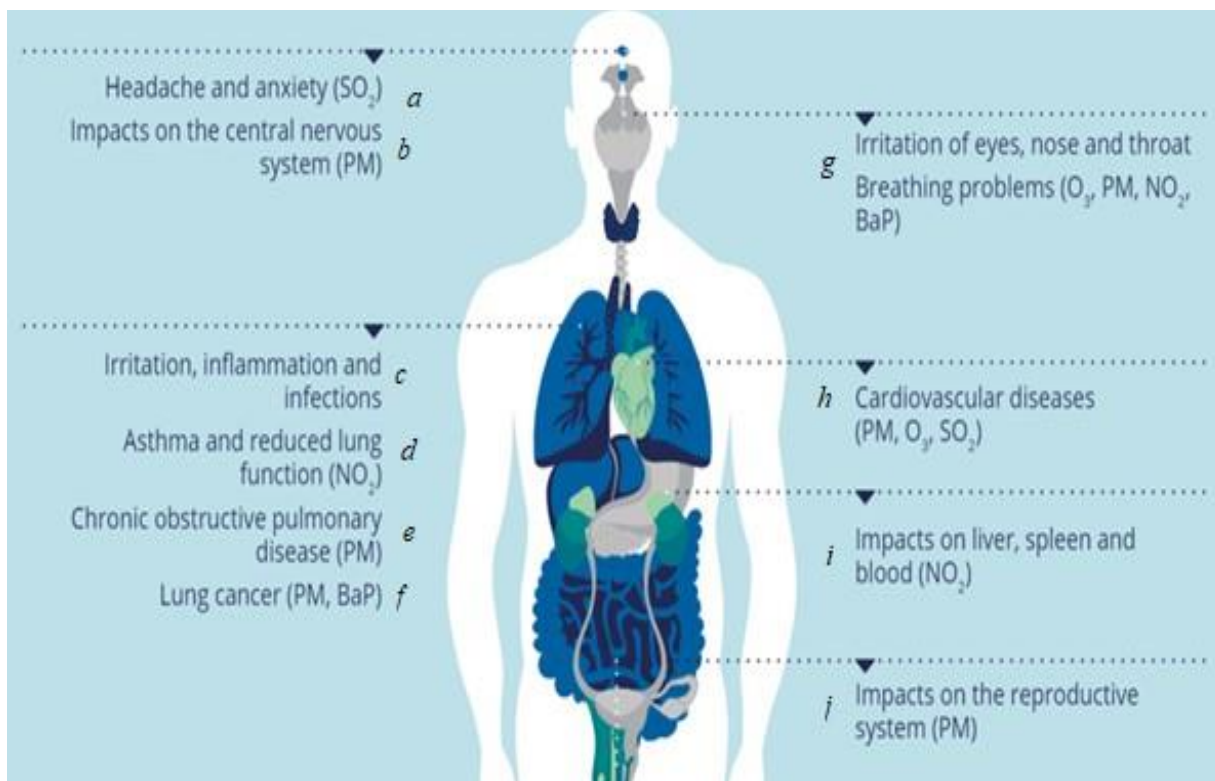


Рисунок 3 – Доповідь ЄАНС «Здорове довкілля, здоровий спосіб життя» щодо шкоди здоров'ю людини, 2019 р.:

a – головний біль і занепокоєння (від SO_2); *b* – вплив на центральну нервову систему; *c* – подразнення, запалення та інфекції; *d* – астма і порушення функції легенів; *e* – хронічні обструктивні хвороби легень; *f* – рак легенів; *g* – подразнення очей, носа і виникнення проблем з диханням; *h* – виникнення хвороб серця; *i* – вплив на печінку, селезінку і кров; *j* – вплив на репродуктивні функції

4.1 План дій щодо нульового забруднення

Встановлено 238 000 передчасних смертей через вміст дрібних твердих частинок вище за рівень, рекомендований ВООЗ. За оцінками

ЄАНС, у 2020 р. приблизно 238 000 передчасних смертей були пов'язані з $PM_{2,5}$ у 27 державах-членах ЄС. 2020 р. передчасна смертність, пов'язана з впливом дрібних твердих частинок, знизилася на 45 % у ЄС-27 порівняно з 2005 р.

Побутове, комерційне та інституційне споживання енергії було основним джерелом твердих частинок у 2020 р. Обробна та добувна промисловість також були важливим джерелом, тоді як сільське господарство було не менш важливим джерелом PM_{10} . У період з 2005 по 2020 р. викиди твердих частинок PM_{10} та $PM_{2,5}$ знизилися на 30 % та 32 % відповідно.

У 2021 р. ВООЗ опублікувала нові рекомендації щодо якості повітря після систематичного огляду останніх наукових даних, які демонструють, як забруднення повітря завдає шкоди здоров'ю людини. Європейський Союз також установив стандарти для основних забруднювачів повітря [47]. Вони були відображені у директивах щодо якості навколишнього повітря. У «Європейській зеленій угоді» Європейська комісія зобов'язалася й надалі покращувати якість повітря та більш тісно приводити стандарти якості повітря ЄС у відповідність до рекомендацій ВООЗ. Це зобов'язання було відображено й зафіксовано у плані дій з нульового забруднення, в якому сформульована основна мета: до 2050 р. знизити забруднення повітря, води та ґрунту до рівнів, які більше не вважаються шкідливими для здоров'я та природних екосистем.

Крім того, у плані дій щодо нульового забруднення встановлені цілі на 2030 р., дві з яких стосуються повітря та направлені:

- на зменшення впливу забруднення повітря на здоров'я (передчасну смертність) більш ніж на 55 % порівняно з 2005 р.;

- скорочення частки екосистем ЄС, де забруднення повітря загрожує біорізноманіттю на 25 % порівняно з 2005 р.

Більш суворі стандарти якості повітря також сприятимуть досягненню цілей Європейського плану боротьби з раком. Забруднення повітря є відомою причиною раку у Європі, зокрема раку легенів (ЄАНС, 2022 р.).

Що стосується минулої тенденції, то з 2005 і до 2020 р. кількість передчасних смертей, пов'язаних з впливом $PM_{2,5}$, в ЄС - 27 знизилася на 33 % і значення сягає 238 000. Якщо якість повітря продовжить покращуватися, а кількість передчасних смертей на рік продовжить знижуватися, такими помірними темпами, в майбутньому мета щодо нульового забруднення буде досягнута вже до 2032 р.

Європейська комісія пропонує внести та затвердити нові правила для більш чистого повітря.

У жовтні 2022 р. Європейська комісія опублікувала пропозицію про перегляд Директиви про якість навколишнього повітря.

Ключові заходи означеної Директиви наведені нижче.

✓ Суворіші порогові значення забруднення точніше відповідають новим обмеженням, встановленим Всесвітньою організацією охорони здоров'я.

✓ Розширення права на чисте повітря, покращення доступу до правосуддя.

✓ Чинне законодавство не містить положень, які дають змогу громадянам вимагати компенсації за шкоду здоров'ю, заподіяну забрудненням повітря. Нові правила нададуть ефективніші штрафи та можливості компенсації за порушення правил якості повітря.

✓ Посилено правила моніторингу якості повітря для підтримки превентивних дій та цілеспрямованих заходів.

✓ Вимоги щодо покращення моделювання якості повітря, особливо в тих випадках, коли якість повітря є поганою.

✓ Поліпшення інформації.

Зазначені заходи насамперед узгоджуються з іншими законодавчими пропозиціями. Але виникає необхідність щодо перегляду Директиви про промислові викиди та висунути додатково пропозиції щодо стандартів викидів Євро-27 для дорожніх транспортних засобів. Очікується, що вони сприятимуть досягненню більш суворіших стандартів якості повітря.

4.2 Нерівність у схильності та уразливості до забруднення повітря в Європі

Забруднення повітря впливає на різних людей по-різному. Літні люди, діти та люди з наявними захворюваннями більш чутливі до впливу забруднення повітря на здоров'я [23]. Крім того, найбільш знедолені люди в суспільстві часто мають погане здоров'я та менший доступ до високоякісної медичної допомоги, що підвищує їхню уразливість.

Є переконливі докази зв'язку існування нижчого соціально-економічного статусу з підвищеним впливом забруднення повітря. У багатьох частинах Європи бідніші люди з більшою ймовірністю живуть поруч із жвавими дорогами або промисловими районами і стикаються з вищим рівнем впливу забруднення повітря.

У той самий час моделі впливу у різних європейських містах різняться. У деяких містах багатші люди живуть у центральних, забруднених районах, тоді як в інших європейських містах центральні райони населені біднішими громадами.

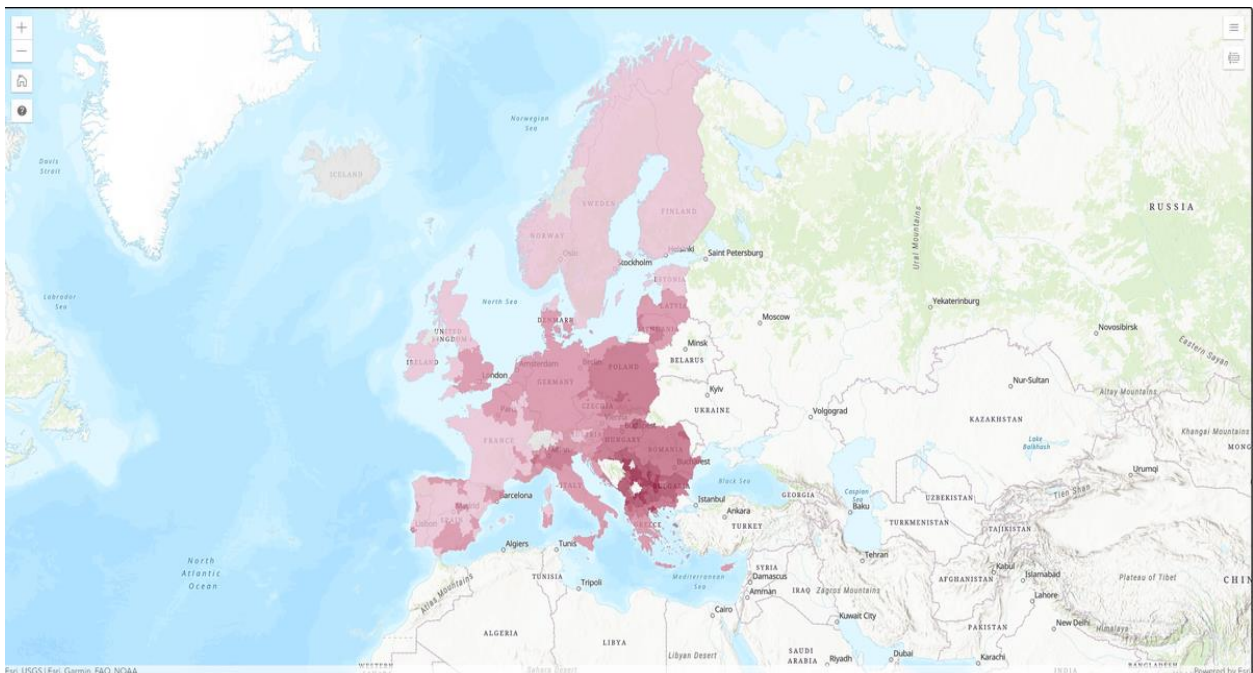
У Європі регіони, що характеризуються нижчим ВВП на душу населення, мають вищі рівні $PM_{2,5}$ і здебільшого така картина характерна для Східної та Південно-Східної Європи. Така тенденція багато в чому обумовлена спалюванням неякісного твердого палива (наприклад, вугілля та деревини) у малоефективних печах для опалення житлових приміщень у цих районах. Більш висока схильність населення до впливу $PM_{2,5}$ в окремих

регіонах призводить до збільшення числа передчасних смертей, пов'язаних із забрудненням повітря.

4.3 Зіставлення смертності, пов'язаної з $PM_{2,5}$, з регіональним багатством Європи

Крім передчасної смерті, забруднення повітря також є причиною захворюваності. Люди живуть із хворобами, пов'язаними з впливом забруднення повітря. Такий стан речей є не тільки тягарем із погляду особистих страждань, а також виникають значні витрати для сектору охорони здоров'я.

У 2019 р. вплив $PM_{2,5}$ призвів до 175 702 років життя показника європейського зразка з інвалідністю (YLD) через хронічну обструктивну хворобу легень у 30 європейських країнах (рисуюнок 4).



Рисуюнок 4 – Інтерактивна карта. Зв'язок між впливом $PM_{2,5}$, смертністю та ВВП на душу населення

Водночас вплив від NO_2 призвів до 175 070 випадків *YLD* через цукровий діабет (також відомий як діабет другого типу) у 31 європейській країні. У тому ж році 12 253 особи з 23 європейських країн були госпіталізовані з інфекціями нижніх дихальних шляхів, що виникли внаслідок гострого впливу озону.

Перегляд і аналіз інтерактивних карток показує просторовий розподіл зважених за чисельністю населення концентрацій $\text{PM}_{2,5}$ (як показник впливу на населення) у всій Європі та пов'язану з такими даними смертність у відповідних регіонах.

Наведений підхід також дає змогу відображати дані про ВВП душу населення як проксі для середніх соціально-економічних характеристик населення у кожному регіоні (дані представлені для регіонів NUTS3, від 150 000 до 800 000 мешканців).

На рисунку 4 наведено інтерактивну карту, де зображений зв'язок між впливом $\text{PM}_{2,5}$, смертністю та ВВП на душу населення.

Дані про ВВП на душу населення надано Євростатом. Передчасна смертність, втрачені роки життя та зважені за чисельністю населення концентрації ґрунтуються на аналізі ЄАНС інтерпольованої річної статистики зареєстрованих даних моніторингу за 2018 р. (див. карту 9.1 у ЄАНС, 2020 р.) та наборі даних сітки населення Geostat за 2011 р.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Босак П. В., Лук'янчук Н. Г., Попович В. В. Чинники впливу залізничного транспорту на екологічну безпеку довкілля. *Екологічні науки*, 2020. № 3 (42.) URL : <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.3-42.34>
- 2 Краснова Ю. Правове регулювання екологічно небезпечної діяльності на транспорті. URL : <http://vuzlib.com/content/view/1171/34/>
- 3 Понікаров В. Д., Єрмоленко О. О. Удосконалення системи інтегрованого моніторингу природного середовища регіонів України. *Науковий журнал «Бізнес Інформ»*, 2014. № 6. С. 193-197.
- 4 Антонюк У. В. Сучасний стан і перспективи забезпечення екологічної безпеки у сфері залізничного транспорту в Україні. URL : <http://www.apdp.in.ua/v64/37.pdf>.
- 5 Забруднення повітря: на скількох підприємствах у 2020 році виявили порушення. URL : <https://www.slovoidilo.ua/2021/04/27/infografika/suspilstvo/zabrudnennya-povitrya-skilkoх-pidpryyemstvax-2020-roczivyyavyly-porushennya>.
- 6 Eschenbacher W., Holian A., Campion R. Air toxics and asthma: impacts and end points. *Environ Health Perspect*, 1995. 103 Suppl 6:209-11.
- 7 Ware J., Thibodeau L., Speizer F., Colome S., Ferris B. Assessment of the health effects of atmospheric sulphur oxides and particulate matter: evidence from observational studies. *Environ Health Perspect*, 1981. 41:255-76.
- 8 Pope C, Kanner R. Acute Effects of PM10 Pollution on Pulmonary Function of Smokers with Mild to Moderate Chronic Obstructive Pulmonary Disease. *Am Rev Respir Dis*, 1993. 147:1336-40.
- 9 Touloumi G., Samoli E., Katsouyanni K. Daily mortality and "winter type" air pollution in Athens, Greece--a time series analysis within the APHEA project. *J Epidemiol Community Health*, 1996. 50 Suppl 1:s47-51.

10 A Committee of the Environmental and Occupational Health Assembly of the American Thoracic Society. Health effects of outdoor air pollution (Part 1). *Am J Respir Crit Care Med*, 1996.153:3-50.

11 Folinsbee L.J. Human Health Effects of Air Pollution. *Environ Health Perspect*, 1992.100:45-56.

12 Williams K., Exposure assessment. COST 613/2 report series on air pollution epidemiology. Report Number 1. Brussels. Commission of the European Communities. *DG XII, EUR 14345 EN*, 1992. 1.

13 Morgenstern H. Ecologic studies in epidemiology: concepts, principles, and methods. *Annu Rev Public Health*, 1995.16:61-81.

14 Sáez M., Pérez Hoyos S., Tobias A., Saurina C., Barceló M., Ballester F. Métodos de series temporales en los estudios epidemiológicos sobre contaminación atmosférica. *Rev Esp Salud Pública*, 1999. 73:133-143.

15 Modélisation des liens à court terme entre la pollution atmosphérique et la santé. Un exemple: SO₂ et mortalité totale, Paris, 1987-1990. *Rev Epidemiol Santé Publ*, 1998. 46:316-28.

16 Goldsmith J., Friger M., Abramson M. Associations between health and air pollution in time-series analyses. *Arch Environ Health*, 1996. 51 (5):359-67.

17 Dockery D., Pope C., Xu X., Spengler J., Ware J., Fay M., Ferris B., Speizer F. An association between air pollution and mortality in six U.S. cities [see comments]. *N Engl J Med*, 1993. 329(24):1753-9.

18 Katsouyanni K., Schwartz J., Spix C., Touloumi G., Zmirou D., Zanobetti A., Wojtyniak B., Vonk J., Tobias A., Ponka A. Short term effects of air pollution on health: a European approach using epidemiologic time series data: the APHEA protocol. *J Epidemiol Commun Health*, 1996. 50 Suppl 1:S12-8.

19 APHEA2. Short-term effects of air pollution on health: a European approach to methodology, dose-response assessment and evaluation of public health significance. Study proposal. 1997.

20 Roemer W., Hoek G., Brunekreef B., Schouten J., Baldini G., Clench-Aas J., Englert N., Fischer P., Forsberg B., Halusszka J. Effect of short-term changes in urban air pollution on the respiratory health of children with chronic respiratory symptoms - The PEACE project: Introduction. *Eur Respir Rev*, 1998. 8(52):4-11.

21 Bates D. Health Indices of the Adverse Effects of air Pollution The Question of Coherence. *Environ Res*, 1992. 59:336-49.

22 WHO, editor. Acute effects on health of smog episodes. WHO Regional Publications European Series n° 43. Copenhagen: WHO, 1992.

23 World Health Organization (WHO), editor. Air quality guidelines for Europe. WHO Regional Publications European Series n° 23. Copenhagen: 1987.

24 WHO, editor. Impact on human health from air pollution in Europe. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe, 1990.

25 Dockery D., Pope C. Acute respiratory effects of particulate air pollution. *Annu Rev Public Health*, 1994. 15:107-32.

26 Moolgavkar S., Luebeck E. A critical review of the evidence on particulate air pollution and mortality. *Epidemiol*, 1996. 7(4):420-8.

27 Hoek G., Forsberg B., Borowska M., Hlawiczka S., Vaskövi V., Welinder H., Branis M., Benes I., Kotesovec F., Hagen L.O. Wintertime PM₁₀ and Black Smoke concentrations across Europe: results from the PEACE study. *Atmospheric Environ*, 1997. 3609-22.

28 Seaton A., MacNee W., Donaldson K., Godden D. Particulate air pollution and acute health effects [see comments]. *Lancet*, 1995. 345(8943):176-8.

29 Peters A., Döring A., Wichmann H., Koenig W. Increased plasma viscosity during an air pollution episode: a link to mortality? *Lancet*, 1997. 349:1582-7.

30 Kaiser J. Showdown over clean air science. *Science*, 1997. 277:466-9.

31 Katsouyanni K., Touloumi G., Spix C., Schwartz J., Balducci F., Medina S., Rossi G., Wojtyniak B., Sunyer J., Bacharova L. Short-term effects of ambient

sulphur dioxide and particulate matter on mortality in 12 European cities: results from time series data from the APHEA project. *Air Pollution and Health: a European Approach. BMJ*, 1997. 314(7095):1658-63.

32 Chestnut L., Schwartz J., Savitz D., Burchfjel C. Pulmonary function and ambient particulate matter: epidemiological evidence from NHANES. *Arch Environ Health*, 1991. (46):135-44.

33 Ackermann-Liebrich U., Leuenberger P., Schwartz J., Schindler C., Monn C., Bolognini G., Bongard J., Brändli O., Domenighetti G., Elsasser S. Lung Function and Long Term Exposure to Air Pollutants in Switzerland. *Am J Respir Crit Care Med*, 1997. 155:122-9.

34 Pope C., Thun M., Namboodiri M., Dockery D., Evans J., Speizer F., Heath C. Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U.S. adults. *Am J Respir Crit Care Med*, 1995. 51(3 Pt 1):669-74.

35 WHO, editor. Air quality guidelines for Europe. WHO Regional Publications European Series n° 23. Copenhagen: WHO; 1987.

36 Anderson H., Spix C., Medina S., Schouten J., Castellsague J., Rossi G., Zmirou D., Touloumi G., Wojtyniak B., Ponka A. Air pollution and daily admissions for chronic obstructive pulmonary disease in 6 European cities: results from the APHEA project. *Eur Respir J*, 1997. 10(5):1064-71.

37 Sunyer J., Spix C, Quénel P., Ponce de Leon A., Barumandzadeh T., Touloumi G., Bacharova L., Wojtyniak B., Vonk J., Bisanti L. Urban air pollution and emergency admissions for asthma in four European cities: the APHEA Project. *Thorax*, 1997. 52:760-5.

38 Touloumi G., Katsouyanni K., Zmirou D., Schwartz J., Spix C., Ponce de Leon A., Tobias A., Quénel P., Rabczenko D., Bacharova L. Short-term Effects of Ambient Oxidant Exposure on Mortality: A Combined Analysis within the APHEA Project. *Am J Epidemiol*, 1997. 146(2):177-85.

39 Burnett R., Dales R., Brook J., Raizenne M., Krewski D.. Association between Ambient Carbon Monoxide Levels and Hospitalizations for Congestive Heart Failure in the Elderly in 10 Canadian Cities. *Epidemiol*, 1996. 8(2):162-7.

40 Schwartz J., Morris R. Air pollution and hospital admissions for cardiovascular disease in Detroit, Michigan. *Am J Epidemiol*, 1995. 142(1):23-35.

41 Morris R., Naumova E., Munasinghe R. Ambient Air Pollution and Hospitalization for Congestive Heart Failure among Elderly People in Seven Large US Cities. *Am J Public Health*, 1995. 85(10):1361-5.

42 Schwartz J. Air Pollution and Hospital Admissions for Cardiovascular Disease in Tucson. *Epidemiol*, 1997. 8(4):371-7.

43 Burnett R., Cakmak S., Brook J., Krewski D. The role of particulate size and chemistry in the association between summertime ambient air pollution and hospitalization for cardiorespiratory diseases. *Environ Health Perspect*, 1997. 105:614-20.

44 Ponka A., Virtanen M. Low-level air pollution and hospital admissions for cardiac and cerebrovascular diseases in Helsinki. *Am J Public Health*, 1996. 86(9):1273-80.

45 Andrews C., Buist S., Chaitman B., Hackney J., Rom W., Samet J., Schenker M., Shy C., Strieder D. Guidelines as to What Constitutes and Adverse Respiratory Health Effect, with Special Reference to Epidemiologic Studies of Air Pollution. *Am Rev Respir Dis*, 1985. 131:666-8.

46 Gong H., Wong R., Sarma R.J., Linn W.S., Sullivan E.D., Shamoo D.A. Cardiovascular effects of ozone exposure in human volunteers. *Am J Respir Crit Care Med*, 1998. 158: 538-46.

47 Как загрязнение воздуха влияет на наше здоровье. URL : <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/air-pollution/eow-it-affects-our-health>.

ДОДАТОК А



Факультет УПП

кафедра ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

ЗВІТ

про виконання лабораторної роботи № ____
екологічного спрямування
дисципліна «ОЕ та ООП»

Студента групи _____

(ПБ)

ХАРКІВ 20__ / __ навч.рр.

(Обсяг звіту – від 3 до 5 сторінок)

1 Дослідження запропонованої ситуації (кейсу).

2 Збір та аналіз недостатньої інформації (використовуються матеріали самостійного пошуку інформації на задану тему, а також матеріали, що надаються викладачем на занятті).

3 Результати обговорення можливих варіантів вирішення проблеми (відбувається на занятті під керівництвом викладача).

4 Пошук найкращого рішення (використовуються матеріали самостійного пошуку інформації на задану тему, обсягом не менше 3 речень).

РОЗВ'ЯЗАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ КРИЗОВОЇ СИТУАЦІЇ
«ВПЛИВ ЗАБРУДНЕНОГО АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ
НА ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ» МЕТОДОМ КЕЙСІВ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для виконання завдань

з дисциплін

*«БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ»,
«ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ» «ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ»,
«ОСНОВИ ЕКОЛОГІЇ ТА ЕРГОНОМІКА»*

Відповідальний за випуск Григор'єва Є. С.

Підписано до друку 24.05.2024 р.
Умовн. друк. арк. 2,75. Тираж . Замовлення № .
Видавець та виготовлювач Український державний університет залізничного
транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха,7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.