

Міністерство освіти та науки України
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні
Запорізького національного університету

К. В. Белоконь

ОЦІНКА ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ

Методичні вказівки до практичних занять
для здобувачів ступеня вищої освіти магістра спеціальності
G2 «Технології захисту навколишнього середовища»
освітньо-професійної програми «Технології захисту навколишнього середовища»

Затверджено
вченою радою ЗНУ
Протокол № 3 від 30.09.2025

Запоріжжя
2025

УДК 502.171 (076)

Б 435

Белоконь К. В. Оцінка впливу на довкілля: методичні вказівки до практичних занять для здобувачів ступеня вищої освіти магістра спеціальності G2 «Технології захисту навколишнього середовища» освітньо-професійної програми «Технології захисту навколишнього середовища». Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2025. 73 с.

У методичних вказівках до практичних занять «Оцінка впливу на довкілля» викладено навчально-методичні матеріали щодо опанування практичного курсу та наведені завдання до самостійної роботи. Методичні вказівки призначені для здобувачів ступеня вищої освіти магістра спеціальності G2 «Технології захисту навколишнього середовища», які навчаються за освітньо-професійною програмою «Технології захисту навколишнього середовища».

Рецензент

Д. В. Прутьков, доктор хімічних наук, старший науковий співробітник, професор кафедри металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

Відповідальний за випуск

Ю. О. Белоконь, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

ЗМІСТ

ВСТУП	4
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №1. РОЗРАХУНОК РОЗСПЮВАННЯ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ «ЕОЛ +»	3 5
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №2. РОЗРАХУНОК ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ ВИКИДАМИ ОДИНОЧНИХ ДЖЕРЕЛ	19
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 3. ВИЗНАЧЕННЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ НЕБЕЗПЕКИ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ВІД КОМПОНЕНТІВ ВИКИДІВ КОМПЛЕКСУ N	32
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 4. СТРУКТУРА ПРОЦЕСУ ОЦІНКИ ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ	65
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 5. ВИЗНАЧЕННЯ ТИПІВ ЕКОЛОГІЧНИХ ВПЛИВІВ	67
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА	69
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	70

ВСТУП

Вивчення дисципліни «Оцінка впливу на довкілля» є необхідним елементом у процесі підготовки здобувачів ступеня вищої освіти магістра зі спеціальності G2 «Технології захисту навколишнього середовища».

Метою вивчення навчальної дисципліни «Оцінка впливу на довкілля» є формування знань про проведення оцінки впливу на довкілля діяльності підприємства, що планується або працюючого підприємства, та виявлення його впливу на навколишнє природне середовище, та здоров'я людей.

Завданням вивчення дисципліни «Оцінка впливу на довкілля» є опанування організаційно-правових основ проведення процедури оцінки впливу на довкілля в Україні; аналіз та прогноз наслідків потенційного впливу техногенних об'єктів та господарської діяльності на довкілля, розробка програм після проєктного моніторингу провадження господарської діяльності.

У результаті вивчення навчальної дисципліни «Оцінка впливу на довкілля» здобувач вищої освіти повинен набути таких результатів навчання (знання, уміння тощо) та компетентностей:

- використовувати сучасні комунікаційні, комп'ютерні технології у природоохоронній сфері, збирати, зберігати, обробляти і аналізувати інформацію про стан навколишнього середовища та виробничої сфери для вирішення завдань професійної діяльності;
- обґрунтовувати рішення направлені на мінімізацію екологічних ризиків господарської діяльності на загальнодержавному, регіональному й локальному рівнях;
- здійснювати аналіз соціо-економіко-екологічного стану підприємств, населених пунктів, районів, областей та розробляти стратегії їх сталого розвитку;
- оцінювати загрози фізичного, хімічного та біологічного забруднення біосфери та його впливу на довкілля і людину, вміти аналізувати зміни, що відбуваються в навколишньому середовищі під впливом природних і техногенних факторів;
- оцінювати вплив промислових об'єктів на навколишнє середовище, наслідки інженерної діяльності на довкілля і пов'язану з цим відповідальність за прийняті рішення, планувати і проводити прикладні дослідження з проблем впливу промислових об'єктів на навколишнє середовище;
- організовувати утилізацію і знезаражування промислових і небезпечних відходів, оцінювати вплив промислових і небезпечних відходів на довкілля;
- використовувати у практичній діяльності знання вітчизняного та міжнародного природоохоронного законодавства.

Вивчення дисципліни «Оцінка впливу на довкілля» базується на знаннях, отриманих з таких навчальних дисциплін: «Технології захисту атмосфери і водних екосистем», «Екологічна та техногенна безпека промислових об'єктів та технологій», «Технології утилізації та управління відходами», а здобуті знання будуть використовуватись у процесі підготовки кваліфікаційної роботи.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №1. РОЗРАХУНОК РОЗСІЮВАННЯ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ З ВИКОРИСТАННЯМ КОМП'ЮТЕРНОЇ ПРОГРАМИ «ЕОЛ +»

Мета заняття – провести розрахунок концентрацій шкідливих речовин в атмосферному повітрі у заданих точках, які утворюються в результаті роботи певного підприємства за допомогою комп'ютерної програми «ЕОЛ +».

Теоретичні відомості

Програма ЕОЛ+5.3.3 призначена для формування широкого кола документів екологічної звітності, таких як: таблиці інвентаризації джерел викидів підприємств, документи з розділу ОВНС проектної документації, а також для проведення розрахунку розсіювання шкідливих речовин. В даній роботі наведені тільки необхідні поля для заповнення.

Запуск програми і вихід з неї запускається подвійним клацанням лівої кнопки миші по іконі (піктограмі) програми «ЕОЛ +». Після запуску програми "ЕОЛ +" на екрані з'являється на час ініціалізації (підготовки до роботи) заставка, яка зберігається кілька секунд. Після ініціалізації нормативно-довідкової інформації заставка зникає, а головне вікно програми розгортається на весь екран.

Для створення нового об'єкта слід вибрати пункт меню «Проект/Новий».

На діалоговому вікні «Новий об'єкт» у списку доступних каталогів вибрати каталог, який буде кореневим для каталогу нового об'єкта. Потім ввести в рядок редагування латинськими літерами ім'я каталогу нового об'єкта та клацнути мишею кнопкою «ОК».

Для відкриття об'єкта необхідно вибрати пункт меню «Прект/Відкрити».

У який з'явився на екрані стандартному діалоговому вікні для відкриття файлу з заголовком «Відкрити об'єкт» необхідно вибрати диск, на якому знаходиться каталог відриваємо об'єкта, а в лівому списку – один з файлів, в яких зберігаються дані Каталог об'єкта містить сім основних файлів бази даних об'єкта:

- CITY.DBF – дані про географічну прив'язку і метеоумовах міста (регіону), де розташоване підприємство;
- PROM_PL.DBF – дані про проммайданчиках;
- SUBSTAN.DBF – характеристики забруднюючих речовин, які викидає підприємство;
- GR_SUMM.DBF – характеристики груп речовин односпрямованої дії;
- FON.DBF – дані про концентраціях забруднюючих речовин, створюваних сторонніми (неприналежні підприємству) джерелами забруднення повітря;
- ISTOCHN.DBF – характеристики джерел викиду;

- SOSTAV.DBF – характеристики викидів (склад, потужність викиду) і її залежність від швидкості вітру і т.п.).

Крім основних в каталозі об'єкта зберігаються допоміжні файли бази даних, службовці для управління розрахунком. Всі вони мають ім'я F_Rx.DBF, де x – номер файлу, виражений однозначним числом. Для відкриття об'єкта досить вибрати будь-який з перерахованих вище файлів. Програма ЕОЛ + перевірить повноту бази даних і при позитивному результаті перевірки на екрані з'являться органи управління базою даних – сітки і навігатор – причому осередки сіток будуть заповнені відповідними даними. У нижній частині екрана над рядком стану з'являться ярлички-закладки для швидкого перемикавання сіток. Стає можливим вносити і змінювати дані, проводити розрахунки, формувати документи і т.д.

У разі, якщо база даних не містить основні файлу CITY.DBF, її автоматичне відновлення і корекція неможливі, і програма ЕОЛ + видає повідомлення про неможливість відкрити об'єкт. Якщо ж цей файл в каталозі об'єкта мається, а інші відсутні, вони будуть створені автоматично. При цьому, природно, доведеться внести заново частина даних.

Дані, необхідні для розрахунку забруднення повітря, зберігаються у файлах бази даних і відображаються органами управління базою даних – сітками. Для зручності користування є кілька сіток, дані в яких згруповані за певними ознаками. Кожен рядок у сітці відповідає запису в базі даних, а кожна колонка сітки відповідає полю запису. Заголовки колонок є фіксованими. Для більш докладного пояснення фізичної сутності величини, що вноситься в клітинку відповідної колонки, служать ярлички підказки, що виводяться поруч із таблицею при клацанні лівою кнопкою миші по відповідній комірці.

Фіксованими також є осередки першої колонки: вони служать для вказівки стану поточного рядка (запису). Якщо поля записі не коректувалися, навпроти відповідного рядка в першій колонці таблиці стоїть знак «>>». Якщо хоча б одне поле поточного рядка коректувалося, у першій колонці стоїть знак «)» («).

Для управління редагуванням сітки служить рядок навігації (рис. 1.1).

Навігатор – це сукупність кнопок, маркованих значками, розташованих на одній лінійці з кнопками-прискорювачами.

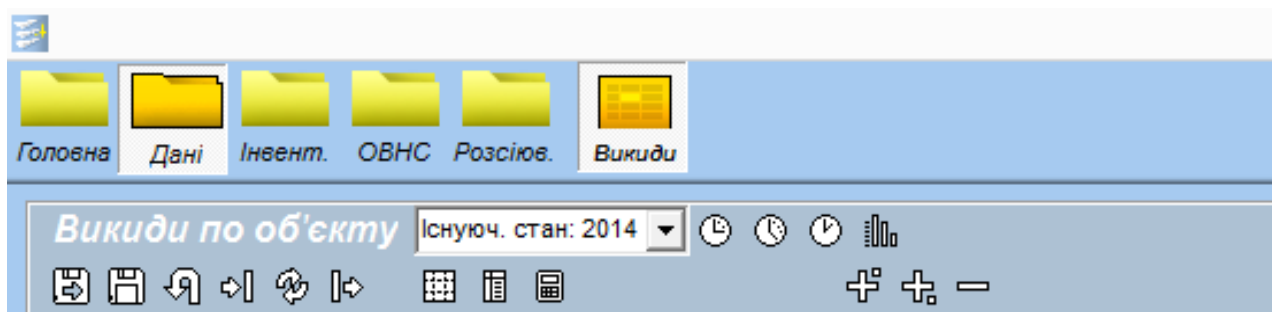


Рисунок 1.1 – Рядок навігації [1]

Рядок навігації містить наступні підрозділи:

1. Головна.

1) Зосереджує команди для управління базою даних речовин об'єкта – відкриття, закриття, збереження, резервного копіювання та ін.

2) Довідка користувача.

3) Класифікатори речовин та виробництв.

2. Дані – редагування даних, які є основою для усієї звітності: джерела викидів та виділення, ГОУ, викиди тощо. (Почати заповнення нового об'єкта рекомендується саме з цього розділу).

3. Інвентаризація – перегляд та редагування даних таблиць інвентаризації.

4. ОВНС – перегляд та редагування даних форм ОВНС.

5. Розсіювання – перегляд та редагування даних, пов'язаних з розрахунком розсіювання.

Кожна кнопка виконує одну функцію над поточним записом бази даних.

До цих функцій відносяться послідовне переміщення з запису на запис, переміщення на перший і останній запис, додавання і видалення запису, збереження і скасування змін, зроблених при редагуванні. Для зручності користування при установці курсора на відповідну кнопку навігатора поряд з ній виводиться ярличок з підказкою про функції, виконуваної цією кнопкою.

Таким чином, процедура внесення та редагування даних у таблицю зводиться, в основному, до створення потрібної кількості рядків за допомогою кнопок навігатора «Додати запис» і «Видалити запис», внесенню даних в осередку кожного рядка і збереженню змін за допомогою кнопки навігатора «Зберегти зміни». Кнопка «Скасувати зміни» потрібна, в основному, при редагуванні наявних записів.

Для переходу від сітки до сітки служать ярлички-закладки з найменуваннями таблиць даних, розташовані в нижній частині головного вікна програми ЕОЛ+.

Якщо передбачено автоматичне редагування поля, то клацнувши двічі відповідній комірці сітки можна викликати відповідне діалогове вікно.

Дані в осередки сітки вносяться в природній формі. Для десяткових чисел роздільником цілої і дробової частин є точка.

Окремої уваги потребує той факт, що деякі таблиці логічно пов'язані один з одним, точніше підпорядковані один одному. Так, наприклад, таблиця промайданчиків підприємств підпорядкована таблиці географічної прив'язки і метеоумов міста, де ці підприємства розташовані. Таблиця характеристик джерел викиду, в свою чергу, підпорядкована таблиці промайданчиків і т.д.

Зв'язок між таблицями встановлюється по деякому полю, званому ключовим, або за сукупністю таких полів. Так, наприклад, таблиця промайданчиків пов'язана з таблицею географічної прив'язки по полю «Код міста», таблиця характеристик джерел викиду пов'язана з таблицею промайданчиків по полях «Код міста» і «Код промайданчика» і т.д. Звідси

очевидно, що правильне заповнення сіток можливе лише за наявності унікальних значень ключових полів.

Програма ЕОЛ + сама генерує унікальні значення ключових полів за замовчуванням. Однак при наявності будь-якої системи кодування населених пунктів і промислових підприємств коди, згенеровані за замовчуванням, доводиться змінювати. У цьому випадку необхідно стежити за дотриманням унікальності кодів міст, промайданчиків і джерел викиду. Настійно рекомендується заповнювати таблиці послідовно, тобто спочатку таблицю географічної прив'язки, потім таблицю промайданчиків, джерел і т.д.

Послідовність заповнення сіток вказують ярлички в нижній частині екрана.

Виняток становлять таблиця характеристик забруднюючих речовин і таблиця груп речовин односпрямованої дії (груп сумації) – їх можна заповнювати в будь-якій послідовності, тому що дані цих таблиць є нормативно-довідковими. Таблиця фонових концентрацій логічно підпорядкована тільки таблиці географічної прив'язки і метеоумов, так що її можна заповнювати відразу ж після зазначеної таблиці. Рекомендується заповнювати таблицю речовин до заповнення таблиці характеристик викиду джерел, тому що при цьому деякі поля останньої можна заповнити автоматично.

У багатьох розділах під рядком навігації доступні іконки операцій над даними (їх склад може змінюватись залежно від розділу): збереження до баз даних (БД), перезавантаження даних з БД, формування вихідного документу для друку, копіювання, вирізання, вставка фрагментів (в т.ч. і з документів MS Office), додавання рядка перед поточним, додавання рядка після поточного, видалення рядка, пошук та ін.

Класифікатори речовин та виробництв (рис. 1.2) доступні як для перегляду, так і для редагування (окрім розділів зведених переліків). Кожен класифікатор має кілька підрозділів. Доступна функція пошуку по зведеному переліку речовин.

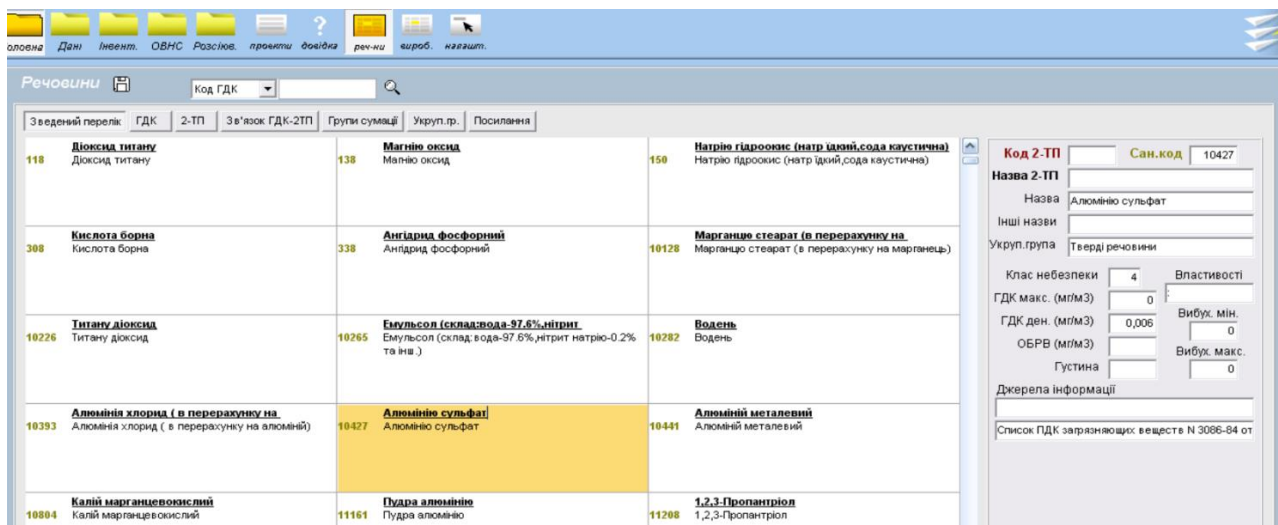


Рисунок 1.2 – Класифікатори [1]

Підрозділ «Викиди» розділу «Дані» (рис. 1.3) містить таблиці та поля, необхідні для заповнення загальних даних по об'єкту, які можуть бути використані при автоматичному формуванні усіх інших таблиць звітності.

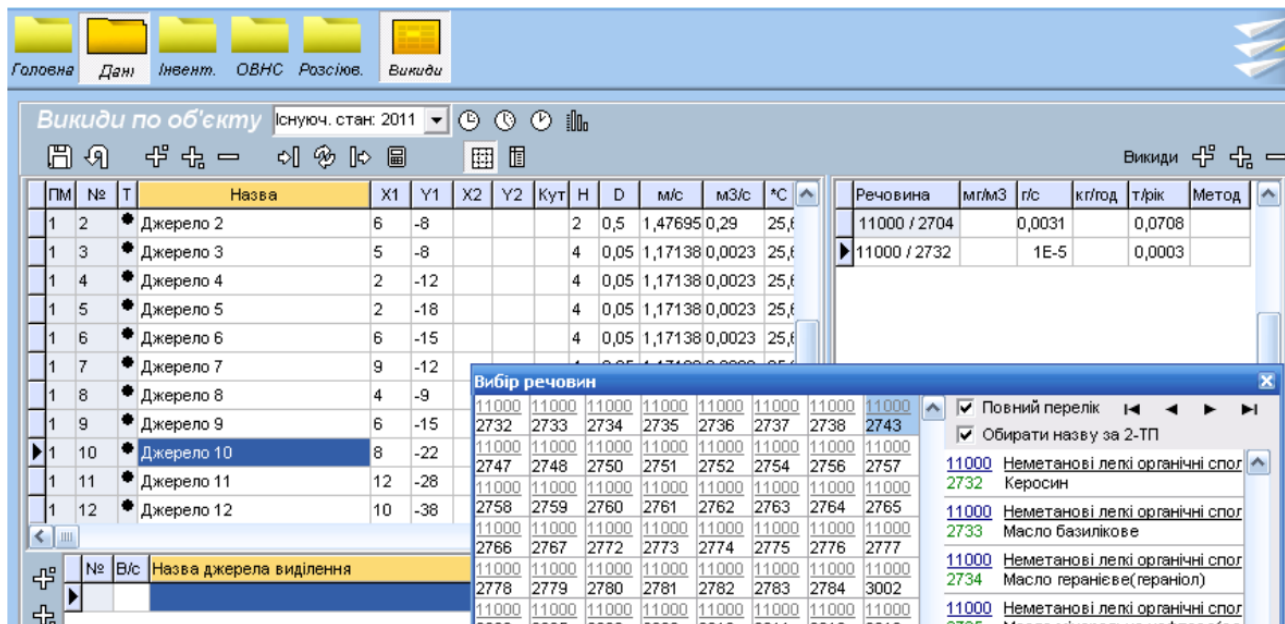


Рисунок 1.3 – Підрозділ «Викиди» розділу «Дані» [1]

Такі дані включають:

- параметри джерел викидів;
- параметри джерел виділення;
- параметри ГОУ;
- склад викидів від джерел викидів;
- склад викидів від джерел виділення;
- ефективність очищення ГОУ;
- перелік проммайданчиків;
- перелік виробництв;
- перелік речовин.

Ці дані зведені у 6 таблиць, згрупованих у 2 колонки, причому таблиця джерел викидів (ліва верхня) є головною, а інші – представляють лише дані, пов'язані з вибраним джерелом викиду з головної таблиці. Права колонка таблиць по складу викидів, відповідно, надає лише ті дані, які відповідають обраним записам у лівій колонці таблиць (тобто, викиди лише по обраним джерелам та ГОУ). Відповідно, заповнення слід починати із головної таблиці, періодично зберігаючи зміни (або запозичити дані з існуючої бази ЕКО). При подвійному кліканні мишею по полях коду речовин та виробництв відкриється віконце вибору. Внесення змін у переліки речовин чи виробництв після збереження відобразяться у інших табличках. Після заповнення дані можна експортувати у

таблиці решти розділів. Також для візуалізації наявна міні-карта з розміщенням джерел. Вона може бути використана і для вибору джерел.

Порядок заповнення розділу «Викиди»:

1. Заповнення слід починати з таблиці джерел викидів.
2. Можна одразу ввести всі джерела, однак це не є обов'язковою умовою заповнення: допускається заповнювати послідовно по 1 джерелу викидів і тут же вводити дані по викидам, джерелам виділення, ГОУ тощо.

3. Після заповнення рядка по джерелу викиду слід перейти до заповнення викидів по джерелу або переліку джерел виділення, або переліку ГОУ для активного джерела викиду.

4. Заповнення складу викидів для таблиць джерел виділення та ГОУ слід проводити після введення хоча б 1 рядка у таблиці джерел виділення та ГОУ відповідно. Тобто не можна заповнювати склад викидів, якщо ліва табличка (джерела викидів, виділення, ГОУ) порожня.

5. При порушенні порядку заповнення можлива відмова програми у збереженні даних, сформульована у вигляді «Одне з полів містить посилання на елемент з іншої таблиці, якого немає в базі».

6. Для зручності введення необов'язково при заповненні 6 головних таблиць розділу постійно натискати кнопку «Зберегти»: програма зберігає дані автоматично при переході між джерелами, ГОУ тощо, або при додаванні нових записів по викидам. Проте рекомендується періодично перевіряти самостійно, чи збереглись уведені дані.

7. Редагування переліків проммайданчиків, виробництв, речовин впливає на усі дані одразу (лише після натискання «Зберегти», перед цим є можливість відмінити зміни кнопкою «Перезавантажити»). Видалення даних з переліків призведе до видалення з бази усіх записів, пов'язаних з видаленим елементом.

Наприклад, видалення усіх проммайданчиків повністю видалить усі відомості щодо джерел, ГОУ, їх викидів тощо.

Сітка характеристик джерел викиду для новоствореного об'єкта містить один рядок. Кількість рядків сітки дорівнює кількості джерел викиду, що знаходяться на відповідній проммайданчику. Необхідна кількість рядків створюється за допомогою кнопок навігатора «Додати запис» і «Видалити запис».

Кожен рядок заповнюється наступним чином: У осередок «Код джерела» вноситься код джерела, що є ключовим для таблиці характеристик викиду.

Необхідно вибрати потрібну модель, клацнувши по відповідній кнопці. Якщо обрана модель площинного джерела, необхідно також ввести значення кута повороту джерела. За умовчанням це значення дорівнює 0. Після вибору моделі слід клацнути по кнопці ОК – код моделі буде переданий в клітинку.

Залежно від моделі джерела інші комірки заповнюються по-різному. Дані в одній і тій же комірці можуть мати різний фізичний зміст. Заповнення осередків у цій таблиці виглядає так: осередки «Х початку» і «У початку» для точкових і

площинних джерел повинні містити координати центру симетрії. Для лінійних джерел ці осередки повинні містити координати початку лінійного джерела.

Осередки «Х кінця» і «У кінця» для точкового джерела з круглим гирлом ігноруються і можуть містити будь-яке значення або бути порожніми. Для точкового джерела з прямокутним гирлом ці осередки повинні містити довжину і ширину гирла, відповідно. Для площинного джерела в цих осередках проставляється довжина і ширина джерела, відповідно.

Осередок «Висота джерела» для всіх типів джерел містить значення висоти джерела.

Осередок «Діаметр/Швидкість» для точкових джерел з круглим гирлом і площинних джерел, що містять сукупність точкових, містить значення діаметра гирла. Для точкових джерел з прямокутним гирлом цей осередок ігнорується.

Для лінійних джерел в цьому осередку повинно бути значення швидкості виходу пилогазоповітряної суміші (ПГВС). Для площинних джерел типу ставка-відстійника при будь-якій залежності потужності викиду від швидкості вітру ця комірка повинна містити нульове значення або бути порожньою.

Осередок «Об'єм ПГВС» для точкових джерел, лінійних джерел і площинних джерел, що містять сукупність точкових, містить значення витрати пилогазоповітряної суміші. Для площинних джерел типу ставка-відстійника при будь-якій залежності потужності викиду від швидкості вітру ця комірка повинна містити нульове значення або бути порожньою.

Осередок «Температура ПГВС» для всіх типів джерел містить значення температури викидається ПГВС.

Після заповнення або редагування рядка слід зберегти зміни клацанням по кнопці навігатора «Зберегти зміни».

Сітка таблиці складу і характеристик викиду для новоствореного об'єкта містить один рядок. Кількість рядків у сітці дорівнює кількості речовин, що викидаються джерелом. Потрібна кількість рядків створюється за допомогою кнопок навігатора «Додати запис» і «Видалити запис». Кожен рядок заповнюється наступним чином.

У осередок «Код речовини» вводиться код речовини, що викидається джерелом. Цей осередок може заповнюватися та редагуватися автоматично шляхом подвійного клацання лівою кнопкою миші (так само, як заповнюється аналогічна осередок в таблиці фонових концентрацій). При автоматичному заповненні цього осередку одночасно заповнюється осередок «Коефіцієнт упорядкованого осідання».

Після заповнення рядка таблиці слід клацнути по кнопці навігатора «Зберегти зміни».

Дані розділів вихідних документів (інвентаризація, ОВНС, розсіювання) заносяться у таблиці. Таблиця має рядок кнопок керування для додавання-видалення рядків, друку, збереження, пошуку та ін. Копіювання та вставка допускається як між таблицями програми, так і з документів MSWord, Excel.

Обов'язково необхідно зберегти дані перед переходом на іншу таблицю. Ряд клітинок при подвійному клацанні мишею пропонує вікно вибору (речовин, джерел викиду, виробництв, груп сумачій). Ряд клітинок містить дані у нестандартному форматі виду «Код.Назва» (виробництво, матеріали тощо) або «Код-Код» (речовини) або «число-число» (викиди). При ручному вводі даних окремі компоненти цих даних розділяйте пробілами або іншими роздільниками. Після збереження вони набудуть остаточного вигляду.

Після експорту даних з розділу «Дані» більшість таблиць решти розділів вже будуть заповнені. Слід перевірити правильність заповнення, дозаповнити порожні поля та сформувані версії вихідних документів для друку. Якщо ж заповнювати ці таблиці «з нуля», то у розпорядженні користувача є можливість копіювати/вставляти фрагменти таблиць (аж до вставки з готових документів Word / Excel), обирати джерела чи речовини подвійним кліканням миші. Перед переходом до іншого підрозділу слід обов'язково зберігати зміни. При збережених змінах курсор, який позначає активну клітинку таблиці, є блакитним. При наявності незбережених змін він стає зеленим. Слід також наголосити, що дані у таблицях одного розділу часто взаємопов'язані: зміна назв речовини, джерела тощо відбудеться одразу у всіх таблицях.

В таблиці «Параметри джерел викиду» (рис. 1.4) вносяться данні про джерела викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище.

ЕОЛ+ [Зернопереробка D:\Вознюк]

Головна Дані Інвент. ОБНС Розсіюв. типуп дж.викид. дж.вид. ГОВ питом.

Інвентаризація

Характеристика джерел викиду

№ джер. викиду	Найменування джерела	Висота джер., м	Діаметр джер., м	Координати джерела				Параметри ПГПС				Речовина		Вихідні дані для визначення величини викиду			Визначена потужність викидів т/рік	Методика визначення показників
				точка вого/ поч. ліній. центр сим.		кінця ліній. шир. і дов. площі дного		Кут обер. пл. дж. від ОХ град	Об'єм м³/с	Швидкість м/с	Температура С	Код	Найменування	Факт. т/с	Проект. т/с	Розрах. т/с		
				X	Y	X	Y								т/рік	т/рік	т/рік	
1	Труба	57	0,46	864	966				1,4	8,43	20	03000 ----- 10417	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (мікро-частинки та волокна)	0,0049	0,0049	0,0049	0,0049	
2	Труба	57	0,46	862	964				1,1	6,62	20	03000 ----- 10417	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (мікро-частинки та волокна)	0,00396	0,00396	0,00396	0,00396	
3	Труба	57	0,49	866	965				0,95	5,04	20	03000 ----- 10417	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (мікро-частинки та волокна)	0,0035	0,0035	0,0035	0,0035	
4	Труба	45	0,46	865	960				0,87	5,24	20	03000 ----- 10417	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (мікро-частинки та волокна)	0,0157	0,0157	0,0157	0,0157	
5	Труба	45	0,46	868	958				0,9	5,42	20	03000 ----- 10417	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (мікро-частинки та волокна)	0,0255	0,0255	0,0255	0,0255	
6	Труба	45	0,46	867	956				0,86	5,18	20	03000 ----- 10417	Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	0,0181	0,0181	0,0181	0,0181	

Рисунок 1.4 – Таблиці «Параметри джерел викиду» [1]

В розділ даних ОВНС вносяться метеорологічні характеристики і коефіцієнти джерела викиду (рис. 1.5). Осередок «Коефіцієнт рельєфу» для всіх типів джерел повинна містити значення коефіцієнта рельєфу. Заповнення цього осередку обов'язково, нульове значення неприпустимо. Цей осередок може заповнюватися або редагуватися автоматично. Для цього необхідно двічі клацнути по ній лівою кнопкою миші. З'явиться діалогове вікно «Клас небезпеки», що містить радіо-групу кнопок. Слід клацанням по відповідній кнопці вибрати потрібний клас небезпеки і клацнути по кнопці ОК – обраний код буде переданий в клітинку. Осередок «Максимальні концентрації» визначає кількість точок найбільших концентрацій, що приводяться в вихідних документах. За умовчанням це значення дорівнює 10.

The screenshot shows a software window titled 'ОВНС, повітря' with a toolbar at the top containing icons for 'Головна', 'Дані', 'Інвент.', 'ОВНС', 'Розсіюв.', 'заб.реч.', 'дж.вик.', 'викид.', 'зап.', 'ГОУ', 'метео', '0.1 ГДК', 'заходи', 'нормат.', 'дозвол.', 'план кон.', 'конц.', 'доц.розр.', and 'доц.конт.'. The main area is titled 'Метеорологічні характеристики і коефіцієнти' and contains the following data:

Середньорічна роза вітрів, %				Метеорологічні характеристики і коефіцієнти	
ПнЗх	15,4	ПнСх		Коеф. стратифікації	200
	11,4	Пн	16,1	Коеф. рельєфу	1
11,5	Зх		Сх	15,2	
	10,3	Пд	10,3	Сер. темп. найжарк. місяця, С	27,2
ПдЗх	9,8	ПдСх		Сер. темп. найхолод. місяця, С	-5

Рисунок 1.5 – Розділ даних ОВНС [1]

В розділ даних Розсіювання (рис. 1.6) заповнюємо таблиці «Опис метеорологічних умов та географічна прив'язка», «Параметри розрахункових майданчиків» (для отримання карт) і таблицю «Завдання на розрахунок». Для автоматичного заповнення осередку «Код речовини» необхідно двічі клацнути по ній лівою кнопкою миші. З'явиться діалогове вікно «Речовини», що містить список речовин і рядок редагування для організації пошуку. Список містить тільки найменування речовин, що увійшли в таблицю «Перелік речовин». Якщо цей список невеликий, то можна просто відзначити в ньому необхідну речовину і клацнути по кнопці ОК. Якщо список, навпроти, обширний, то для швидкого пошуку слід ввести в рядок редагування найменування необхідної речовини і натиснути на клавішу ENTER. Після клацання по кнопці ОК код речовини буде переданий в клітинку сітки. Ті ж дії слід зробити для автоматичного редагування комірки.

Для автоматичного заповнення або редагування осередку «Варіант завдання фону» необхідно двічі клацнути по ній лівою кнопкою миші. При цьому з'являється діалогове вікно «Варіант завдання фону». За допомогою радіо-групи

кнопок слід вибрати варіант завдання фону і клацнути по кнопці ОК. Код варіанта завдання фону буде занесений у відповідну комірку.

ЕОЛ+ [Зернопереробка D:\Вознюк]

Головна Дані Інвент. ОВНС Розсіюв. метео пр.майд. дж.вик. забр.реч. викид. гр.сум. фон пр.м.(р) реч.(р) сум.(р) р.майд. завдан

Розрахунок розсіювання

Опис метеорологічних умов та географічна пр

Код міста	Найменування міста	Середня темп. повітря найспек. місяця, град.С	темп. повітря найхолод. місяця, град.С	Гранична швид. вітру, м/с	Регіональний коеф. страт. атмосфери	Кут між північним напрямком і віссю ОХ, град	Площа міста, кв. км	Рівень конц. в точці, що вимагається (у долях ГДК)
30	Дніпровське	27,2	-5	10	200			0,4

ЕОЛ+ [Зернопереробка D:\Вознюк]

Головна Дані Інвент. ОВНС Розсіюв. метео пр.майд. дж.вик. забр.реч. викид. гр.сум. фон пр.м.(р) реч.(р) сум.(р) р.майд. завдан

Завдання на розрахунок

Параметри розрахункових майданчиків

№ п/п	Коорд-ти ц.симетрії		Довжина, м	Ширина, м	Крок сітки		Кут повороту відн. осі ОХ загальної с-ми к-т, град.	Ознака зони
	X, м	Y, м			вісь ОХ,м	вісь ОУ,м		
2	0	0	3100	3100	100	100		0

ЕОЛ+ [Зернопереробка D:\Вознюк]

Головна Дані Інвент. ОВНС Розсіюв. метео пр.майд. дж.вик. забр.реч. викид. гр.сум. фон пр.м.(р) реч.(р) сум.(р) р.майд. завдан

Завдання на розрахунок

Завдання на розрахунок

Код міста	Швидкість вітру в м/с					Швидкість вітру в долях (U тс)					Крок перебору небезпечних напрямків вітру	Фікс. напр. вітру	К-сть найб. вклад.	Число макс конц-й	Ознака обчис. фону
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5					
30. Дніпро вське	10					0,5	1	1,5			10		5	10	1

Рисунок1.6 – Розділ даних «Розсіювання» [1]

Після заповнення осередків рядка слід клацнути по кнопці навігатора «Зберегти зміни».

Для задання розрахункового майданчика і розрахункової сітки необхідно задати координати центру симетрії розрахункової площадки, її довжину і ширину, крок розрахункової сітки по обох координатах і кут повороту розрахункової площадки, якщо її боку не паралельні осях основної системи координат.

Ці величини вводяться в комірки сітки, аналогічної сіткам вхідних даних і умов розрахунку. Для заповнення та редагування цієї сітки необхідно вибрати клацнути по ярличку «Розрахункові майданчика». Для новоствореного об'єкта сітка розрахункових майданчиків має один рядок. Необхідно створити рядки по числу розрахункових майданчиків за допомогою кнопок навігатора «Додати запис» і «Видалити запис» та заповнити комірки сітки. Усі клітинки підлягають обов'язковому заповненню. Осередок «Код майданчика» містить не нульовий код розрахункової площадки. Він використовується при перегляді результатів розрахунку та формуванні вихідних документів, тому повинен бути унікальним. Код розрахункової майданчики також не повинен бути рівним нулю, тому окремо задані розрахункові точки умовно об'єднуються в нульову розрахункову майданчик.

Довжина і ширина розрахункового майданчики можуть бути рівні нулю, при цьому розраховується концентрація в одній точці, що збігається з центром розрахункової площадки. Такий спосіб завдання окремих розрахункових точок був прийнятий у версіях програми ЕОЛ для ДОС і збережений в програмі ЕОЛ + для сумісності.

Крок розрахункової сітки по осях Х і Y повинен бути не нульовим.

Зазвичай крок по обох осях приймається однаковим і визначається залежно від класу небезпеки джерел, проте можливе введення різного кроку по осях Х і Y.

Рекомендується вибирати крок розрахункової сітки так, щоб сторона розрахункової площадки розбивалася не менше, ніж на 10 частин, в іншому випадку точність розрахунку буде недостатня.

Після заповнення рядка таблиці слід клацнути по кнопці навігатора «Зберегти зміни».

Після занесення всіх необхідних даних можна провести розрахунок розсіювання. Для цього потрібно в розділі «Розсіювання» перейти у підпункт «Старт» (рис. 1.7). При цьому після контролю даних з'являється діалогове вікно модуля основного розрахунку з індикатором, що відображає динаміку розрахунку. Вийшовши з цього вікна, можна приступити до формування графічного представлення результатів розрахунку (карт забруднення розрахункових майданчиків тими чи іншими забруднюючими речовинами та групами сумарії) і загального звіту (вихідних документів).

На вікні, наведеному на рис. 1.8, потрібно натиснути кнопку «Почати розрахунок». Перед натисненням можна перевірити та скоригувати налаштування алгоритму розрахунку.

Під час роботи бажано не переривати роботу розрахунку розсіювання. Після цього буде створено всі необхідні таблиці та карти розсіювання. Зазначені документи і карти формуються генератором звітів програми ЕОЛ +. Після закінчення розрахунків користувачеві будуть доступні таблиці з вихідними параметрами джерел викиду, таблиця, яка відображає десять максимальних концентрацій забруднюючих речовин, таблиця з концентраціями в розрахункових

точках та карта розсіювання шкідливих речовин на яких відображені ізолінії та санітарно-захисна зона.

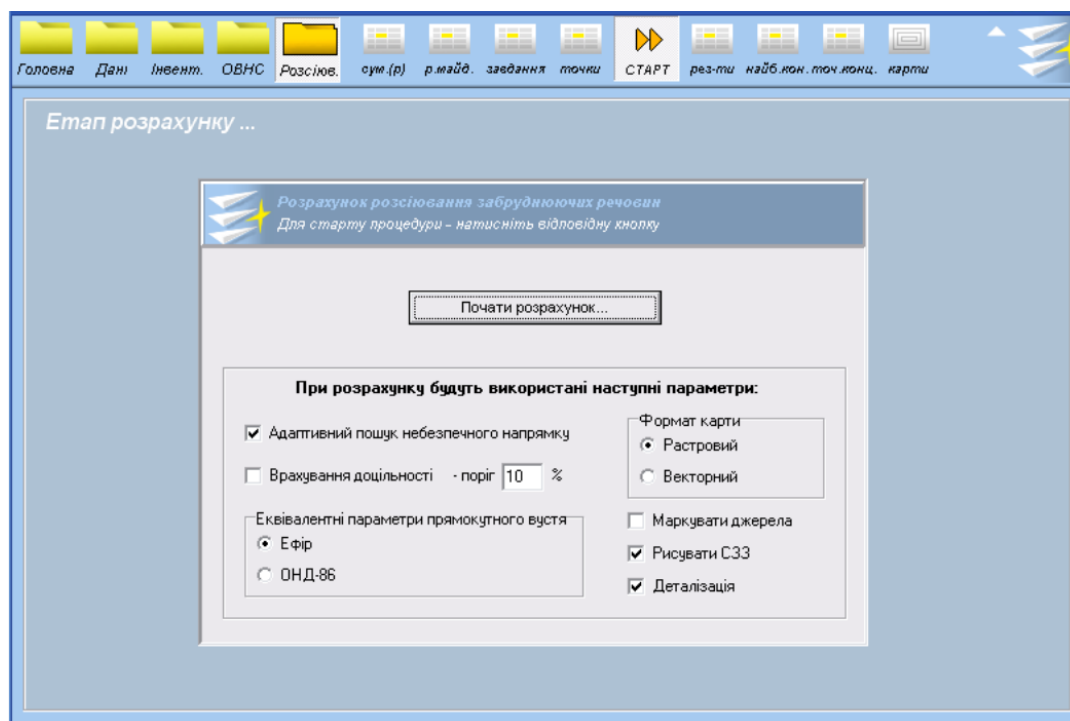


Рисунок 1.7 – Розділ «Розсіювання» підпункт «Старт» [1]

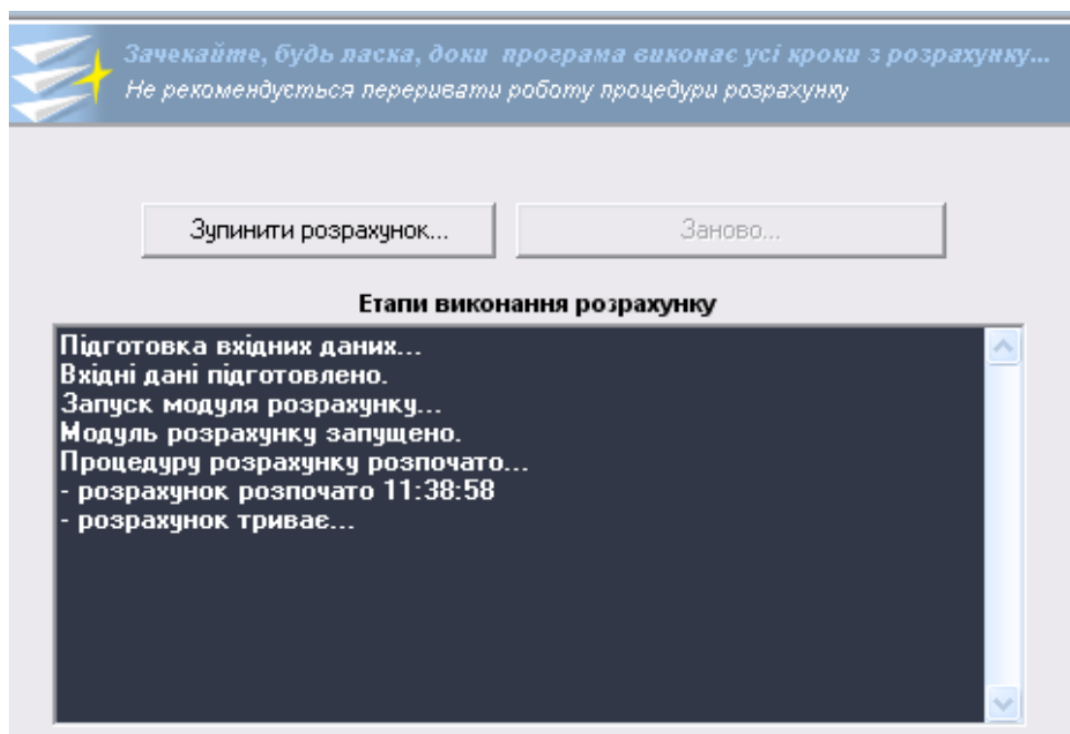


Рисунок 1.8 – Початок розрахунку [1]

Результати виконання робіт в «ЕОЛ+». Результатом розрахунку є таблиця з розрахунками максимальних концентрацій в мг/м^3 та долях ГДК у точках з кроком 50 м, координати яких зазначені в таблиці, напрям та швидкість вітру, а також внесок у відсотках інших джерел забруднення.

В результаті розрахунку отримана карта розсіювання шкідливої речовини (рис. 1.9) з відповідними ізолініями, колір кожної ізолінії відповідає певній концентрації. Зеленим кольором зазначені межі санітарно-захисної зони.

Червоними прапорцями зазначені розрахункові точки, які користувач може встановлювати довільно, числа над ними означають концентрацію в долях ГДК, яка досягається в певній точці спостереження.

Таблиця з концентраціями в заданих точках, яка формується програмою після завершення розрахунку містить в собі координати заданих точок, концентрації в долях ГДК та мг/м^3 , напрям та швидкість вітру, а також внесок у відсотках інших джерел забруднення.

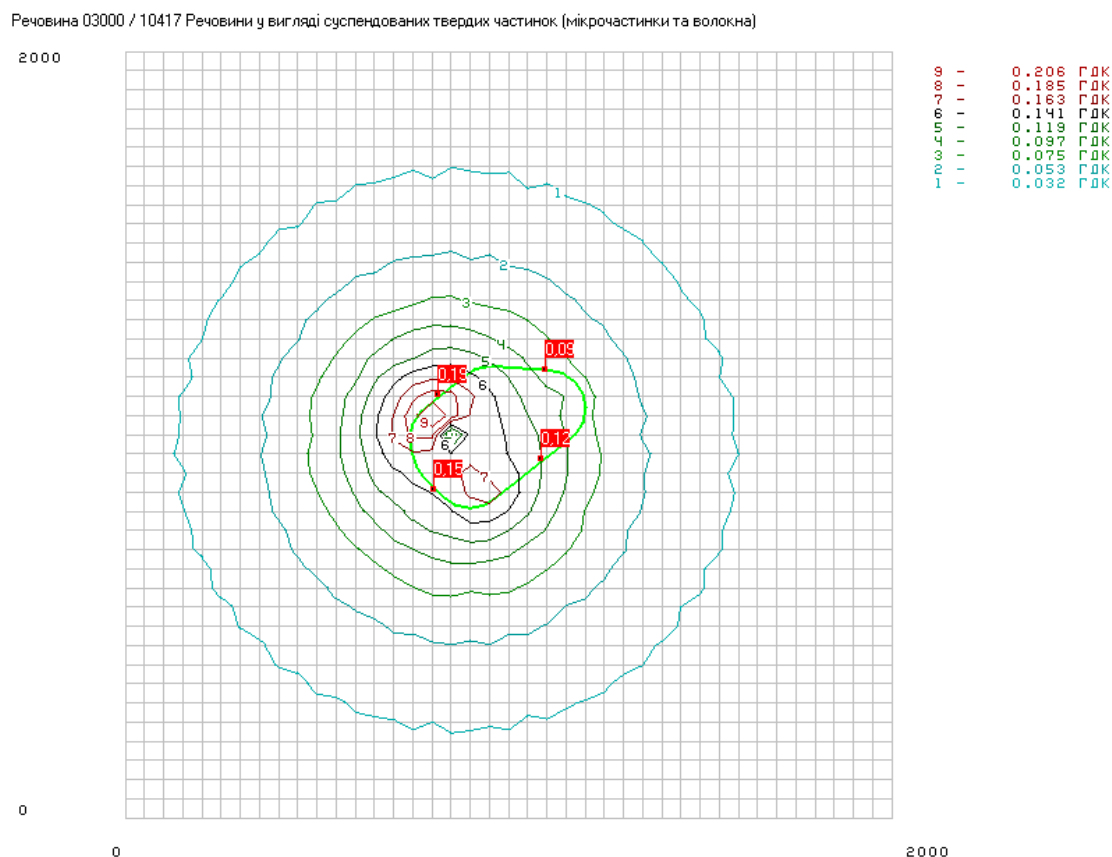


Рисунок 1.9 – Карта розсіювання [1]

В таблиці з максимальними концентраціями у десяти точках відображаються максимальні концентрації в долях ГДК та мг/м^3 , які досягаються в певних точках (координати цих точок зазначені в таблиці), напрям та швидкість вітру, а також внесок у відсотках інших джерел забруднення.

Завдання

Провести розрахунок концентрацій шкідливих речовин в атмосферному повітрі у заданих точках, які утворюються в результаті роботи певного підприємства, за допомогою комп'ютерної програми «ЕОЛ +». Завдання наведено у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Завдання до практичного заняття № 1

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Майданчик	Дніпропетросталь									
Цех	СПЦ-1						СПЦ-3			
Ділянка	Піч	Піч	Піч	Піч	Піч	Піч	Піч			
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№1	№2	№3	№4
№ джерела	22	23	24	25	26	27	31	32	33	34
Витрата газу, тис. м ³ /годину	60	58	55	61	57	62	220	200	210	215
Тем-ра, °С	65	70	75	60	65	60	80	85	70	90
Висота джерела, м	70	70	70	70	70	70	80	80	80	80
Діаметр гирла, м	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8	2,2	2,2	2,2	2,2
Вміст пилу, г/м ³	0,08	0,085	0,08	0,07	0,09	0,06	0,03	0,04	0,03	0,05
Вміст СО, г/м ³	0,02	0,05	0,04	0,03	0,02	0,03	0,04	0,05	0,03	0,05
Вміст SO ₂ , г/м ³	300	320	310	290	280	300	250	240	220	250
Вміст NO _x , г/м ³	150	200	180	150	200	170	120	150	170	160

Питання для самоконтролю

1. Для чого призначена програма ЕОЛ+5.3.3?
2. Які основні функції програми ЕОЛ+5.3.3?
3. Які дані включає Підрозділ «Викиди» у розділу «Дані»?
4. Назвіть порядок заповнення розділу «Викиди».
5. Як представлені результати розрунку у програмі ЕОЛ+5.3.3?

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ №2. РОЗРАХУНОК ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ ВИКИДАМИ ОДИНОЧНИХ ДЖЕРЕЛ

Мета заняття – провести розрахунок концентрацій шкідливих речовин в атмосферному повітрі у заданих точках, які утворюються в результаті роботи певного підприємства, за допомогою ручного методу розрахунку (ОНД-86).

Теоретичні відомості

Максимальне значення приземної концентрації шкідливої речовини c_m (мг/м³) при викиді газоповітряної суміші з одиночного точкового джерела з круглим устям досягається при несприятливих метеорологічних умовах на відстані км (м) від джерела і визначається за формулою:

$$c_m = \frac{AMF_{mn\eta}}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}, \quad (2.1)$$

де A – коефіцієнт, що залежить від температурної стратифікації атмосфери;

M – маса шкідливої речовини, що викидається в атмосферу в одиницю часу, г/с;

F – безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин в атмосферному повітрі;

m і n – коефіцієнти, враховують умови виходу газоповітряної суміші з гирла джерела викиду;

H – висота джерела викиду над рівнем землі (для наземних джерел при розрахунках приймається $H = 2$ м), м;

η – безрозмірний коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу місцевості, у разі рівної або слабопересіченої місцевості з перепадом висот, що не перевищує 50 м на 1 км, $\eta = 1$;

ΔT – різниця між температурою газоповітряної суміші T_e , що викидається, і температурою навколишнього атмосферного повітря T_a , °С;

V_1 – витрата газоповітряної суміші, м³/с, що визначається за формулою:

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} \omega_0, \quad (2.2)$$

де D – діаметр гирла джерела викиду, м;

ω_0 – середня швидкість виходу газоповітряної суміші з гирла джерела викиду, м/с.

Значення коефіцієнта A , відповідне несприятливим метеорологічним умовам, при яких концентрація шкідливих речовин в атмосферному повітрі максимальна, приймається рівним:

а) 250 – для районів Середньої Азії південніше 40° п.ш., Бурятської АРСР і Читинській області;

б) 200 – для Європейської території СРСР: для районів РРФСР південніше 50° п.ш., для решти районів Нижнього Поволжя, Кавказу, Молдови; для Азіатської території СРСР: для Казахстану, Далекого Сходу і решти території Сибіру і Середньої Азії;

в) 180 – для Європейської території СРСР і Уралу від 50 до 52° п.ш. за винятком перерахованих вище районів та України, що потрапляють в цю зону;

г) 160 – для Європейської території СРСР і Уралу північніше 52° п.ш. (за винятком Центру ЄТС), а також для України (для розташованих на Україні джерел висотою менше 200 м у зоні від 50 до 52° п.ш. – 180, а південніше 50° п.ш. – 200).

Значення потужності викиду M (г/с) і витрати газоповітряної суміші V_1 (м³/с) при проектуванні підприємств визначаються розрахунком у технологічній частині проекту або приймаються відповідно до діючих для даного виробництва (процесу) нормативами. У розрахунку приймаються поєднання M і V_1 , що реально мають місце протягом року при встановлених (звичайних) умовах експлуатації підприємства, при яких досягається максимальне значення c_m .

Значення M слід відносити до 20-30-хвилинному періоду усереднення, у тому числі й у випадках, коли тривалість викиду менше 20 хв.

При визначенні значення ΔT ($^\circ\text{C}$) слід приймати температуру навколишнього атмосферного повітря T_e ($^\circ\text{C}$), що дорівнює середній максимальній температурі зовнішнього повітря найбільш жаркого місяця року за СНіП 2.01.01-82, а температуру газоповітряної суміші T_z ($^\circ\text{C}$), що викидається в атмосферу, – за діючими для даного виробництва технологічними нормативами.

Для котелень, які працюють за опалювальним графіком, допускається при розрахунках приймати значення T_e рівними середнім температур зовнішнього повітря за найхолодніший місяць по СНіП 2.01.01-82.

Значення безрозмірного коефіцієнта F приймається:

а) для газоподібних шкідливих речовин і дрібнодисперсних аерозолів (пилу, золи і т.п., швидкість упорядкованого осідання яких практично дорівнює нулю) – 1;

б) для дрібнодисперсних аерозолів при середньому експлуатаційному коефіцієнті очищення викидів не менше 90% – 2; від 75 до 90% – 2,5; менше 75% і при відсутності очистки – 3.

При наявності даних про розподіл на викиді частинок аерозолів за розмірами визначаються діаметр d_g , так що маса всіх часток діаметром більше d_g становить 5% загальної маси частинок, і відповідна d_g швидкість осідання v_g (м/с). Значення коефіцієнта F встановлюється в залежності від безрозмірного відношення v_g/u_m , де u_m – небезпечна швидкість вітру. При цьому $F = 1$ у разі v_g/u_m

$\leq 0,015$ і $F = 1,5$ у разі $0,015 < v_g/u_m \leq 0,030$.

Незалежно від ефективності очищення значення коефіцієнта F приймається рівним 3 при розрахунках концентрації пилу в атмосферному повітрі для виробництв, в яких вмісту водяної пари у викидах достатньо для того, щоб протягом усього року спостерігалася його інтенсивна конденсація відразу ж після виходу в атмосферу, а також коагуляція вологих пилових частинок (наприклад, при виробництві глинозему мокрим способом).

Значення коефіцієнтів m і n визначаються залежно від параметрів f , v_m , v'_m , f_e :

$$f = 1000 \frac{\omega_0^2 D}{H^2 \Delta T} ; \quad (2.3)$$

$$v_m = 0,65 \sqrt[3]{\frac{V_1 \Delta T}{H}} ; \quad (2.4)$$

$$v'_m = 1,3 \frac{\omega_0 D}{H} ; \quad (2.5)$$

$$f_e = 800 (v'_m)^3 . \quad (2.6)$$

Коефіцієнт n визначається в залежності від f за формулами:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34 \sqrt[3]{f}} \quad \text{при } f < 100 ; \quad (2.7)$$

$$m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}} \quad \text{при } f \geq 100 . \quad (2.8)$$

Для $f_c < f < 100$ значення коефіцієнта m обчислюється при $f = f_e$.

Коефіцієнт n при $f < 100$ визначається в залежності від v_m за формулами:

$$n = 1 \quad \text{при } v_m \geq 2; \quad (2.9)$$

$$n = 0,532 v_m^2 - 2,13 v_m + 3,13 \quad \text{при } 0,5 \leq v_m < 2; \quad (2.10)$$

$$n = 4,4 v_m \quad \text{при } v_m < 0,5. \quad (2.11)$$

Для $f \geq 100$ (або $\Delta T \approx 0$) і $v'_m \geq 0,5$ (холодні викиди) при розрахунку c_m замість формули (2.1) використовується формула:

$$c_m = \frac{A M F n \eta}{H^{4/3}} K, \quad (2.12)$$

де

$$K = \frac{D}{8V_1} = \frac{1}{7,1 \sqrt{\omega_0 V_1}}, \quad (2.13)$$

причому n визначається за формулами (2.8) - (2.9) при $v_m = v'_m$.

Аналогічно при $f < 100$ і $v_m < 0,5$ або $f \geq 100$ і $v'_m < 0,5$ (випадки гранично малих небезпечних швидкостей вітру) розрахунок c_m замість (2.1) визначається за формулою:

$$c_m = \frac{A M F m' \eta}{H^{7/3}}, \quad (2.14)$$

де

$$m' = 2,86 m \quad \text{при } f < 100, v_m < 0,5; \quad (2.15)$$

$$m' = 0,9 \quad \text{при } f \geq 100, v'_m < 0,5. \quad (2.16)$$

Відстань x_m (м) від джерела викидів, на якому приземна концентрація c (мг/м³) при несприятливих метеорологічних умовах досягає максимального значення c_m , визначається за формулою:

$$x_m = \frac{5 - F}{4} d H, \quad (2.17)$$

де безрозмірний коефіцієнт d при $f < 100$ знаходиться за формулами:

$$d = 2,48 \left(1 + 0,28 \sqrt[3]{f_e} \right) \quad \text{при } v_m \leq 0,5; \quad (2.18)$$

$$d = 4,95 v_m \left(1 + 0,28 \sqrt[3]{f} \right) \quad \text{при } 0,5 < v_m \leq 2; \quad (2.19)$$

$$d = 7 \sqrt{v_m} \left(1 + 0,28 \sqrt[3]{f} \right) \quad \text{при } v_m > 2. \quad (2.20)$$

При $f > 100$ або $\Delta T \approx 0$ значення d знаходиться за формулами:

$$d = 5,7 \quad \text{при } v'_m \leq 0,5; \quad (2.21)$$

$$d = 11,4 v'_{\text{м}} \quad \text{при } 0,5 < v'_{\text{м}} \leq 2 ; \quad (2.22)$$

$$d = 16 \sqrt{v'_{\text{м}}} \quad \text{при } v'_{\text{м}} > 2 . \quad (2.23)$$

Значення небезпечної швидкості $u_{\text{м}}$ (м/с) на рівні флюгера (зазвичай 10 м від рівня землі), при якій досягається найбільше значення приземної концентрації шкідливих речовин $c_{\text{м}}$, у разі $f < 100$ визначається за формулами:

$$u_{\text{м}} = 0,5 \quad \text{при } v_{\text{м}} \leq 0,5 ; \quad (2.24)$$

$$u_{\text{м}} = v_{\text{м}} \quad \text{при } 0,5 < v_{\text{м}} \leq 2 ; \quad (2.25)$$

$$u_{\text{м}} = v_{\text{м}} (1 + 0,12 \sqrt{f}) \quad \text{при } v_{\text{м}} > 2 . \quad (2.26)$$

При $f > 100$ або $\Delta T \approx 0$ значення $u_{\text{м}}$ знаходиться за формулами:

$$u_{\text{м}} = 0,5 \quad \text{при } v'_{\text{м}} \leq 0,5 ; \quad (2.27)$$

$$u_{\text{м}} = v'_{\text{м}} \quad \text{при } 0,5 < v'_{\text{м}} \leq 2 ; \quad (2.28)$$

$$u_{\text{м}} = 2,2 v'_{\text{м}} \quad \text{при } v'_{\text{м}} > 2 . \quad (2.29)$$

Максимальне значення приземної концентрації шкідливої речовини $c_{\text{ми}}$ (мг/м³) при несприятливих метеорологічних умовах і швидкості вітру u (м/с), що відрізняється від небезпечної швидкості вітру $u_{\text{м}}$ (м/с), визначається за формулою:

$$c_{\text{ми}} = r c_{\text{м}}, \quad (2.30)$$

де r – безрозмірна величина, що визначається залежно від відношення $u/u_{\text{м}}$ за формулами:

$$r = 0,67(u/u_{\text{м}}) + 1,67(u/u_{\text{м}})^2 - 1,34(u/u_{\text{м}})^3 \quad \text{при } u/u_{\text{м}} \leq 1 ; \quad (2.31)$$

$$r = \frac{3(u/u_{\text{м}})}{2(u/u_{\text{м}})^2 - (u/u_{\text{м}}) + 2} \quad \text{при } u/u_{\text{м}} > 1 . \quad (2.32)$$

При проведенні розрахунків не використовуються значення швидкості вітру $u < 0,5$ м/с, а також швидкості вітру $u > u^*$, де u^* – значення швидкості вітру, що перевищується в даній місцевості в середньому багаторічному режимі в 5% випадків. Це значення запитується в УГКС Держкомгідромету, на території якого

розташоване підприємство, або визначається за кліматичному довідником.

Відстань від джерела викиду x_{mi} (м), на якому при швидкості вітру u і несприятливих метеорологічних умовах приземна концентрація шкідливих речовин досягає максимального значення c_{mi} (мг/м³), визначається за формулою:

$$x_{mi} = p x_m, \quad (2.33)$$

де p – безрозмірний коефіцієнт, що визначається залежно від відношення u/u_m за формулами:

$$p = 3 \quad \text{при } u/u_m \leq 0,25 ; \quad (2.34)$$

$$p = 8,43(1 - u/u_m)^3 + 1 \quad \text{при } 0,25 < u/u_m \leq 1 ; \quad (2.35)$$

$$p = 0,32 u/u_m + 0,68 \quad \text{при } u/u_m > 1 . \quad (2.36)$$

При небезпечній швидкості вітру u_m приземна концентрація шкідливих речовин c (мг/м³) в атмосфері по осі факела викиду на різних відстанях x (м) від джерела викиду визначається за формулою:

$$c = s_1 c_m, \quad (2.37)$$

де s_1 – безрозмірний коефіцієнт, що визначається залежно від відношення x/x_m і коефіцієнту F за формулами:

$$s_1 = 3(x/x_m)^4 - 8(x/x_m)^3 + 6(x/x_m)^2 \quad \text{при } x/x_m \leq 1 ; \quad (2.38)$$

$$s_1 = \frac{1,13}{0,13(x/x_m)^2 + 1} \quad \text{при } 1 < x/x_m \leq 8 ; \quad (2.39)$$

$$s_1 = \frac{x/x_m}{3,58(x/x_m)^2 - 35,2(x/x_m) + 120} \quad \text{при } F \leq 1,5 \text{ и } x/x_m > 8 ; \quad (2.40)$$

$$s_1 = \frac{1}{0,1(x/x_m)^2 + 2,47(x/x_m) - 17,8} \quad \text{при } F > 1,5 \text{ и } x/x_m > 8 . \quad (2.41)$$

Для низьких і наземних джерел (висотою H не більше 10 м) при значеннях $x/x_m < 1$ величина s_1 в (4.37) замінюється на величину s_1'' , яка визначається в залежності від x/x_m і H за формулою:

$$s_1'' = 0,125(10 - H) + 0,125(H - 2) s_1 \quad \text{при } 2 \leq H < 10 . \quad (2.42)$$

Аналогічно визначається значення концентрації шкідливих речовин на різних відстанях по осі факела при інших значеннях швидкостей вітру u і несприятливих метеорологічних умовах. За формулами (2.30), (2.33) визначаються значення величин c_{mi} і x_{mi} . Залежно від відношення x/x_{mi} визначається значення s_1 за формулами (2.39-2.41), (2.42). Шукане значення концентрації шкідливої речовини визначається шляхом множення c_{mi} на s_1 .

Значення приземної концентрації шкідливих речовин в атмосфері c_y (мг/м³) на відстані y (м) по перпендикуляру до осі факела викиду визначається за формулою:

$$c_y = s_2 c. \quad (2.43)$$

де s_2 – безрозмірний коефіцієнт, що визначається залежно від швидкості вітру u (м/с) і відношення y/x за значенням аргументу t_y :

$$t_y = \frac{u y^2}{x^2} \quad \text{при } u \leq 5; \quad (2.44)$$

$$t_y = \frac{5 y^2}{x^2} \quad \text{при } u > 5, \quad (2.45)$$

$$s_2 = \frac{1}{(1 + 5t_y + 12,8t_y^2 + 17t_y^3 + 45,1t_y^4)^2}. \quad (2.46)$$

Максимальна концентрація c_{mx} (мг/м³), що досягає на відстані x від джерела викиду з осі факела при швидкості вітру u_{mx} , визначається за формулою:

$$c_{mx} = s'_1 c_m, \quad (2.47)$$

де s'_1 – безрозмірний коефіцієнт, що знаходиться в залежності від відношення x/x_m за формулами:

$$s_1 = 3(x/x_m)^4 - 8(x/x_m)^3 + 6(x/x_m)^2 \quad \text{при } x/x_m \leq 1; \quad (2.48)$$

$$s'_1 = \frac{1,1}{0,1(x/x_m)^2 + 1} \quad \text{при } 1 < x/x_m \leq 8; \quad (2.49)$$

$$s_1 = \frac{2,55}{0,13\left(\frac{x}{x_m}\right)^2 + 1} \quad \text{при } 8 < \frac{x}{x_m} \leq 24; \quad (2.50)$$

$$s'_1 = \frac{x/x_m}{4,75\left(\frac{x}{x_m}\right)^2 - 140\frac{x}{x_m} + 1435} \quad \text{при } 24 < \frac{x}{x_m} \leq 80 ; \quad F \leq 1,5 ; \quad (2.51)$$

$$s'_1 = \frac{2,26}{0,1\left(\frac{x}{x_m}\right)^2 + 7,41\frac{x}{x_m} - 160} \quad \text{при } 24 < \frac{x}{x_m} < 80 ; \quad F > 1,5 ; \quad (2.52)$$

$$s'_1 = \frac{x/x_m}{3,58\left(\frac{x}{x_m}\right)^2 - 35,2\frac{x}{x_m} + 120} \quad \text{при } \frac{x}{x_m} > 80 ; \quad F \leq 1,5 ; \quad (2.53)$$

$$s'_1 = \frac{1}{0,1\left(\frac{x}{x_m}\right)^2 + 2,47\frac{x}{x_m} - 178} \quad \text{при } \frac{x}{x_m} > 80 ; \quad F > 1,5 . \quad (2.54)$$

Швидкість вітру u_{mx} при цьому розраховується за формулою:

$$u_{mx} = f_1 u_m, \quad (2.55)$$

де f_1 – безрозмірний коефіцієнт, що визначається в залежності від відношення x/x_m за формулами:

$$f_1 = 1 \quad \text{при } x/x_m \leq 1; \quad (2.56)$$

$$f_1 = \frac{0,75 + 0,25x/x_m}{1 + (x/9x_m)^3} \quad \text{при } 1 < x/x_m \leq 8 ; \quad (2.57)$$

$$f_1 = 0,25 \quad \text{при } 8 < x/x_m < 80; \quad (2.58)$$

$$f_1 = 1,0 \quad \text{при } x/x_m \geq 80. \quad (2.59)$$

Якщо розрахована за формулою (2.55) швидкість вітру $u_{mx} < 0,5$ м/с або $u_{mx} > u^*$, то величина c_{mx} визначається як максимальне значення з концентрацій на відстані x , розрахованих при трьох швидкостях вітру: 0,5 м/с, u_m , u^* ; відповідна c_{mx} швидкість вітру приймається за u_{mx} .

Розрахунки розподілу концентрації c_z (мг/м³) на різних висотах z (м) над підстилаючою поверхнею при $x < x_{mi}$ проводяться за формулою:

$$c_z = r c_m s_z s_2 . \quad (2.60)$$

Коефіцієнт s_z визначається в залежності від параметрів b_1 і b_2 за формулами:

$$s_z = s_1(b_1) \frac{[1 + 0,1(b_2 - 1)^2]}{[b_1^3 + 0,1(b_2 - 1)^2]} \left[1 + \frac{(b_2 + 0,2)(b_1^3 - 1)}{b_2 + (b_2 + 0,2)(1 + 0,1(b_2 - 1)^2)} \right] \quad (2.61)$$

при $b_1 \leq 1$;

$$s_z = s_1(b_1) \quad \text{при } b_1 > 1. \quad (2.62)$$

Тут

$$b_1 = x/x_{mu}; \quad (2.63)$$

$$b_2 = \frac{z}{(1 + 5d_2)H}; \quad (2.64)$$

$$d_2 = 0,06v_m \sqrt[3]{f/u} + 0,0034(v_m/u)^3 \quad \text{при } f < 100; \quad (2.65)$$

$$d_1 = 0,28v'_m/u + 0,034(v'_m/u)^3 \quad \text{при } f \geq 100. \quad (2.66)$$

При $f_e \leq f < 100$ коефіцієнт d_2 обчислюється за формулою (2.65) при $f = f_e$; при $v_m < 0,5$ або $v'_m < 0,5$ відповідно в (2.65) і (2.66) приймається $v_m = 0,5$ або $v'_m = 0,5$.

Небезпечна швидкість вітру u_{mz} (м/с) на рівні флюгера, при якій на висоті z досягається максимальна концентрація, визначається за формулою:

$$u_{mz} = l_1 u_m. \quad (2.67)$$

Розрахунки забруднення атмосфери при викидах газоповітряної суміші із джерела з прямокутним гирлом (шахти) проводяться за наведеними вище формулами при середній швидкості ω_0 і значеннях $D = D_0$ (м) і $V_1 = V$ (м³/с).

Середня швидкість виходу в атмосферу газоповітряної суміші ω_0 (м/с) визначається за формулою:

$$\omega_0 = \frac{V_1}{Lb}, \quad (2.68)$$

де L (м) – довжина гирла;

b (м) – ширина гирла.

Ефективний діаметр гирла D_E (м) визначається за формулою:

$$D_E = \frac{2Lb}{L+b}. \quad (2.69)$$

Ефективний витрата виходить в атмосферу в одиницю часу газоповітряної суміші V_{1E} ($\text{м}^3/\text{с}$) визначається за формулою:

$$V_{1E} = \frac{\pi D_0^2}{4} \omega_0. \quad (2.70)$$

Для джерел з квадратним гирлом ($L = b$) ефективний діаметр D_0 дорівнює довжині сторони квадрата. В іншому випадку розрахунок розсіювання шкідливих речовин проводиться як для викидів з джерела з круглим устям.

Рішення зворотних задач з визначення потужності викиду M і висоти H , які відповідають заданому рівню максимальної приземної концентрації c_m за інших фіксованих параметрах викиду, наводиться таким чином.

Потужність викиду M (г/с), відповідна заданому значенню максимальної концентрації c_m (мг/м^3), визначається за формулою:

$$M = \frac{c_m H^2}{AF m n \eta} \sqrt[3]{V_1 \Delta T}. \quad (2.71)$$

У випадку $f \geq 100$ або $\Delta T \approx 0$

$$M = \frac{c_m H^{4/3}}{AF n \eta} \frac{8V_1}{D}. \quad (2.72)$$

Висота джерела H , відповідна заданому значенню c_m , у разі $\Delta T \approx 0$ визначається за формулою:

$$H = \left(\frac{AMFD\eta}{8V_1 c_m} \right)^{3/4}. \quad (2.73)$$

Якщо обчисленому за формулою (2.73) значенню H відповідає $v'_m < 2 \text{ м/с}$, то H уточнюється методом послідовних наближень за формулою:

$$H_{i+1} = H_i \left(\frac{n_i}{n_{i-1}} \right)^{3/4}, \quad (2.74)$$

де n_i і n_{i-1} – значення визначеного за формулами (2.9-2.11) коефіцієнта n , отримані відповідно за значеннями H_i і H_{i-1} , – (при $i = 1$ у формулі (2.74) приймається $n_0 = 1$, а значення H_i визначається по (2.73)).

Формули (2.73), (2.74) використовуються також для визначення H при $\Delta T > 0$. Якщо при цьому виконується умова $H \leq \omega_0 \sqrt{\frac{10D}{\Delta T}}$, то знайдене H є точним.

Якщо ж $H > \omega_0 \sqrt{\frac{10D}{\Delta T}}$, то для визначення попереднього значення висоти H використовується формула:

$$H = \sqrt{\frac{A M F \eta}{c_m \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}} . \quad (2.75)$$

По знайденому значенню H визначаються на підставі формул (2.3)-(2.6) величини f , v_m , v'_m і f_c і встановлюється в першому наближенні добуток коефіцієнтів m і n . Подальші уточнення значення H виконуються за формулою:

$$H_{i+1} = H_i \sqrt{\frac{m_i n_i}{m_{i-1} n_{i-1}}} , \quad (2.76)$$

де m_i , n_i відповідають H_i , а m_{i-1} , n_{i-1} – H_{i-1} (при $i = 1$ приймається $m_0 = n_0 = 1$, а H_0 визначається по (2.75)).

Уточнення значення H за формулами (2.74) і (2.76) проводиться до тих пір, поки два послідовно знайдених значення H (H_i і H_{i+1}) будуть відрізнятися менш ніж на 1 м.

При одночасній необхідності врахування впливу рельєфу місцевості та забудови в формулах (2.72)-(2.73) і (2.75) за величину η приймаються поправки до максимальної концентрації на рельєф і забудову.

У разі викидів в атмосферу, обумовлених спалюванням палива, при фіксованих висоті і діаметрі гирла труби відповідна c_m витрата палива P (т/год) визначається за формулою:

$$P = 3,6 H^3 \sqrt{\left(\frac{c_m}{d_3 A F m n \eta} \right)^3 d_4 \Delta T} , \quad (2.77)$$

де d_3 – кількість шкідливої речовини, що викидається в атмосферу, на одиницю маси палива (у необхідних випадках з урахуванням пилогазоочистки, г/кг;

d_4 – витрата газоповітряної суміші, що виділяється на одиницю маси палива, м³/кг.

Для кожного джерела радіус зони впливу розраховується як найбільша з

двох відстаней від джерела x_1 і x_2 , де $x_1 = 10 x_m$, а величина x_2 визначається як відстань від джерела, починаючи з якого $c \leq 0,05$ ГДК.

На вертикальній осі відкладається точка $0,05$ ГДК/ c_m , через яку проводиться паралельна горизонтальній осі лінія до перетину з графіком функції s_1 за максимумом. З точки перетину опускається перпендикуляр на горизонтальну вісь, отримане значення x/x_m множиться на x , в результаті чого визначається шукане значення. При $c_m \leq 0,05$ ГДК значення x_2 вважається рівним нулю.

При повному навантаженні обладнання середня концентрація $\bar{c}_m$ (г/м³) в гирлі джерела дорівнює:

$$\bar{c}_m = \frac{M}{V_1}, \quad (2.78)$$

$$\bar{c}_m = \frac{c_m H^2}{AF m n \eta} \sqrt[3]{\frac{\Delta T}{V_1^2}} \quad \text{при } f < 100, \quad (2.79)$$

$$\bar{c}_m = \frac{8 c_m H^{4/3}}{AF n D \eta} \quad \text{при } f \geq 100 \text{ или } \Delta T \approx 0, \quad (2.80)$$

де c_m – відповідна $\bar{c}_m$ максимальна приземна концентрація, мг/м³.

Завдання

Виконати розрахунок концентрацій шкідливих речовин в атмосферному повітрі у заданих точках, які утворюються в результаті роботи певного підприємства, за допомогою ручного методу розрахунку згідно методики ОНД-86. Завдання наведено у таблиці 2.1.

Питання для самоконтролю

1. Що таке ОНД-86?
2. Призначення, методологія, застосування методики ОНД-86?
3. Як визначається значення коефіцієнта A ?
4. Скільки дорівнює коефіцієнта A для України?
5. В яких випадках значення безрозмірного коефіцієнта F приймається 1?
6. Як знайти середню швидкість виходу в атмосферу газоповітряної суміші?

Таблиця 2.1 – Завдання до практичного заняття №2

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Майданчик	Запоріжсталь									
Цех	Мартенівський									
Ділянка	Піч									
	№1	№2	№3	№4	№5	№6	№7	№8	№9	№10
№ джерела	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Витрата газу, тис. м ³ /годину	150	145	120	155	140	130	150	120	130	140
Тем-ра, °С	60	65	50	45	50	60	65	50	55	55
Висота джерела, м	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Діаметр гирла, м	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2
Вміст пилю, г/м ³	0,08	0,08	0,09	0,07	0,085	0,095	0,1	0,085	0,09	0,08
Вміст CO, г/м ³	0,25	0,3	0,4	0,3	0,35	0,45	0,2	0,5	0,4	0,35
Вміст SO ₂ , г/м ³	400	450	350	320	350	370	320	330	340	300
Вміст NO _x , г/м ³	800	1000	1200	1000	900	1100	1050	950	1000	1200

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 3. ВИЗНАЧЕННЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ НЕБЕЗПЕКИ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ВІД КОМПОНЕНТІВ ВИКИДІВ КОМПЛЕКСУ N

Мета заняття – визначити рівні ризику (канцерогенного і неканцерогенного) для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря викидами газоподібних забруднювальних сполук та зважених часток промислового підприємства N за допомогою комп'ютерної програми «ECORISK».

Теоретичні відомості

Призначення комп'ютерної програми «ECORISK»: визначення рівнів ризику (канцерогенного і неканцерогенного) для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря викидами газоподібних забруднювальних сполук та зважених часток промислових підприємств та автотранспорту.

Затребуваність на ринку: може бути впроваджений в практичну діяльність Державної установи обласні центри контролю та профілактики хвороб Міністерства охорони здоров'я України», Управління з питань охорони здоров'я міських рад, Управління з питань екологічної безпеки міських рад та інших підприємств екологічного спрямування.

Програма дозволяє:

- оцінювати токсичність викидів та формувати перелік пріоритетних забруднювальних речовин атмосферного повітря, що характеризують вплив на здоров'я населення з урахуванням вимог етапу ідентифікації небезпеки та оцінки залежності «доза-відповідь»;

- розраховувати та оцінити неканцерогенні ризики за коефіцієнтами (*Hazard Quotient, HQ*) та індексами (*Hazard Index, HI*) небезпеки, індивідуальні (*Individual Cancer Risk, ICR*) та популяційні (*Population Cancer Risk, PCR*) канцерогенні ризики та додаткові ризики смерті (*Increased Risk of Mortality, IRM*) для здоров'я населення, що зазнає впливу від забруднення викидами атмосферного повітря.

Основними вимогами створення програми є: відповідність методології оцінки ризику для здоров'я населення (*Human Health Risk Assessment*), розроблену та рекомендовану Агентством США з охорони довкілля, простота, ефективність, адаптивність, гнучкість.

Відповідність існуючій методології досягається завдяки використанню стандартних кроків методології. Комп'ютерна програма має окремі сторінки для оцінювання експозиції, залежності «доза-відповідь», характеристики ризику. На кожній сторінці використовується адаптована термінологія, іноді спрощена, щоб людина могла зрозуміти процес дослідження.

Простота є другим важливим фактором необхідним для досвідчених фахівців і для здобувачів, які лише вивчають методологію оцінки ризиків. Для

досягнення цієї мети було продумано графічний інтерфейс, який є зрозумілим для більшості користувачів. Не менш важливою є система запобігання помилок. У більшості текстових полів існують валідатори, які не дають користувачу ввести невідповідне значення. Також дослідник не зможе перейти до наступного кроку дослідження, якщо не заповнив дані попереднього. У випадку, коли користувач не знатиме що робити, на кожній сторінці є кнопка, що висвічує підказки щодо даної сторінки та кроку проведення дослідження.

Ефективність інтерфейсу. Програма розроблена дозволяє зменшити час для виконання повноцінного дослідження, тому, введення даних та перехід до наступних кроків було оптимізовано для досягнення цієї мети.

Адаптивність програми є важливою частиною з огляду на темп розвитку технологій, який притаманний сьогоденню. Так, не виключно, що через декілька років далеко не в кожній людини може знайтись комп'ютер під керуванням операційної системи Windows. Надалі треба мати можливість використовувати програму на інші платформи та архітектури, включаючи як інші операційні системи (Linux, MacOS), так й інші платформи (мобільні телефони чи вебзастосунки).

Гнучкість програми. Програма дозволяє вносити зміни на потребу замовника.

З метою досягнення назначених цілей було обрано мову програмування C++ та графічний фреймворк Qt. Саме ця мова програмування дає необхідну швидкодію та адаптивність, чому допомагає вищеназваний фреймворк.

C++ – це потужна мова програмування, яка широко використовується для створення різноманітних програм, від ігор до системного програмування. Вона поєднує в собі можливості мови програмування C з об'єктно-орієнтованим програмуванням.

C++ добре пасує для досягнення назначених цілей роботи, адже має багато переваг, серед яких:

1. **Ефективність:** C++ дозволяє створювати швидкодіючі програми, оскільки вона надає прямий доступ до апаратного забезпечення та можливості оптимізації виконання коду.
2. **Об'єктно-орієнтований підхід:** C++ підтримує об'єктно-орієнтоване програмування, що дозволяє створювати класи та об'єкти для організації програм та забезпечення більшої структури.
3. **Шаблони:** мова має потужну систему шаблонів, яка дозволяє створювати універсальні алгоритми та структури даних, що працюють з будь-яким типом даних.
4. **Низькорівневий доступ:** C++ дозволяє прямий доступ до пам'яті та бінарний рівень, що корисно для системного програмування та оптимізації.
5. **Адаптивність:** код, написаний на C++, може бути легко перенесений між різними платформами та операційними системами.
6. **Широке застосування:** C++ використовується для розробки

високоєфективних додатків, включаючи ігри, системне програмування, вбудовані програми, драйвери та інше.

Однією з ключових переваг C++ є її ефективність. Ця мова дозволяє працювати дуже швидко і використовується для розробки програм, де швидкодія грає важливу роль.

Qt – це потужний фреймворк для розробки крос-платформових десктопних застосунків з графічним інтерфейсом користувача. Він дозволяє створювати швидкі, ефективні та красиві програми, які працюють на різних операційних системах, таких як Windows, MacOS, Linux.

Основні особливості Qt, через які цей фреймворк було обрано для розробки програми:

1. Крос-платформовість: за допомогою Qt можна створювати програми, які працюють на різних операційних системах, без необхідності писати окремий код для кожної платформи.
2. Графічний інтерфейс користувача: Qt має потужні інструменти для створення сучасних та зручних інтерфейсів користувача за допомогою QML (Qt Modeling Language) та Qt Widgets.
3. Мови програмування: Qt підтримує різні мови програмування, такі як C++, Python, JavaScript.
4. Модульність та розширюваність: Qt має велику кількість модулів, які дозволяють легко додавати новий функціонал до програми, такий як мультимедіа, мережеві можливості, бази даних тощо.
5. Значна спільнота та підтримка: Qt має значну та активну спільноту розробників, яка допомагає розв'язувати проблеми та підтримує розвиток фреймворку.

Qt використовується для розробки різноманітних програм, від невеликих утиліт до складних графічних редакторів та ігор.

Програма передбачає такі кроки, які відображено на окремих сторінках:

1. Вибір параметрів дослідження.
2. Заповнення даних експозиції – точок дослідження.
3. Вибір досліджуваних речовин.
4. Введення концентрації.
5. Розрахунок кількісних характеристик та представлення отриманих даних у вигляді таблиць.
6. Побудова порівняльних графіків.

Уся архітектура програми базується на цих кроках. Так, для кожного кроку існує графічна частина, написана за допомогою мови розмітки *QML* та відповідна модель, написана на мові C++.

Задача моделі сторінки – забезпечити введення необхідних даних, здійснення розрахунків та можливості реагування на зміни. Також, кожна модель може бути збережена у файл та відтворена з файлу.

Задача графічної частини – давати користувачу можливість взаємодіяти з моделлю. Так, користувач може ввести нову точку дослідження або видалити її зі списку. Також графічна частина відповідає за зручність керування програмою та запобігання неправильному користувацькому вводу.

Як у графічних сторінок, так і в їх моделях є головні («батьківські») елементи. Базова сторінка містить основні елементи керування та деякі загальні параметри. Для моделей існує головний об'єкт програми – *AppLogic*. Його задачі такі:

- змінювати поточну сторінку на вимогу користувача;
- перевіряти, чи сторінки не мають помилок;
- зберігати та відтворювати з файлу прогрес дослідження;
- зв'язувати моделі та надавати механізм взаємодії між ними.

Програма може бути встановлена на персональний комп'ютер, ноутбук, планшет або мобільний телефон та використовувати без додаткових сервісів та підключення до Інтернету. Програма дозволяє досліджувати вплив забруднювальних речовин на здоров'я населення та отримувати результати у вигляді таблиць та графіків.

Програма функціонально розділена на дві великі частини (рис. 3.1):

1. Графічні модулі, що використовують бібліотеку Qt та служать для візуалізації даних та взаємодії з користувачем.
2. Бізнес-логіка, що відповідає за обробку даних, розрахунки та підготовку результатів для відображення.

Використання програми включає (рис. 3.2) вибір параметрів дослідження, введення точок дослідження, вибір речовин, введення концентрацій та аналіз результатів. Кожен етап дослідження відображається на окремій сторінці програми, де користувач може взаємодіяти з програмою та вводити необхідні дані.

У результаті роботи програми користувач може отримувати звіт з результатами, що буде містити графіки та таблиці із розрахунками.

Процес дослідження у програмі розподілений на такі кроки:

- вибір параметрів дослідження;
- заповнення даних експозиції – точок дослідження;
- вибір досліджуваних речовин;
- введення концентрацій;
- розрахунок кількісних характеристик у вигляді порівняльних таблиць;
- побудова порівняльних графіків;
- визначення рівнів ризику на мапі;
- створення звіту з результатами дослідження.

Уся архітектура програми базується на цих сторінках. Так, для кожної сторінки існує графічна частина, написана за допомогою мови розмітки QML та відповідна модель, написана на мові C++. Задача сторінки-моделі – здійснити необхідні розрахунки, додати потрібні дані та реагувати на зміни у попередніх сторінках.

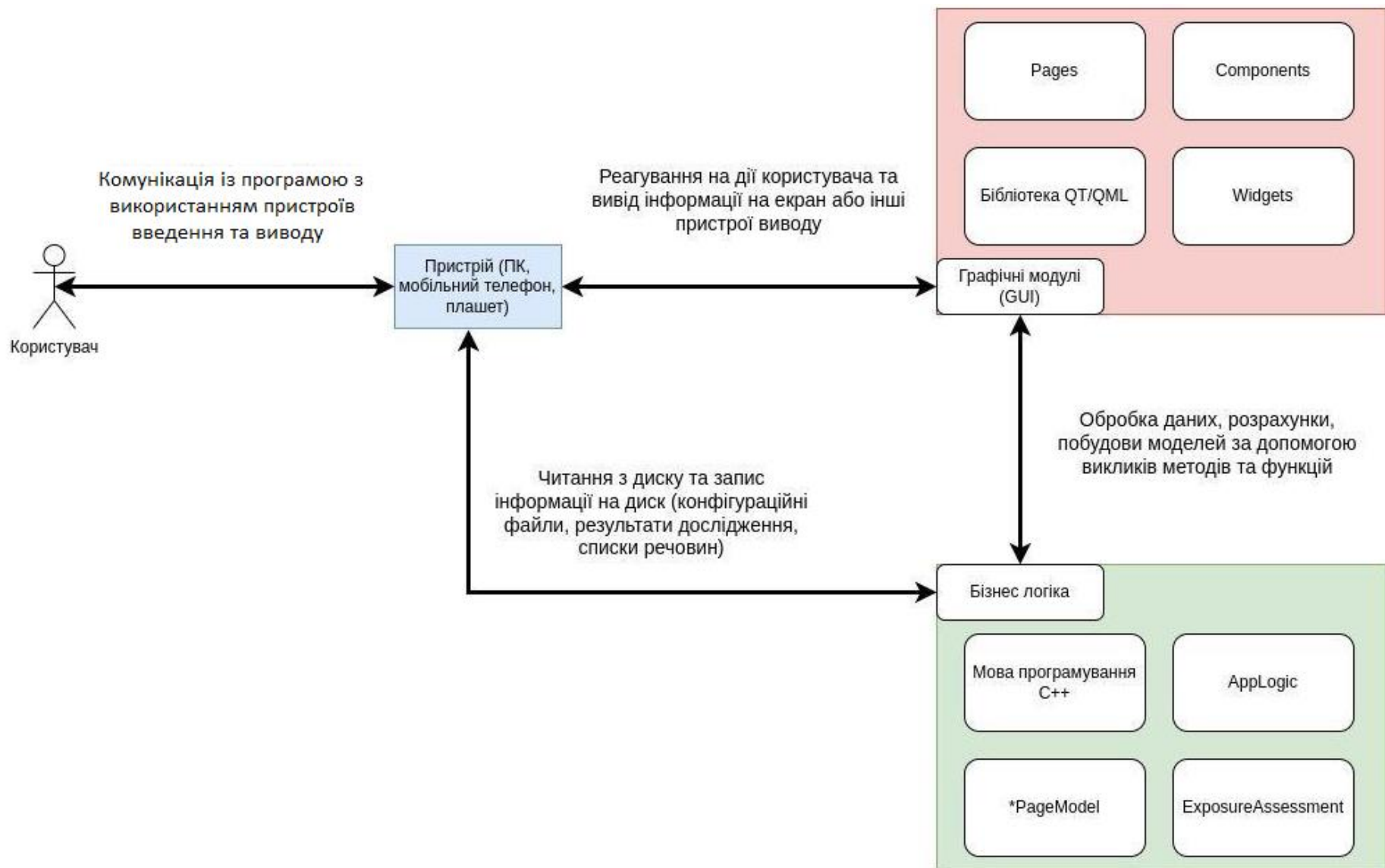


Рисунок 3.1 – Структура програми «ECORISK»



Рисунок 3.2 – Робота з програмою «ECORISK»

Задача графічної частини – надавати користувачу можливість взаємодіяти з моделлю. Так, користувач може ввести нову точку дослідження або видалити її зі списку. Також графічна частина відповідає за зручність керування програмою та запобігає введенню невірного вводу даних користувачем.

Як у графічних сторінок, так і в їх моделях, є головні («батьківські») елементи. Для сторінок – це базова сторінка, яка містить основні елементи керування та деякі загальні параметри. Для моделей існує головний об’єкт програми – AppLogic. Його завдання такі:

- змінювати поточну сторінку на вимогу користувача;
- перевіряти, чи сторінки не мають помилок;
- зберігати та відтворювати з файлу прогрес дослідження;
- зв’язувати моделі та надавати механізм взаємодії між ними.

Діаграма класів наведена на рис. 3.3.

Програма «ECORISK» надається у вигляді .zip-архіву, який містить виконуваний файл, директорію з конфігурацією та допоміжні бібліотеки. Для встановлення програми потрібно (рис. 3.4):

1. Завантажити архів з програмою.
2. Натиснути на архів правою кнопкою миші та вибрати «Extract all».
3. Вибрати директорію для розпакування файлів.

Для того, щоб запустити програму «ECORISK» (рис. 3.5) потрібно відкрити директорію, в яку були розпаковані файли, та запустити виконуваний файл risk_assessment_tool.exe.

Щоб зробити запуск програми зручнішим, користувач може (рис. 3.6):

- створити ярлик, натиснувши правою кнопкою миші на виконуваний файл та вибравши «Create shortcut». Створений ярлик можна перемістити на робочий стіл або в інше зручне місце;
- закріпити програму у панелі завдань, натиснувши правою кнопкою миші на програму та вибравши «Pin to taskbar».

Якщо користувач скопіює програму у довільне місце на диску, вона може не працювати належним чином через відсутність допоміжних бібліотек.

Перед запуском програми користувач може змінити файли конфігурації (рис. 3.7), які знаходяться у директорії config, наприклад, додати нові речовини до списку речовин. Для цього користувач може відкрити файли у будь-якому текстовому редакторі (наприклад, блокноті) та внести необхідні зміни.

Коли додаєте речовини до списку, впевніться, що вони відповідають формату, який використовується у програмі. Колонки в файлі повинні бути розділені комою, а кожен рядок має відповідати одній речовині. Якщо у назві речовини є кома, замініть її на інший символ, наприклад, крапку з комою.

Вибір параметрів дослідження. На цій сторінці користувач може:

- вибрати типи розрахунків;
- змінити назву дослідження;
- вибрати директорію для збереження дослідження;
- змінити директорію для читання конфігурацій;
- змінити колір теми програми;
- завантажити попереднє дослідження;
- змінити формат відображення чисел.

На панелі керування, яка знаходиться зверху, доступні такі кнопки:

- попередня сторінка;
- наступна сторінка;
- завантажити минуле дослідження;
- довідка щодо сторінки.

Кожна кнопка стає неактивною, якщо її використання заборонено. Наприклад, якщо користувач ввів неправильні дані, програма не дозволить перейти на наступну сторінку (перехід на попередню сторінку можливий завжди, крім головної сторінки). За замовчуванням програма використовує світлу тему сторінки. Користувач може змінити її на головній сторінці за допомогою перемикача. Крім того, кольорові квадрати дозволяють змінювати основний і додатковий кольори програми. Основний колір використовується переважно для верхньої панелі та кнопок, а додатковий – для полів таблиць та групових кнопок.

Користувач може обрати один або кілька типів дослідження за допомогою чекбоксів. Наприклад, можна досліджувати вплив канцерогенних чи неканцерогенних забруднювальних речовин або вплив зважених часток. Для канцерогенних і неканцерогенних речовин також доступні опції для дослідження хронічного та гострого впливу. Залежно від вибраних типів досліджень будуть відображені відповідні забруднювальні речовини, таблиці та графіки.

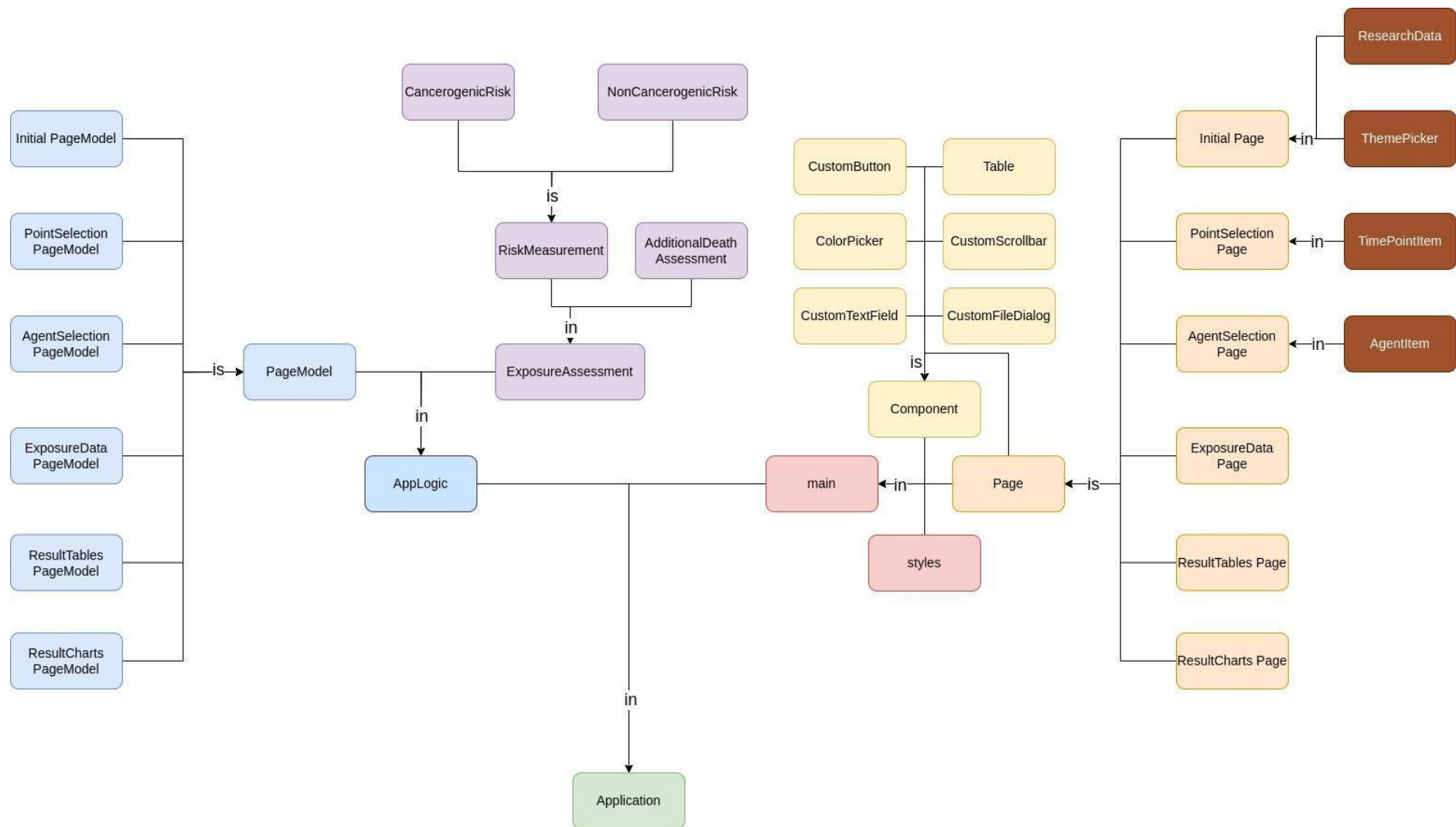


Рисунок 3.3 – Діаграма класів

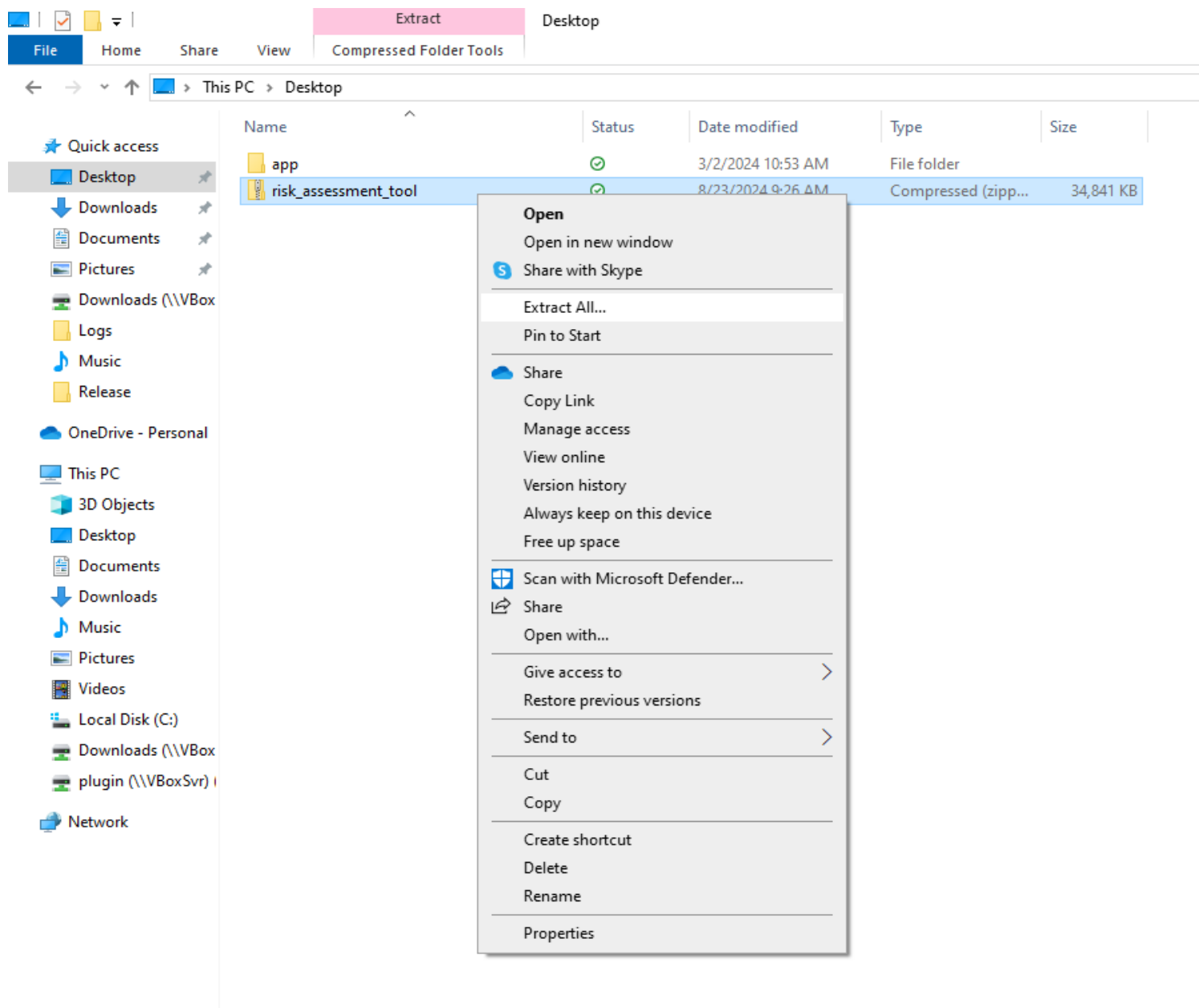


Рисунок 3.4 – Розпакування архіву

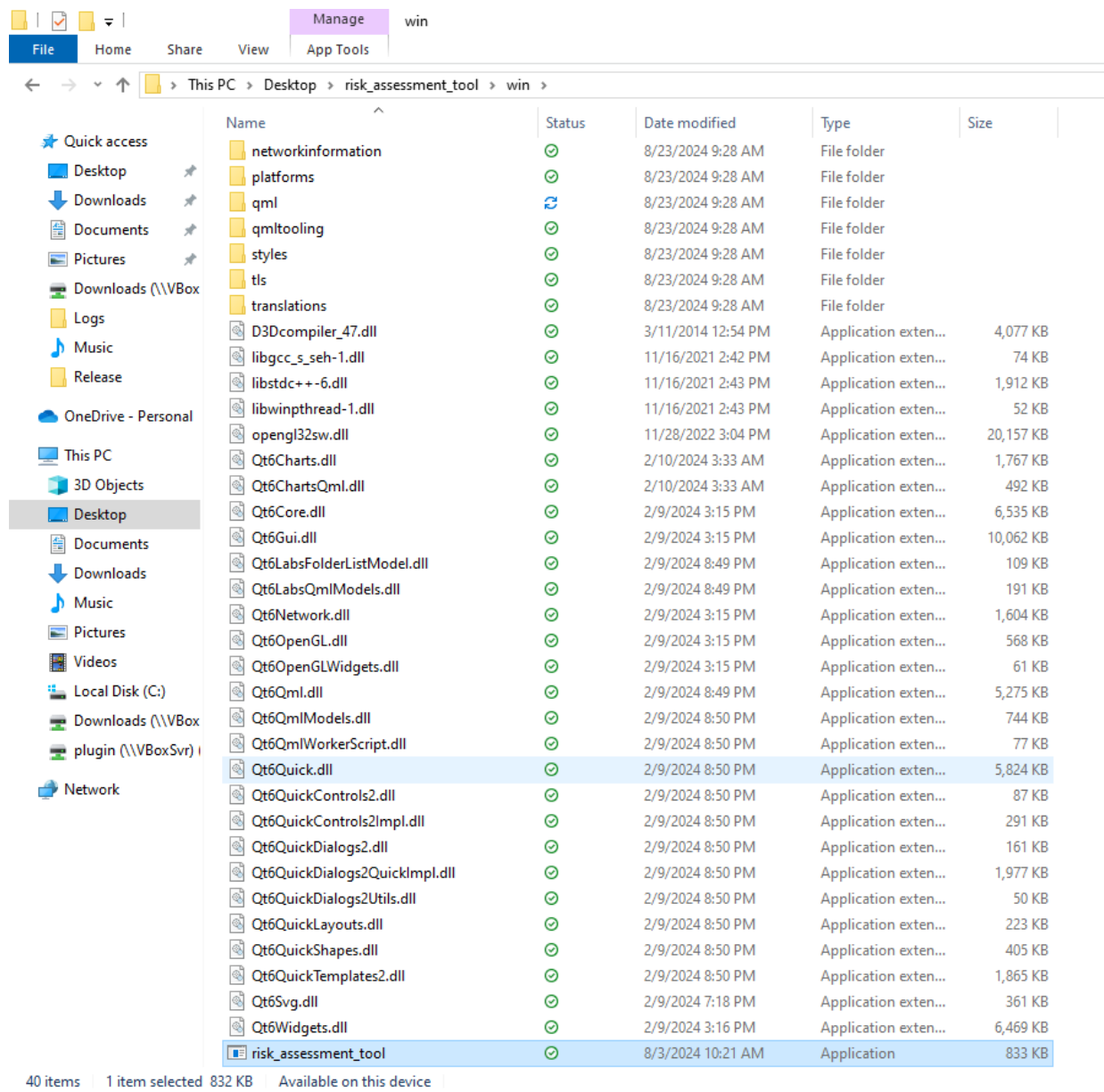


Рисунок 3.5 – Запуск программы «ECORISK»

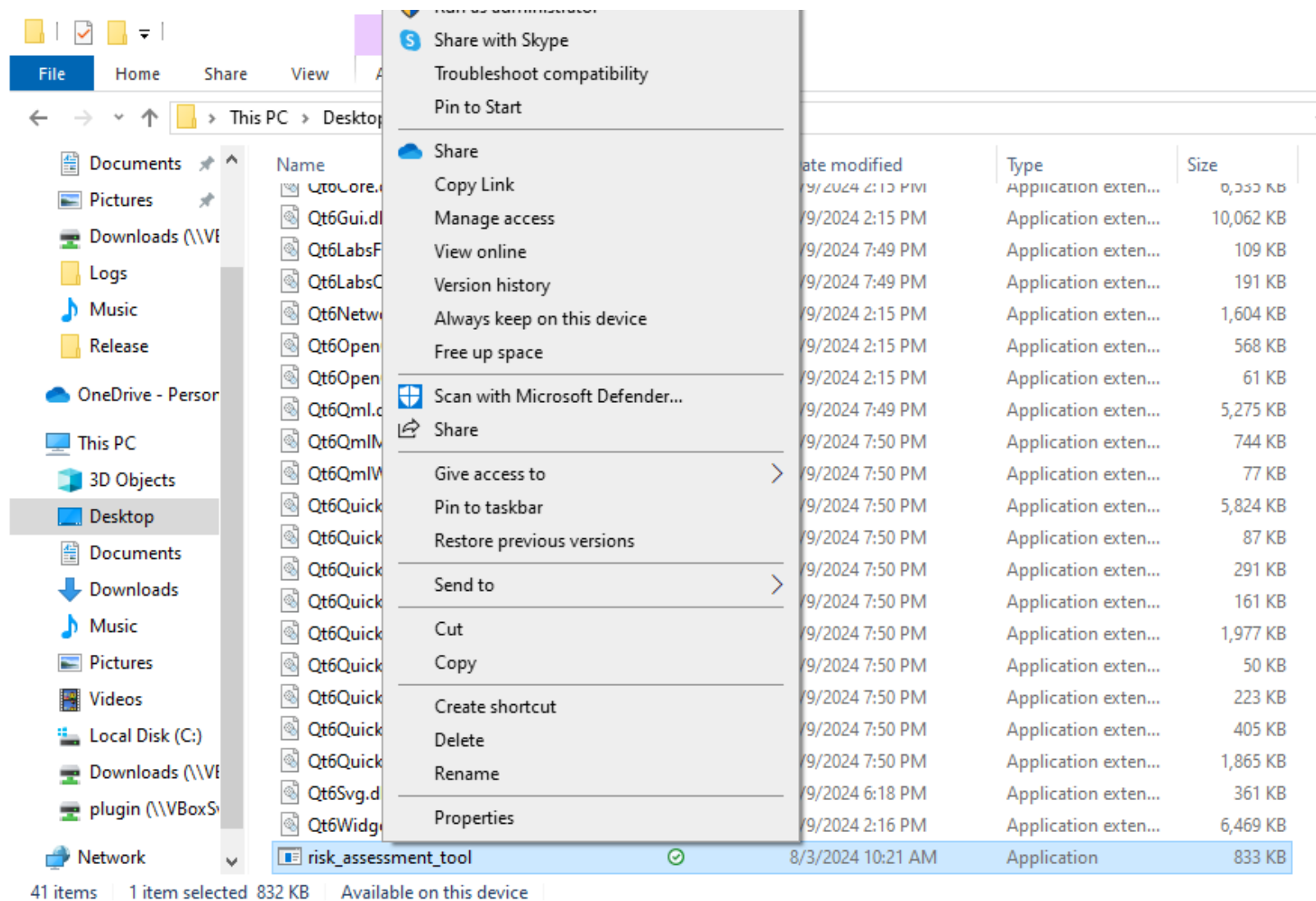


Рисунок 3.6 – Ярлик та закріплення програми «ECORISK»

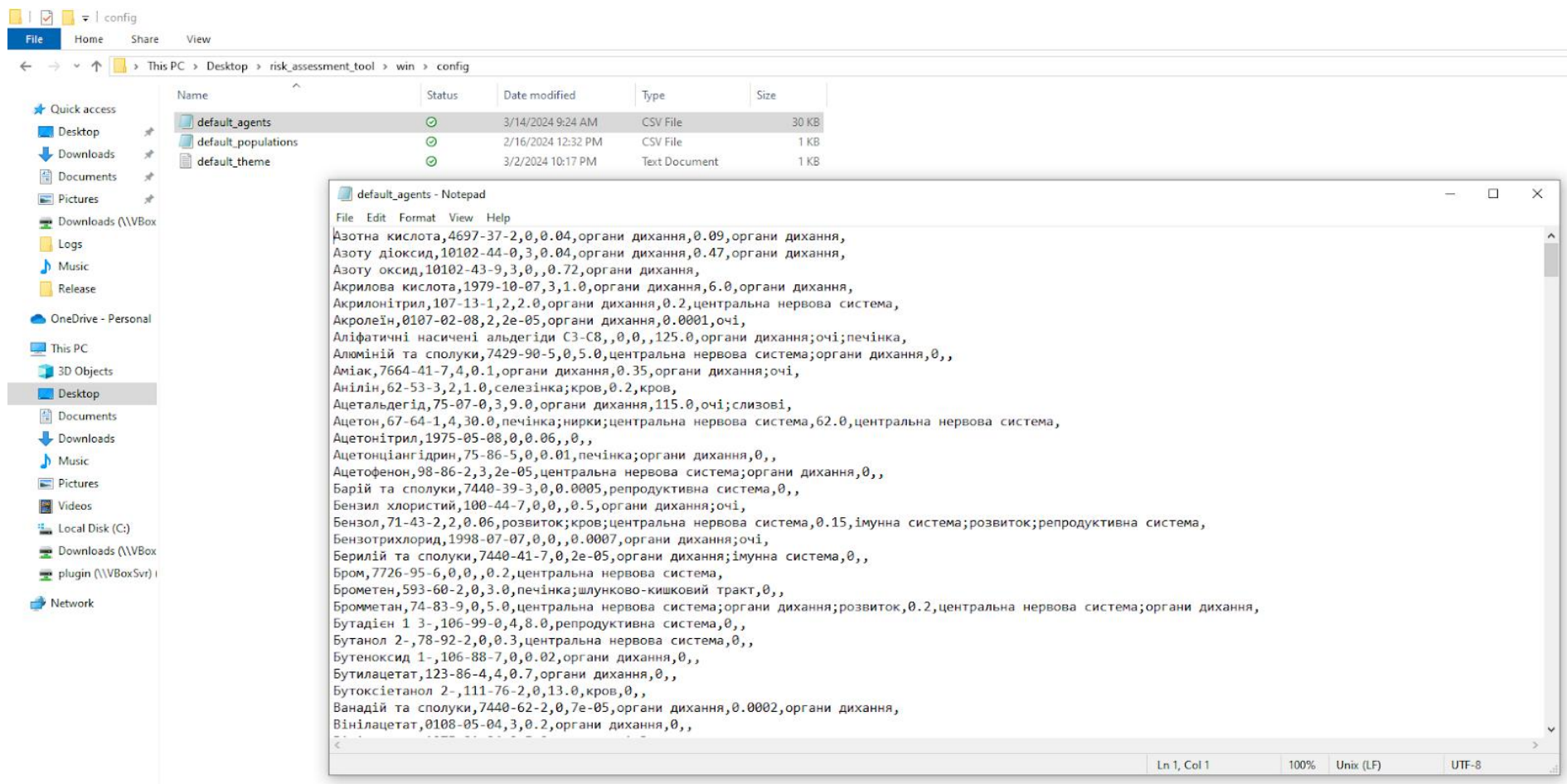


Рисунок 3.7 – Файли конфігурації

Користувач може ввести назву дослідження та обрати директорію для його збереження на комп'ютері. У цю директорію будуть зберігатися таблиці та графіки для подальшого використання. Користувач також може швидко завантажити прогрес дослідження, вибравши відповідну директорію на диску. При спробі змінити директорію відкриється діалогове вікно, щоб користувач не вводив шлях до директорії самостійно.

Директорія конфігурацій дозволяє налаштувати програму відповідно до потреб. У цій директорії зберігаються три файли:

- `default_theme.txt` – файл для вибору теми. У цьому файлі вказано, яка тема буде обиратися за замовченням (системна – `system`, темна – `dark` чи світла – `light`) та які будуть основний та додатковий кольори на старті програми.
- `default_agents.txt` – файл, у якому зберігаються дані щодо забруднювальних речовин, які будуть відображатися за замовченням. Користувач може додати нові речовини до списку, щоб тримати його в актуальному стані.
- `default_populations.txt` – файл, де зберігаються дані щодо населення певних міст та районів. Для зручності користувач може внести дані про населення міст за різні роки до окремого файлу. Програма автоматично використовуватиме ці дані, коли він вводитиме відповідні значення у текстові поля, що усуває необхідність запам'ятовувати їх.

Вибір точок дослідження. На цьому етапі користувач має заповнити дані щодо точок дослідження, які будуть використовуватися для порівняння у таблицях та на графіках. Кожна точка представлена унікальним набором, що складається з: назви міста, району, вулиці, року дослідження, кількості населення, випадків смерті від дії зважених часток. З цих полів – назва міста, рік дослідження та кількість населення є обов'язковими. Якщо місто, район, вулиця та рік збігають з рядком у файлі населення конфігурації, то населення заповниться автоматично. Якщо ні, то користувач має ввести його самостійно.

На панелі керування користувач може переключити вид сторінки з таблиці на мапу. Коли користувач обирає мапу, програма відображує точки дослідження на мапі, що дозволяє візуально оцінити їх розташування (рис. 3.8). Користувач може переміщатися по мапі, масштабувати її та переглядати точки дослідження. Також можливо додати нову точку дослідження, натиснувши на мапі у потрібному місці. Після цього користувачеві все одно потрібно заповнити обов'язкові поля.

Для переходу на наступну сторінку необхідно додати до таблиці щонайменше одну точку. При введенні точок програми встановлює певні обмеження на введення даних. Наприклад, кнопка додавання буде неактивною, поки всі поля не будуть заповнені правильно, а більшість полів не дозволять вводити некоректні символи (наприклад, знак оклику в назві міста).

Це також перша сторінка, де стає активною кнопка збереження прогресу до файлу. Якщо користувач її натисне, весь прогрес (параметри дослідження та введені точки) буде збережено, і користувач зможе повернутися до проекту пізніше, завантаживши його через відповідну кнопку на головній сторінці.

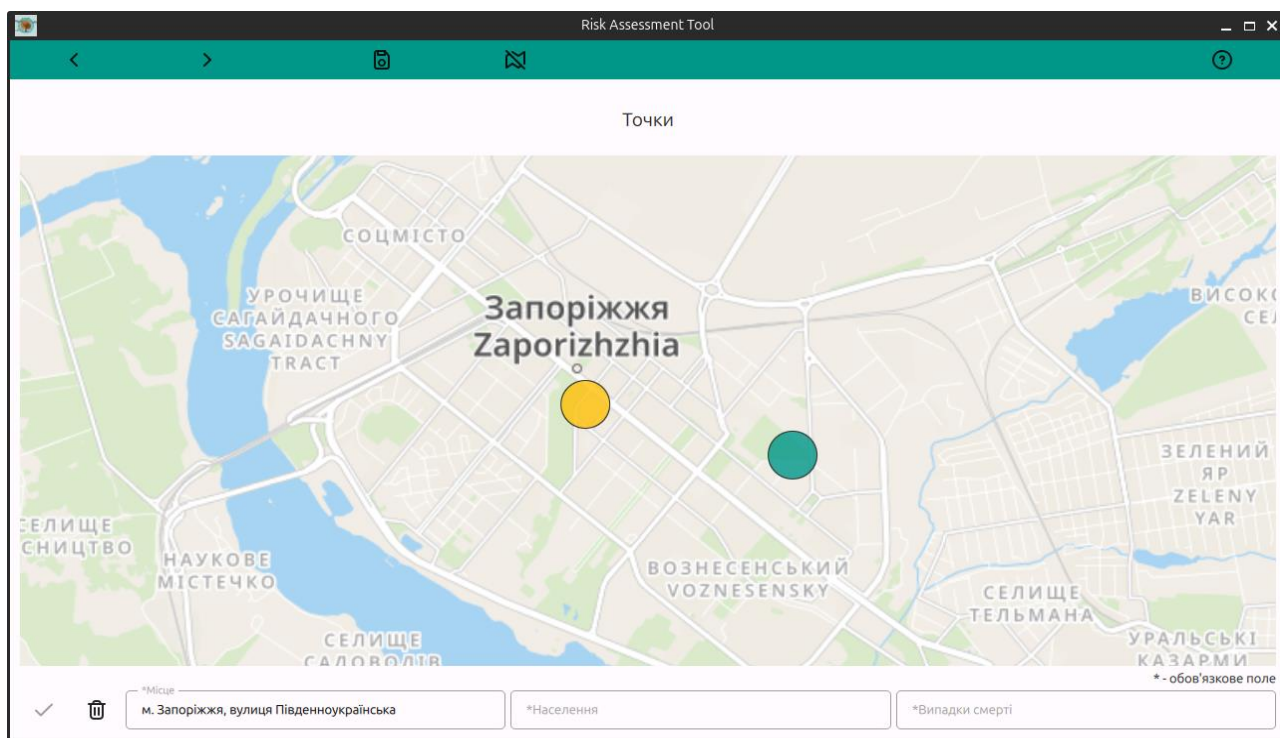


Рисунок 3.8 – Вибір точок дослідження на мапі

Вибір речовин. Після вибору параметрів дослідження та точок експозиції, користувач має обрати зі списку хімічні речовини, які будуть враховуватися у програмі (рис. 3.9). Кожна речовина в таблиці включає такі дані:

- назва речовини;
- ідентифікаційний номер CAS;
- клас небезпеки;
- для канцерогенних речовин – фактор нахилу SFi ;
- для неканцерогенних речовин – органи ураження та гранично допустима концентрація $ARfC$ для гострого та хронічного впливу, якщо обрані відповідні параметри.

Користувач має обрати речовини поставивши галочку навпроти них. Після цього вони переміщуються на початок списку (рис. 3.10), що полегшує їх видалення, якщо це потрібно. Після вибору хоча б однієї речовини стає активною кнопка переходу на наступну сторінку.

Користувач також може додати хімічну речовину самостійно, використовуючи текстові поля внизу сторінки. Заповнювати потрібно лише ті поля, які необхідні для обраного типу дослідження. Програма обмежує введення некоректних даних, наприклад, не дозволяє вказати клас небезпеки більше четвертого. Після додавання речовини, вона автоматично обирається і переміщується на початок списку.

Risk Assessment Tool

Речовини

157/388 релевантні для заданих критеріїв

Пошук

Назва	CAS	Клас небезпеки	RFC	Органи ураження (хр.)	SFi	☐
Ізопропілбензол	98-82-8	4	0.4	нирки, ендокринна система	—	☐
Ізофорон	78-59-1	—	12	маса тіла	—	☐
Азотна кислота	4697-37-2	—	0.04	органи дихання	—	☐
Азоту діоксид	10102-44-0	3	0.04	органи дихання	—	☐
Азоту оксид	10102-43-9	3	—	—	—	☐
Акрилова кислота	1979-10-07	3	1	органи дихання	—	☐
Акрилонітрил	107-13-1	2	2	органи дихання	0.24	☐
Акролеїн	0107-02-08	2	2E-05	органи дихання	—	☐
...	...	...	...	центральна нервова	...	☐

* - обов'язкове поле

✓ ☐ *Назва *CAS *Клас небезпеки (1-4) *RFC Органи ураження (хр.) *SFi

Рисунок 3.9 – Вибір хімічних речовин зі списку

Risk Assessment Tool

Речовини

157/388 релевантні для заданих критеріїв

Пошук

Назва	CAS	Клас небезпеки	RFC	Органи ураження (хр.)	SFi	☒
Акрилова кислота	1979-10-07	3	1	органи дихання	—	☒
Акролеїн	0107-02-08	2	2E-05	органи дихання	—	☒
Ізопропілбензол	98-82-8	4	0.4	нирки, ендокринна система	—	☐
Ізофорон	78-59-1	—	12	маса тіла	—	☐
Азотна кислота	4697-37-2	—	0.04	органи дихання	—	☐
Азоту діоксид	10102-44-0	3	0.04	органи дихання	—	☐
Азоту оксид	10102-43-9	3	—	—	—	☐
Акрилонітрил	107-13-1	2	2	органи дихання	0.24	☐
...	...	...	...	центральна нервова	...	☐

* - обов'язкове поле

✓ ☐ *Назва *CAS *Клас небезпеки (1-4) *RFC Органи ураження (хр.) *SFi

Рисунок 3.10 – Переміщення обраних речовин на початок списку

Щоб полегшити пошук потрібних речовин, користувач може скористатися пошуком у верхньому правому куті програми (рис. 3.11). При введенні запиту у пошук в таблиці залишаться лише ті речовини, назви яких містять цей текст. Також можна швидко обрати або видалити знайдені речовини, використовуючи кнопку в заголовку таблиці.

Речовини

8/388 релевантні для заданих критеріїв

Пошук: фтор

Назва	CAS	Клас небезпеки	RFC	Органи ураження (хр.)	SFi	☐
Водень фтористий	7664-39-3	2	0.03	кісткова система, органи дихання	—	☐
Дихлордіфторметан	75-71-8	4	0.2	печінка, вроджені вади розвитку	—	☐
Дихлорфторметан	75-43-4	4	0.6	—	—	☐
Трихлорфторметан	75-69-4	4	20	вроджені вади розвитку, нирки, органи дихання	—	☐
Уран гексафторид	7783-81-5	—	—	—	—	☐
Фтор	7782-41-4	—	—	—	—	☐
Фтористо-водородна кислота	7664-39-3	2	—	—	—	☐
Хлоридфторметан	75-45-6	4	50	нирки, шлунково-кишковий тракт, вроджені вади	—	☐

*- обов'язкове поле

✓ *Назва *CAS *Клас небезпеки (1-4) *RFC Органи ураження (хр.) *SFi

Рисунок 3.11 – Пошук по речовинах

Після того як користувач додасть нові речовини до таблиці, є два варіанти збереження:

- зберегти поточну таблицю речовин за допомогою кнопки у верхньому меню. Надалі користувач зможе завантажити збережені речовини з того меню;
- зберегти таблицю у директорію з конфігурацією. У цьому випадку додані речовини будуть автоматично завантажуватися на старті кожного нового дослідження.

Введення концентрації. Для кожної введенної точки та доданої хімічної речовини користувач має ввести значення концентрації (або дози) (рис. 3.12). Програма підтримує введення у науковому форматі, де дробова частина відокремлена комою. Якщо концентрація неправильна (наприклад, нульова), програма підсвітить це значення червоним, вказуючи на необхідність його виправлення. Користувач повинен заповнити всі значення, щоб мати можливість перейти на наступну сторінку.

Risk Assessment Tool		
Концентрація		
	м. Запоріжжя, 2020 р.	м. Запоріжжя, Сєдова вулиця
Акролеїн	0.01	0
Акрилова кислота	0	0
Зважені частинки (TSP)	0	0

Рисунок 3.12 – Введення концентрації

Порівняльні таблиці. На цьому етапі програма має достатньо інформації для розрахунку кількісної характеристики ризику на основі введених даних. Користувач може розрахувати вплив від канцерогенних, неканцерогенних речовин та зважених часток. Для кожного типу програма створює спеціальні таблиці та графіки.

Користувач також може вибрати кілька типів одночасно, і програма виведе таблиці для кожного типу одна за одною.

Кожна таблиця може бути збережена (або скопійована в буфер обміну) як зображення для використання у презентаціях, статтях або звітах. Також таблицю можна додати до фінального звіту, натиснувши відповідну кнопку під нею.

Таблиці канцерогенного ризику. Таблиця порівняння характеристик для канцерогенного ризику включає такі елементи для кожної речовини (рис. 3.13):

- точка експозиції, що порівнюється;
- $LADD(abc)$ – середня добова доза/концентрація впливу протягом життя;
- $ICR(abc)$ – індивідуальний канцерогенний ризик;
- $PCR(abc)$ – популяційний канцерогенний ризик;
- $PCR(abc)_{10000}$ – популяційний канцерогенний ризик на 10000 осіб;
- рівень ризику.

Risk Assessment Tool

Таблиці

Канцерогенний ризик

Азобензол : Гострий канцерогенний ризик

	м. Запоріжжя, 2020 р.	м. Запоріжжя, Сєдова вулиця
Концентрація	0.0053	0.0048
LADD	0.00169	0.00153
ICR	0.000186	0.000169
PCR	136	1.77
PCR на 10000	1.86	1.69
Рівень ризику	Середній	Середній

Гострий сумарний канцерогенний ризик

	м. Запоріжжя, 2020 р.	м. Запоріжжя, Сєдова вулиця
ICR сум.	0.000186	0.000169
Рівень ризику	Високий	Високий

Рисунок 3.13 – Порівняльна таблиця для канцерогенного ризику

Крім того, генерується таблиця порівняння сумарного канцерогенного ризику для всіх речовин. Для кожного місця дослідження вона включає такі записи:

- *ICR сумарний* – загальний індивідуальний канцерогенний ризик для всіх речовин;
- рівень ризику.

Таблиці неканцерогенного ризику. Таблиці кількісної характеристики неканцерогенного ризику створюються окремо для кожної точки експозиції та відображають як загальний неканцерогенний ризик, так і ризик для кожного органу, що може бути уражений. У таблиці наявні такі дані (рис. 3.14):

- назва речовини;
- доза (концентрація);
- *HQ* – коефіцієнт небезпеки;
- органи ураження;
- рівень ризику.

Також у таблиці зазначені:

- *HI* – загальний індекс небезпеки;
- *HIo* – індекс небезпеки для конкретного органу ураження *O*.

Таблиці ризику від дії зважених часток. Таблиця порівняння ризику від дії зважених часток містить таку інформацію (рис. 3.15):

- концентрація зважених часток у повітрі;

- IRM – рівень добової смертності, пов'язаний з впливом твердих часток;
- SF – індивідуальний коефіцієнт ризику;
- AM – кількість додаткових випадків смерті від концентрації твердих часток;
- AM_{10000} – кількість додаткових випадків смерті на 10000 осіб.

Рис. 3.14. Порівняльна таблиця для неканцерогенного ризику

Таблиці

Неканцерогенний ризик

м. Запоріжжя, 2020 р.: Хронічний неканцерогенний ризик

Речовина	Концентрація	RfC	HQ	Критичні органи	Рівень ризику
Акрилова кислота	0.003	1	0.003	органи дихання	Мінімальний
Акролеїн	0.001	2E-05	50	органи дихання	Критичний
Ні загальний	—	—	50	органи дихання	Критичний
Ні органи дихання	—	—	50	органи дихання	Критичний

м. Запоріжжя, Седова вулиця: Хронічний неканцерогенний ризик

Речовина	Концентрація	RfC	HQ	Критичні органи	Рівень ризику
Акрилова кислота	0.005	1	0.005	органи дихання	Мінімальний
Акролеїн	0.0012	2E-05	60	органи дихання	Критичний
Ні загальний	—	—	60	органи дихання	Критичний
Ні органи дихання	—	—	60	органи дихання	Критичний

Рисунок 3.14 – Порівняльна таблиця для неканцерогенного ризику

Рис. 3.15. Порівняльна таблиця для ризику від дії зважених часток

Таблиці

Ризик від дії зважених частинок

Ризик від дії зважених частинок

	м. Запоріжжя, 2020 р.	м. Запоріжжя, Седова вулиця
Концентрація	0.0023	0.0016
IRM	2.13E-07	5.63E-07
SF	0.00545	0.0144
AM	5.05	0.132
AM на 10000	0.069	0.127

Рисунок 3.15 – Порівняльна таблиця для ризику від дії зважених часток

Графіки порівняння ризику. Після аналізу таблиць користувач може ознайомитися з графіками, щоб візуалізувати результати дослідження. Як і таблиці, графіки відображають канцерогенний, неканцерогенний ризики та ризик від дії зважених часток.

Користувач може зберегти або скопіювати графіки користуючись відповідними кнопками. Також графіки можна додати до фінального звіту, натиснувши кнопку під графіком.

Графіки канцерогенного ризику. Графіки канцерогенного ризику будуються двома способами (рис. 3.16):

- загальний графік для всіх речовин і всіх точок експозиції;
- окремий графік для кожної речовини, що відображає її вплив на кожну точку експозиції.

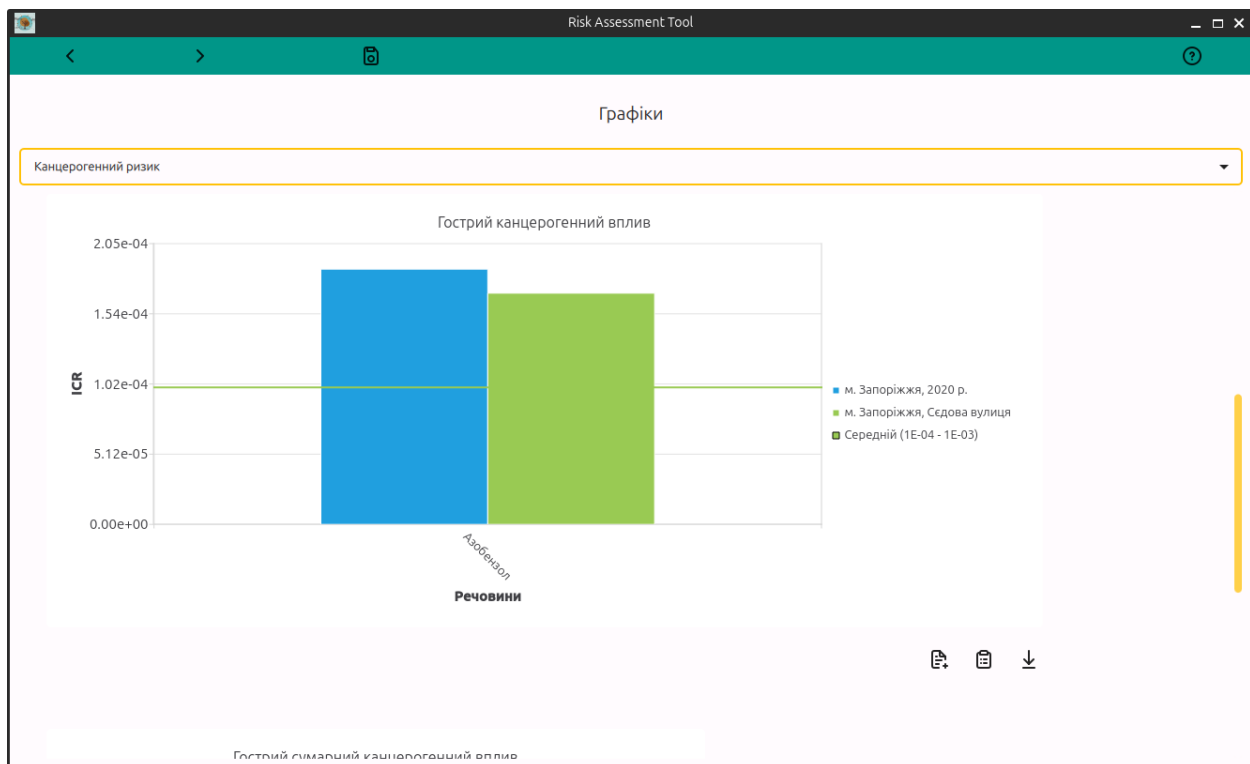


Рисунок 3.16 – Графік канцерогенного ризику

Обидва типи графіків застосовують рівень *ICR* – індивідуальний коефіцієнт ризику.

Крім стовпчиків, що відображають рівень ризику, графіки містять лінії меж для різних рівнів ризику (мінімальний, низький, середній, високий), що дозволяє швидко оцінити результати.

Для сумарного канцерогенного ризику також створюється окремий графік, який відображає загальний індивідуальний канцерогенний ризик за всіма речовинами для кожної точки експозиції.

Графіки неканцерогенного ризику. Графіки неканцерогенного ризику представлені у вигляді кругових діаграм, які відображають рівень *HI* – індексу небезпеки від впливу речовини на органи (рис. 3.17).

Кожна кругова діаграма відображає неканцерогенний ризик двома способами: внесок окремих речовин до загального ризику; розподіл впливу за органами ураження.

Також є можливість побудувати стовпчикові діаграми, які дозволяють порівнювати вплив окремих речовин або ризик для окремих органів (рис. 3.18).

Графіки ризику від дії зважених часток. Графіки ризику від дії зважених часток зображуються у вигляді стовпчикових діаграм і відображають рівень *AM* – кількість додаткових випадків смерті залежно від концентрації твердих часток (рис. 3.19).

На графіках відображається кількість додаткових випадків смерті як для всього населення точки експозиції, так і для 10000 осіб, щоб користувач міг легко порівнювати ризики в різних точках.

Відображення рівня ризику на мапі. На цьому етапі користувач може переглянути рівень ризику для кожної точки експозиції на мапі. Кожна точка відображається у вигляді маркера, колір якого відповідає рівню ризику: зелений – мінімальний ризик; жовтий – низький ризик; помаранчевий – середній ризик; червоний – високий ризик; фіолетовий – максимальний ризик.

Користувач може обрати, які саме ризики відображати на мапі, наприклад, канцерогенний ризик, неканцерогенний ризик або ризик від дії зважених часток. Це дозволяє користувачу зосередитися на конкретних аспектах дослідження (рис. 3.20).

Побудовані мапи можна зберегти або додати до фінального звіту, так само як і таблиці та графіки.

Фінальний звіт. На кінцевому етапі користувачу пропонується створити фінальний звіт дослідження, який буде включати вхідні дані (рис. 3.21):

- точки дослідження, їх населення і випадки смерті, якщо дослідження передбачає їх використання;
- вибрані хімічні речовини та їх концентрації;
- таблиці, графіки та мапи, які користувач додав до звіту.

Звіт може бути збережений як документ у форматі *ODF* (Open Document Format) для перегляду і подальшої роботи в таких програмах, як Microsoft Word, Google документи або LibreOffice Writer (рис. 3.22).

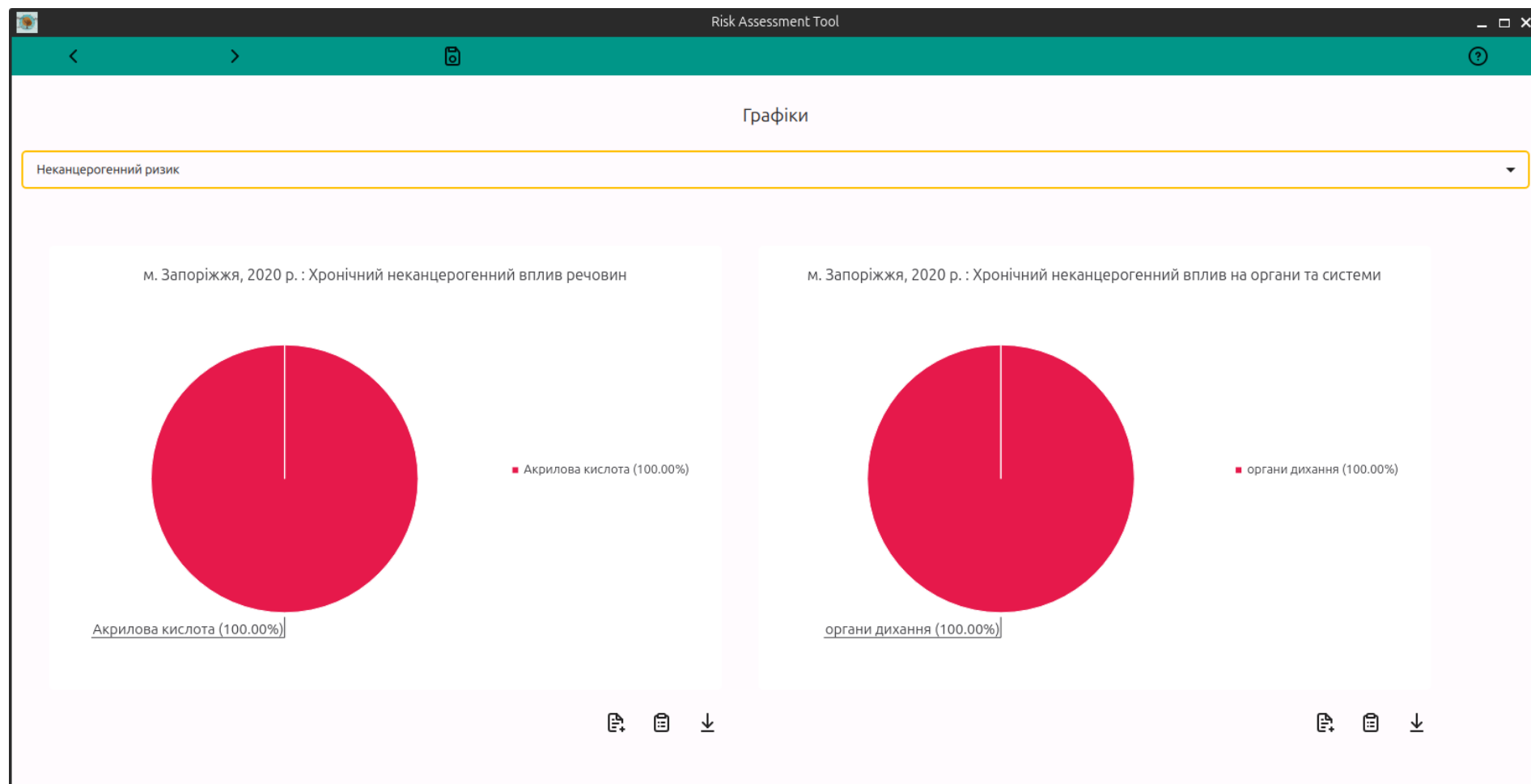


Рисунок 3.17 – Графік неканцерогенного ризику

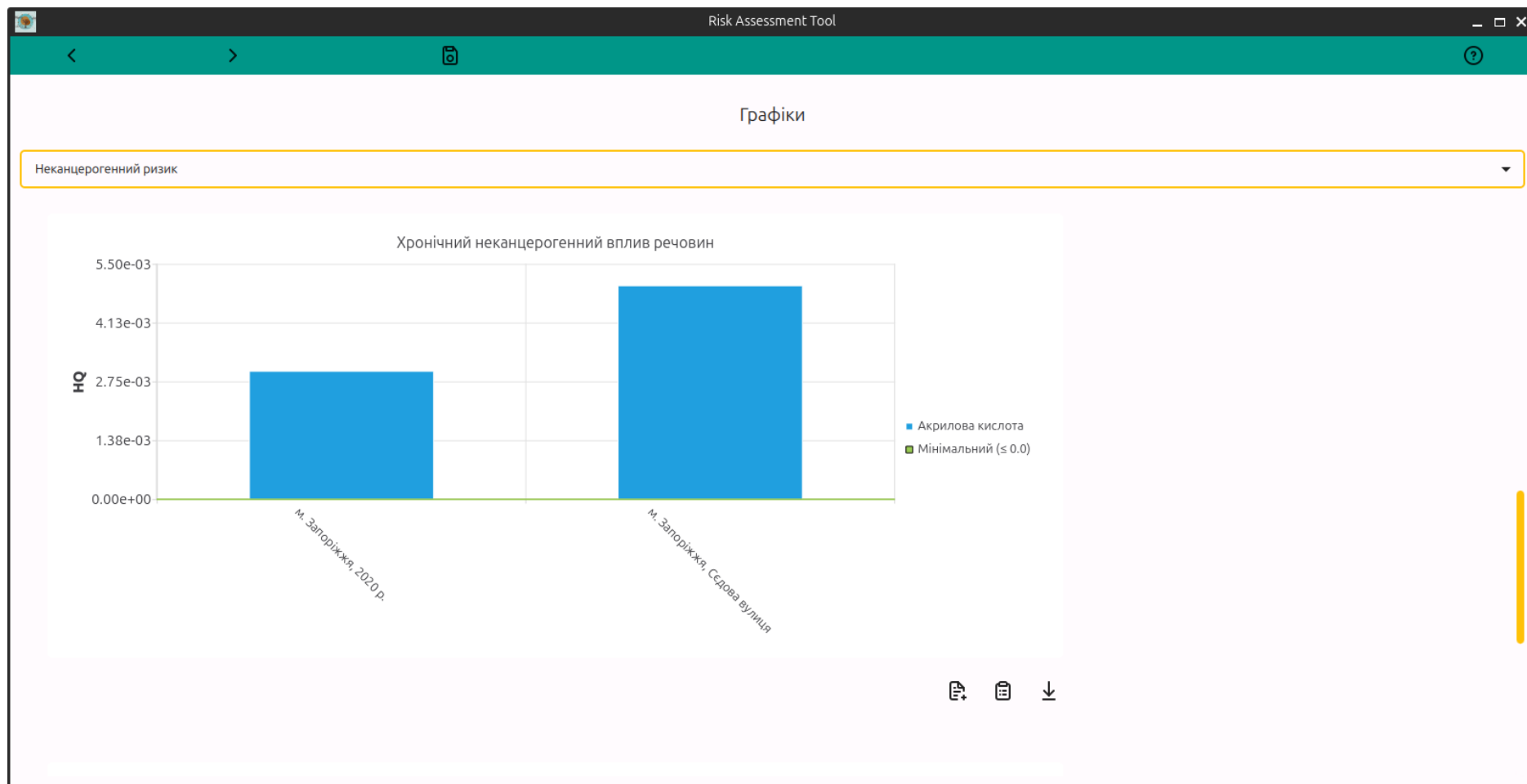


Рисунок 3.18 – Загальний графік неканцерогенного ризику

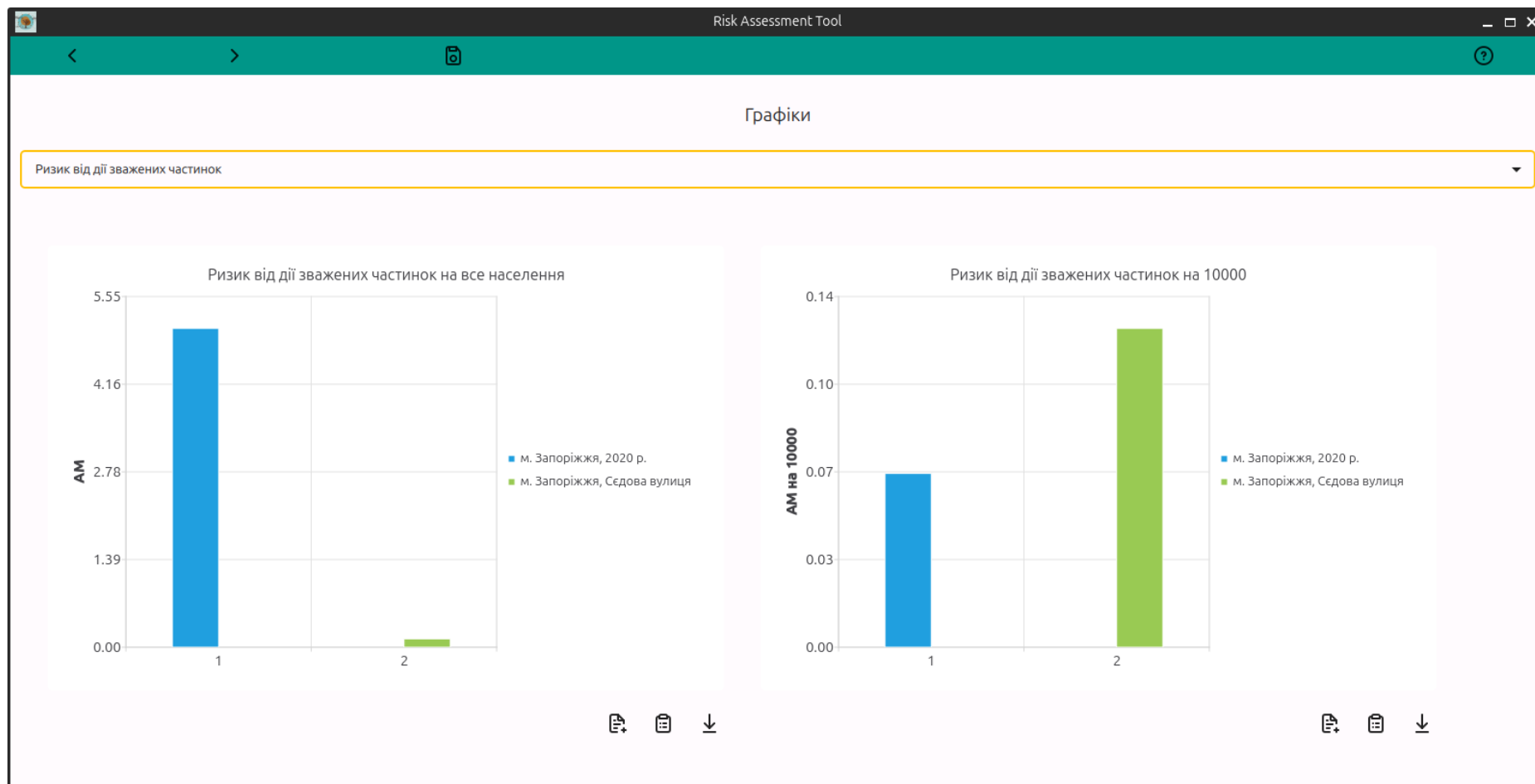


Рисунок 3.19 – Графік ризику від дії зважених часток

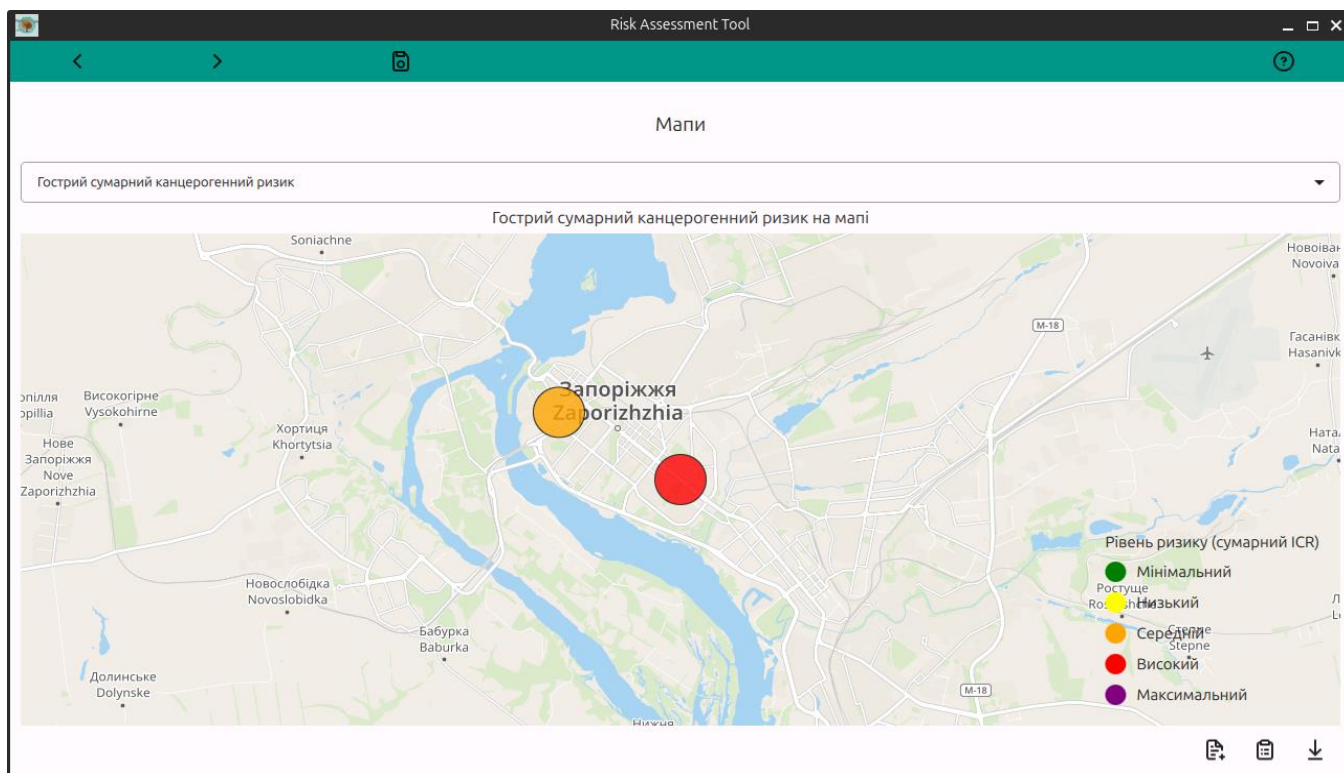


Рисунок 3.20 – Відображення ризику на мапі

Звіт

Акрилонітрил : Гострий канцерогенний ризик

	М. Запоріжжя, 2020 р.	М. Запоріжжя, проспект Металургів
Концентрація	0.004	0.001
LADD	0.00128	0.00032
ICR	0.000307	7.67E-05
PCR	225	0.767
PCR на 10000	3.07	0.767
Рівень ризику	Середній	Низький

Акрилонітрил : Гострий канцерогенний вплив

Рисунок 3.21 – Створення фінального звіту

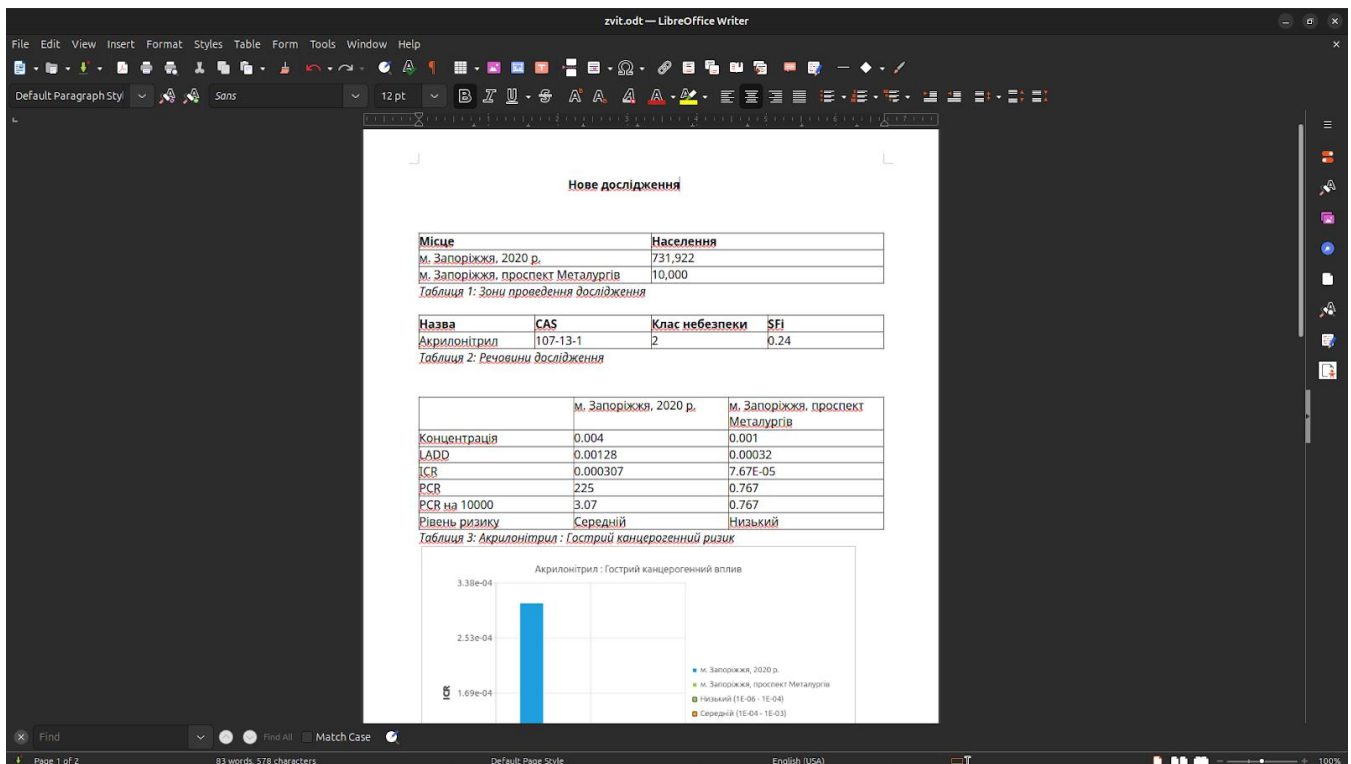


Рисунок 3.22 – Редагування звіту в програмі LibreOffice Writer

Завдання

Промисловий комплекс *N* відноситься до підприємств, що характеризується великою кількістю викидів як за рахунок організованих, так і неорганізованих джерел, і надходженням в атмосферу речовин, різних за спрямованістю дії на здоров'я.

Загальна кількість встановлених джерел викидів шкідливих речовин в атмосферу становить – 1223. Кількість речовин, що враховуються при встановленні ГДВ, становить – 28.

Організовані джерела об'єднують 7 груп:

- труби установок отримання сірки;
- труби технологічних печей і підігрівачів;
- димові труби котелень;
- горизонтальні і вертикальні факельні пристрої;
- свічки розсіювання;
- вентиляційні викиди;
- резервуарний парк.

Неорганізовані викиди складаються з:

- витоків технологічних середовищ через нещільні з'єднання обладнання і трубопроводів;
- виділення сірководню при затвердінні сірки на картах;
- викидів сірчаного пилу при розробці штабелів і навантаженні;
- випарів вуглеводнів в нафтопастках, відстійниках і т.д.

Одинадцять організованих джерел представлені високими нагрітими викидами – 180-216 м. Для таких джерел «зоною максимального забруднення» є, як правило, 10-40 Н висоти труби, тобто ця зона може скласти 1800-8500 метрів зі зниженням за межами цієї зони. З урахуванням наявності неорганізованих викидів і труб різної висоти, основна зона для вивчення впливу на здоров'я населення, що проживає на прилеглих до комплексу територіях, повинна бути в радіусі не менше 10 км від промайданчика комплексу N.

Завдання 1. Встановити на комп'ютер/ноутбук комп'ютерну програму «ECORISK».

Завдання 2. Розподілити речовини відповідно до потенційної канцерогенної небезпеки викидів.

Завдання 3. Відібрати 12 найбільш пріоритетних речовин з урахуванням їх неканцерогенної відносної небезпеки.

Для кількісної оцінки експозиції та ризиків необхідно попередньо відібрати пріоритетні речовини у відповідності з наведеними в таблицях 3.1 і 3.2 критеріями. Ранговий коефіцієнт (HRI_c) порівняльної канцерогенної небезпеки можна визначити за такою формулою:

$$HRI_c = E \cdot W_c \cdot P / 1000, \quad (3.1)$$

де E – величина умовної експозиції, що виражається в обсягах річного викиду, т/рік;

W_c – ваговий коефіцієнт канцерогенного ефекту;

P – чисельність населення, що зазнає впливу, доцільно виражати в балах.

При дуже виражених розходженнях у чисельності населення на порівнюваних територіях значення P слід представляти в балах: <1000 чол. – 1 бал, 1000-100 000 чол. – 2 бали, 100 000-10 000 000 чол. – 3 бали, > 10 000 000 чол. – 4 бали.

Таблиця 3.1 – Вагові коефіцієнти для оцінки канцерогенних ефектів

Діапазон змін величин фактора канцерогенного потенціалу SF_i	Ваговий коефіцієнт (W_c) залежно від величини фактора канцерогенного потенціалу SF_i
< 0,005	10
0,005 - < 0,05	100
0,05 - < 0,5	1000
0,5 - < 5,0	10 000
5,0-50,0	100 000
>50,0	1 000 000

При порівнянні небезпеки забруднень різних об'єктів навколишнього середовища величину E слід представляти в балах: надходження в кількості <10 т/рік – 1 бал, 10-100 – 2 бали, 100-1000 – 3 бали, 1000-10 000 – 4 бали, > 10 000 – 5 балів.

Приклад розрахунку HRI_c :

1) дозволений викид/ПДВ речовини X на рік становить 17 тонн;

2) SF цієї речовини дорівнює $1,4 \text{ (мг/кг-день)}^{-1}$;

3) населення, що знаходиться під впливом, 50 000 чоловік.

Звідси

$$HRI_c = 2 \cdot 10000 \cdot 3 / 1000 = 60.$$

Таблиця 3.2 – Вагові коефіцієнти для оцінки неканцерогенних ефектів

Діапазон змін величин референтної концентрації (RfC)	Ваговий коефіцієнт (W) залежно від величини референтної концентрації
$< 0,000175$	100 000
$0,000175 - < 0,00175$	10 000
$0,00175 - < 0,0175$	1000
$0,0175 - < 0,175$	100
$0,175 - 1,75$	10
$> 1,75$	1

Ранговий коефіцієнт неканцерогенної небезпеки викиду (HRI) обчислюється за формулою:

$$HRI = E \cdot W \cdot P / 10000, \quad (3.2)$$

де W – в даному випадку ваговий коефіцієнт неканцерогенної небезпеки.

Завдання 4. За допомогою комп'ютерної програми «ECORISK» розрахувати індивідуальний канцерогенний ризик для населення протягом усього життя з використанням факторів канцерогенного потенціалу (SF) за формулою:

$$ICR = LADD \times SF, \quad (3.3)$$

де ICR – індивідуальний канцерогенний ризик для населення протягом усього життя (70 років);

$LADD$ – середня добова доза, $\text{мг}/(\text{кг} \cdot \text{день})$, що розраховується за формулою:

$$LADD = [C \times CR \times ED \times EF] / [BW \times AT \times 365], \quad (3.4)$$

де C – концентрація речовини в атмосферному повітрі, $\text{мг}/\text{м}^3$;

CR – швидкість надходження повітря, $\text{м}^3/\text{день}$, 20 м^3 ;

ED – тривалість впливу, роки, 70 років;

EF – частота впливу, днів/рік, 365 днів;

BW – маса тіла людини, кг , 70 кг ;

AT – період осереднення експозиції (для канцерогенів $AT = 70$ років);

365 – число днів у році;

SF – фактор канцерогенного потенціалу.

Завдання 5. За допомогою комп'ютерної програми «ECORISK» розрахувати сумарний канцерогенний ризик для інгаляційного шляху надходження від усіх канцерогенів в атмосферному повітрі за формулою:

$$R_{\text{total}} = R_1 + R_2 + \dots R_n, \quad (3.5)$$

де R_{total} – сумарний канцерогенний ризик для інгаляційного шляху надходження;

R_1, R_2, R_n – канцерогенний ризик від кожної речовини суміші.

Завдання 6. За допомогою комп'ютерної програми «ECORISK» розрахувати річний популяційний канцерогенний ризик для всього району за формулою:

$$PCR = ICR \times N / 70, \quad (3.6)$$

де N = кількість жителів.

Завдання 7. За допомогою комп'ютерної програми «ECORISK» розрахувати неканцерогенний ризик для здоров'я населення. Характеристика ризику розвитку неканцерогенних ефектів для окремих речовин проводиться на основі розрахунку коефіцієнта небезпеки (HQ) за формулою:

$$HQ = \frac{AC}{RfC}, \quad (3.7)$$

де HQ – коефіцієнт небезпеки;

AD – середня доза, мг/кг;

AC – середня концентрація, мг/м³;

RfD – референтна (безпечна) доза, мг/кг;

RfC – референтна (безпечна) концентрація, мг/м³.

Завдання 8. За допомогою комп'ютерної програми «ECORISK» розрахувати індекси небезпеки.

Характеристика ризику розвитку неканцерогенних ефектів при комбінованому і комплексному впливі хімічних сполук проводиться на основі розрахунку індексу небезпеки (HI).

Індекс небезпеки для умов одночасного надходження декількох речовин одним і тим же шляхом (наприклад, інгаляційним або пероральним) розраховується за формулою:

$$HI_j = HQ_1 + HQ_2 + \dots + HQ_n, \quad (3.8)$$

де HQ_i – коефіцієнти небезпеки для окремих компонентів суміші хімічних речовин, що впливають.

Завдання 9. За допомогою комп'ютерної програми «ECORISK» розрахувати індивідуальний коефіцієнт ризику (SF), що відображає число додаткових випадків смерті від вдихання суми зважених речовин PM_{10} протягом усього життя із зростанням концентрації на кожні 10 мкг/м^3 , розраховується за формулою:

$$SF = IRM \cdot 69,1 \cdot 365, \quad (3.9)$$

де IRM – передбачуваний рівень добової смертності в місті Запоріжжі, пов'язаної з впливом концентрації $10 \text{ мкг/м}^3 PM_{10}$ щодня на все населення міста;

69,1 років – очікувана тривалість життя в місті Запоріжжі у обох статей у середньому в 2024 р. (середня тривалість життя чоловіків становить 65 років, а жінок – 76);

365 – число днів у році.

$$IRM = \frac{10943 \cdot 0,005}{365 \cdot N}, \quad (3.10)$$

де 10943 – число випадків смертей у місті Запоріжжя в 2018 р., виходячи з показника 14,2 осіб на 1000 чоловік населення;

0,005 – зростання добової смертності на кожні $10 \text{ мкг/м}^3 PM_{10}$;

365 – число днів у році;

N – чисельність населення, яка становить 745432 осіб в м. Запоріжжі у 2024 р.

Число додаткових випадків смерті в кожній рецепторній точці від концентрації PM_{10} , зумовленої викидами досліджуваного підприємства, розраховується за формулою:

$$AM = C \cdot SF \cdot N, \quad (3.11)$$

де C – концентрація PM_{10} в мкг/м^3 ;

N – кількість населення, що проживає в рецепторній точці.

Вихідні дані для розрахунків наведені в табл. 3.3.

Попередні розрахунки свідчать, що під впливом речовин, наведених у таблиці 3.3 під номерами: 1, 2, 3, 4, 8, 9, 10, 22, знаходиться 120 тис. осіб, а під впливом інших речовин – 90 тис. осіб.

Завдання 10. За допомогою комп'ютерної програми «ECORISK» побудувати відповідні графіки до завдань 4-9, зробити фінальний звіт розрахунків.

Таблиця 3.3 – Вихідні дані для розрахунків

№	Найменування речовин	CAS	Дозволений викид (ПДВ) т/рік	C, мг/м ³	RfC, мг/м ³	SF _i , (мг/кг·сут) ⁻¹	HRI	HRIc	Ранг по HRI	Ранг по HRIc	Спрямо-ваність дії (органи-системи)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	Азоту діоксид	10102-44-0	2421,2285	0,08							
2.	Аміак	7664-41-7	0,7462	0,09							
3.	Сірки діоксид	7446-09-5	64211,737	0,03							
4.	Сірководень	7783-06-4	237,3179	0,006							
5.	Водень фтористий	7664-39-3	0,1063	0,009							
6.	Вуглецю оксид	630-08-0	48607,622	5							
7.	Фториди	16984-48-8	0,0183	0,09							
8.	Бензол	71-43-2	13,2062	0,4							
9.	Ксилол	1330-20-7	3,4042	0,9							
10.	Толуол	108-88-3	13,1626	0,6(p)							
11.	Етилбензол	100-41-4	0,3318	0,02 (P)							
12.	Спирт бутиловий	71-36-3	0,0001	0,7							
13.	Спирт метиловий	67-56-1	10,5791	0,3							

Продовження табл. 3.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
14.	Спирт етиловий	64-17-5	1,1537	8,0							
15.	Бутилацетат	123-86-4	0,6708	0,9							
16.	Формальдегід	50-00-0	1,015	0,085							
17.	Ацетон	67-64-1	0,7138	0,45							
18.	Метилмеркаптан	74-93-1	0,00006	$3 \cdot 10^{-5}$							
19.	Бензин нафтовий		9,6861	1,9							
20.	Гас	8008-20-6	165,8881	1,45							
21.	Алюмінію оксид	1344-28-1	1,8557	0,045							
22.	Марганець і його з'єднання	7439-96-5	0,1501	0,0016							
23.	Нікелю оксид	1313-99-1	0,00007	0,00019							
24.	Свинець	7439-92-1	0,0024	0,00036							
25.	Хром VI	185640-29-9	0,0035	0,0019							
26.	Сажа	1333-86-4	602,774	0,086							
27.	Бенз(а)пірен	50-32-8	0,0004	0,186							
28.	Завислі частинки		142,8993	0,198							

Питання для самоконтролю

1. Яке призначення комп'ютерної програми «ECORISK»?
2. Які операції дозволяє виконати програми «ECORISK»?
3. Чому було обрано мову програмування C++ та графічний фреймворк Qt?
4. Які кроки передбачені програмою «ECORISK», що відображені на окремих сторінках?
5. Охарактеризуйте етапи комп'ютерної програми: експозиції, залежності «доза–відповідь», характеристики ризику.
6. Опишіть структуру програми «ECORISK».

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 4. СТРУКТУРА ПРОЦЕСУ ОЦІНКИ ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ

Мета заняття – аналізувати передумови здійснення оцінки впливу на довкілля; навчити здобувачів процесу оцінки впливу на довкілля; навчити досліджувати та фіксувати інформацію з оцінки впливу на довкілля.

Теоретичні відомості

Виконання цієї роботи має на меті навчити студентів про-цесу оцінки впливу на довкілля. Ці матеріали дозволяють досліджува-ти, оцінювати та фіксувати інформацію, яка допомагає громадянам та державним органам влади вірно з'ясувати ризик та здобутки від запла-нованої діяльності, а також розумні альтернативи до неї. Цю інформа-цію роблять доступною для осіб та організацій, яких стосуватиметься цей проект, зокрема спеціалісти-екологи, проектувальники та громад-ськість. Розділ оцінки впливу на довкілля повинен містити всі важливі дані про природу діяльності, яка пропонується, розумні альтернативи до неї з урахуванням альтернативи невторчання, її мету та необхідність. Цей розділ у проектній документації стає вагомим важелем для прийняття рішення щодо проектованої діяльності.

Після обговорення в групі про можливі етапи проведення оцінки впливу на довкілля, необхідно скласти блок-схему структури процесу оцінки впливу на довкілля.

В процесі оцінки впливу на довкілля приймають участь наступні зацікавлені сторони:

- громадськість – місцеве населення, громадські організації, конфесії, окремі групи населення;
- інвестор – замовник проекту;
- проектувальник – виконавець проекту, у тому числі і його еко-логічної частини;
- спостерігачі – адміністративні та контролюючі органи державної влади.

Етапи процесу оцінки впливу на довкілля мають бути логічно взаємопов'язані між собою та бути зрозумілими для усіх учасників процесу.

До основних етапів належать:

- авторський нагляд за впровадженням проекту з оцінки впливу на довкілля;
- вибір найкращої альтернативи;
- визначення мети проекту;
- визначення кола питань, які потрібно розглянути під час оцінки впливу на довкілля;
- визначення різних альтернатив, за допомогою яких можна дося-гнути мети проекту;
- визначення необхідних експертів та зацікавлених сторін;
- визначення сучасної екологічної ситуації та характеристик до-вкілля;
- впровадження обраної альтернативи;

- зменшення негативних впливів;
- опублікування «Заяви про екологічні наслідки» в засобах масової інформації;
- передача на розгляд і погодження документа з оцінки впливу на довкілля до відповідних установ;
- підготовка проекту документа з оцінки впливу на довкілля;
- підготовка остаточного варіанту документа з оцінки впливу на довкілля об'єкта господарської діяльності;
- підготовка затвердженого документа з оцінки впливу на довкілля та складання «Заяви про екологічні наслідки»;
- поширення остаточного варіанту документа з оцінки впливу на довкілля для ознайомлення з зацікавленими установами;
- порівняння альтернатив;
- процес попередньої оцінки впливу на довкілля;
- прогноз і оцінка впливів на компоненти середовища;
- рішення продовжувати процес оцінки впливу на довкілля;
- розгляд зауважень по проекту документа з оцінки впливу на довкілля;
- розгляд та, при необхідності, врахування зауважень після поширення остаточного варіанту документа з оцінки впливу на довкілля;
- складання «Завдання на розробку матеріалів оцінки впливу на довкілля»;
- складання «Заяви про наміри проектованої діяльності».

Завдання

1. З вищенаведених етапів оцінки впливу на довкілля певного об'єкта господарювання потрібно скласти блок-схему процесу оцінки впливу на довкілля.
2. На утвореній блок-схемі стрілками позначити послідовність етапів.
3. На кожному етапі оцінки впливу на довкілля вказати учасників процесу серед чотирьох груп зацікавлених сторін: проектувальників, інвесторів, громадськості, спостерігачів.

Запитання для самоконтролю

1. Що таке оцінка впливу на довкілля?
2. Що вивчає оцінка впливу на довкілля?
3. Що є об'єктом оцінки впливу на довкілля?
4. Який характер носять висновки державної оцінки впливу на довкілля?
5. Чого не має права робити замовник оцінки впливу на довкілля?
6. Що є порушенням законодавства про оцінку впливу на довкілля?
7. Основні положення, закони, законопроекти про екологічне управління.
8. Обґрунтувати основний зміст Закону про оцінку впливу на довкілля.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 5. ВИЗНАЧЕННЯ ТИПІВ ЕКОЛОГІЧНИХ ВПЛИВІВ

Мета заняття – аналізувати передумови здійснення оцінки впливу на довкілля; аналізувати та доповнювати перелік видів діяльності та об'єктів, що становлять підвищену екологічну небезпеку.

Теоретичні відомості

Ефективне здійснення оцінки впливу на довкілля є необхідною частиною будь-якого інвестиційного процесу. Це обґрунтовується наступним, по-перше, що найбільш важливо, природні ресурси, якість навколишнього середовища та здоров'я людей ефективно захищаються в межах обґрунтованої економічної екологічної політики та належного процесу оцінки впливу на довкілля. По-друге, матеріали оцінки впливу на довкілля інтегрують у проектних документах, увесь обсяг інформації, яка стосується запланованої діяльності, природи впливу на навколишнє середовище та типів екологічного впливу, які можуть виникнути в результаті здійснення запланованих альтернативних рішень до цієї діяльності. По-третє, точне визначення стану природних ресурсів на початкових стадіях вирішення питань про здійснення запланованої діяльності сприяє вибору найбільш доцільних альтернатив, запобіганню забруднення та використання найбільш прийнятної технології з метою скорочення негативного впливу на навколишнє середовище. Тому, на початкових стадіях проведення оцінки впливу на довкілля дуже важливе визначення сфери діяльності та сучасного стану навколишнього середовища. Сфера діяльності – це найперший і найголовніший процес виділення питань та вибору альтернатив, які мають бути вивчені при оцінці впливу на довкілля щодо певної діяльності.

Завдання

1. Зробити опис діяльності, що запропонована у варіантах завдань в табл. 5.1, згідно свого варіанту.
2. Розробити довільну карту-схему, яка характеризує діяльність, що запропонована. На карті-схемі повинні бути зображені такі обмежуючі планову діяльність природні фактори – поверхневі води (річка, озеро, ставок), заповідний чи рекреаційний об'єкт (урочище, ботанічний сад, парк відпочинку, заказник, заповідник, національний природний парк), урбанізований населений пункт із житловою забудовою (місто, село, селище міського типу).
3. Встановити сферу діяльності оцінки впливу на довкілля.
4. Надати порівняльну таблицю усіх «ЗА» та «ПРОТИ» доцільності запропонованої діяльності.
5. Розробити перелік питань, які необхідно розглянути під час оцінки впливу на довкілля експертній комісії з фахівців екологів та проектувальників.

6. Встановити та описати, на які компоненти і якого рівня очікуються впливи.

7. На карті-схемі вказати місця або зони очікуваних впливів.

8. Скласти «Завдання на проведення оцінки впливу на довкілля».

9. Зробити висновок про доцільність запропонованої діяльності.

Таблиця 5.1 – Варіанти завдань до практичної роботи 5

№ варіанту	Запланована діяльність
1	Будівництво міських водоочисних споруд
2	Будівництво автомагістралі
3	Будівництво компресорної насосної станції
4	Будівництво міського сміттєзвалища
5	Будівництво ТЕС
6	Будівництво туристично-рекреаційного комплексу
7	Будівництво мартенівського виробництва
8	Будівництво ферасплавного виробництва
9	Розробка нафтового родовища
10	Будівництво підприємства по переробці паперу

Запитання для самоконтролю

1. Правові питання оцінки впливу на довкілля.

2. Принципи оцінки впливу на довкілля.

3. Строки проведення оцінки впливу на довкілля.

4. Закордонна практика проведення оцінки впливу на довкілля.

5. Основні поняття, мета і завдання оцінки впливу на довкілля.

6. Опишіть європейську модель інституту оцінки впливу на довкілля.

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Сучасна система збалансованого природокористування» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 162 «Біотехнології та біоінженерія» за освітньо-професійною програмою «Біотехнології та біоінженерія». Укладач Непошивайленко Н. О. Кам'янське : ДДТУ, 2019. 35 с.
2. Семерня О. М. Оцінка впливу на довкілля: практикум. Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, 2019. 112 с.
3. Винярска М. Г., Кітовський В. Л., Кондратюк О. І. Оцінка впливу на довкілля: умови та досвід реалізації в Україні / за ред. А. М. Мартинюк, Н. В. Холодова. Рівне : Екоклуб, 2021. 181 с. URL: <http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi76/0056692.pdf> (дата звернення: 02.06.2025).
4. Волошина Н. О., Волошин О. Г. Оцінка впливу на довкілля : навч.-метод. посіб. Київ : НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2019. 150 с. URL: <http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi72/0052992.pdf> (дата звернення: 02.06.2025).
5. Пацева І. Г., Мельник-Шамрай В. В., Лук'янова В. В. Оцінка впливу на довкілля : навч. посіб. Житомир : Держ. ун-т "Житомир. політехніка", 2022. 168 с. URL: <http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi73/0053646.pdf> (дата звернення: 02.06.2025).
6. Коваленко Ю. Л. Оцінка впливу на довкілля : конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання зі спеціальності 101 – Екологія) / Ю. Л. Коваленко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. 46 с. URL: <https://eprints.kname.edu.ua/63172/> (дата звернення: 02.06.2025).
7. Белоконь К. В., Тулушев Є. О. Аналіз впливу технологій промислових підприємств та автотранспорту на стан екологічної безпеки атмосферного повітря (на прикладі м. Запоріжжя) : монографія. Запоріжжя : Гельветика, 2020. 308 с.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна:

1. Оцінка впливу на довкілля: впровадження природоохоронних практик та кліматичної політики ЄС. навч. посіб. Суми : Сум. нац. аграр. ун-т, 2021. 152 с. URL: https://jm.snau.edu.ua/wp-content/uploads/2021/06/posibnik_1623674876.pdf (дата звернення: 02.06.2025).
2. Пацева І. Г., Мельник-Шамрай В. В., Лук'янова В. В. Оцінка впливу на довкілля: навч. посіб. Житомир : Держ. ун-т «Житомир. політехніка». 2022. 168 с. URL: <https://eztuir.ztu.edu.ua/handle/123456789/8111> (дата звернення: 02.06.2025).
3. Волошина Н. О., Волошин О. Г. Оцінка впливу на довкілля: навч.-метод. посіб. Київ: НПУ ім. М. П. Драгоманова, 2019. 150 с. URL: <https://enpuir.npu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/34907/Otsinka%20Vplyvu%20Na%20Dovkillia.pdf?sequence=1> (дата звернення: 02.06.2025).
4. Коваленко Ю. Л. Оцінка впливу на довкілля : конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти ден. та заоч. форм навчання зі спец. 101 – Екологія). Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. 46 с. URL: <https://eprints.kname.edu.ua/63172/> (дата звернення: 02.06.2025)
5. Чуб І. М., Айрапетян Т. С. Оцінка впливу об'єктів будівництва та цивільної інженерії на навколишнє середовище : конспект лекцій для здобувачів другого (магістерського) рівня вищ. освіти всіх форм навчання зі спец. 192– Буд-во та цив. інженерія). Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2023. 138 с. URL: <http://eprints.kname.edu.ua/62316/> (дата звернення: 02.06.2025)
6. Про оцінку впливу на довкілля : Закон України від 23.05.2017 р. № 2059-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19#Text> (дата звернення: 02.06.2025).
7. Сайт Європейської Комісії щодо оцінки впливу на довкілля URL: <https://ec.europa.eu/environment/eia/eia-legalcontext.htm> (дата звернення: 02.06.2025).
8. Протокол про Стратегічну екологічну оцінку до Конвенції про оцінку впливу на навколишнє середовище у транскордонному контексті. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_b99#Text (дата звернення: 02.06.2025).
9. Про стратегічну екологічну оцінку : Закон України від 20.03.2018 р. № 2354. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2354-19#Text> (дата звернення: 02.06.2025).
10. Белоконь К. В., Троїцька О. О., Беренда Н. В. Оцінка впливу на оточуюче середовище: навчально-методичний посібник для студентів ЗДІА спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища» денної та заочної форми навчання. Запоріжжя : ЗДІА, 2018. 179 с.

Додаткова:

1. Алексеева Є. Популярний коментар до Закону України “Про оцінку впливу на довкілля” / за заг. ред. О. Кравченко. Львів : Компанія “Манускрипт”, 2018. 60 с. URL: <https://law.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2022/01/Sylabus-PRAVOEKOLOHICHNOYI-BEZPEKY.docx> (дата звернення: 02.06.2025).

2. Про затвердження критеріїв визначення планованої діяльності, яка не підлягає оцінці впливу на довкілля, та критеріїв визначення розширень і змін діяльності та об’єктів, які не підлягають оцінці впливу на довкілля : Постанова КМУ від 13.12.2017 р. №1010. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1010-2017-%D0%BF#Text> (дата звернення: 02.06.2025).

3. Про затвердження Порядку передачі документації для надання Висновку з оцінки впливу на довкілля : Постанова КМУ від 13.12.2017 р. № 1026. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/1026-2017-%D0%BF> (дата звернення: 02.06.2025).

4. Про затвердження Порядку ведення Єдиного реєстру з оцінки впливу на довкілля : Постанова КМУ від 13.12.2017 р. № 1026. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/1026-2017-%D0%BF> (дата звернення: 02.06.2025).

5. Про затвердження Порядку проведення громадських слухань у процесі оцінки впливу на довкілля : Постанова КМУ від 13.12.2017 р. № 989. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/989-2017-%D0%BF> (дата звернення: 02.06.2025).

4. Про затвердження Порядку ведення Єдиного реєстру з оцінки впливу на довкілля : Постанова КМУ від 13.12.2017 р. № 1026. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/1026-2017-%D0%BF> (дата звернення: 02.06.2025).

5. Про затвердження Порядку проведення громадських слухань у процесі оцінки впливу на довкілля : Постанова КМУ від 13.12.2017 р. № 989. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/989-2017-%D0%BF> (дата звернення: 02.06.2025).

6. Єдиний реєстр з ОВД URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/otsinka-vplyvu-nadovkilliya/yedyniy-reyestr-z-ovd/> (дата звернення: 02.06.2025).

7. Відбудова України буде найбільшим внеском у підтримку глобального миру : промова Президента на Міжнародній конференції з питань відновлення України в Лугано”, 4 лип. 2022 р. URL: <https://www.president.gov.ua/news/vidbudova-ukrayini-bude-najbilshimvneskom-u-pidtrimku-globa-76261> (дата звернення: 02.06.2025).

8. Хікман Даг, Марушевський Геннадій. Методичні рекомендації щодо здійснення стратегічної екологічної оцінки для містобудівної документації: презентація першого проєкту : он-лайн зустріч 29 верес. 2021 р. URL: https://unece.org/sites/default/files/2021-10/SEA%20guidelines%201st%20draft%20presentation_UNECE%20consultants_29%20Sept%202021_UKR.pdf (дата звернення: 02.06.2025).

9. Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification. Land degradation. Sustainable land management, food security, and

greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems [P.R. Shukla, J.Skea, E. Calvo Buendia, V. Masson-Delmotte, H. -O. Portner, D.C. Roberts, P. Zhai, R. Slade, S. Connors, R.van Diemen, M. Ferrat, E. Haughey, S. Luz, S. Neogi, M. Pathak, J. Petzold, J. Portugal Pereira, P. Vyas, E.Huntley, K. Kissick, M. Belkacemi, J. Malley]. IPCC, 2019. 896 pages. URL: <https://www.ipcc.ch/srccl/> (дата звернення: 02.06.2025).

10. Sustainable development report 2022. From Crisis to Sustainable Development: the SDGs as Roadmap to 2030 and Beyond. Jeffrey Sachs, Guillaume Lafortune, Christian Kroll, Grayson Fuller and Finn Woelm 2022. Cambridg. 494 pages. URL: <https://www.sustainabledevelopment.report/reports/sustainable-development-report2022/> (дата звернення: 02.06.2025).

12. Matukhno E., Belokon K., Baranova T., Romanko Y. Improving the environmental component of sustainable development of metallurgical enterprises through the implementation of the best available technologies. *Теорія і практика металургії*. 2020. № 1 (124). С. 24-29. URL: https://nmetau.edu.ua/file/ktmp_10519.pdf.

13. Белоконь К. В., Матухно О. В. Оцінка канцерогенного ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя формальдегідом. *Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету (технічні науки)*. 2020. № 2 (37). С. 149–155.

14. Белоконь К. В., Пірогова І. М. Аналіз та оцінка рівня забруднення атмосферного повітря м. Запоріжжя. *Збірник наукових праць Дніпровського державного технічного університету (технічні науки)*. 2021. Т. 1. № 38. С. 149-158.

15. Белоконь К. В., Мальований М. С., Тарабан Є. В. Оцінка ризику для здоров'я населення від техногенного навантаження на атмосферне повітря м. Запоріжжя. *Екологічні науки*. 2023. № 5(50). С. 30-36.

16. Belokon K., Malovanyu M., Taraban Y., Hordiienko D., Sytyi V. Assessment of Technogenic Pollutants Impact of the Urban Environment of Zaporizhzhia City on Human Health of the Shevchenkivskyi District. *Науковий вісник Вінницької академії безперервної освіти. Серія «Екологія. Публічне управління та адміністрування»*. 2024. № 2. С. 10-18.

Інформаційні ресурси:

1. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2018 році. Київ, 2019. 483 с. URL: <http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi73/0054282.pdf> (дата звернення: 02.06.2025).

2. Державна служба України з питань праці URL: <https://dsp.gov.ua/> (дата звернення: 02.06.2025).

3. Екологічні паспорти областей України. URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichnyj-monitoryng/ekologichni-pasporty/> (дата звернення: 02.06.2025).

Навчально-методичне видання
(українською мовою)

Белоконь Каріна Володимирівна

ОЦІНКА ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ

Методичні вказівки до практичних занять
для здобувачів ступеня вищої освіти магістра
спеціальності G2 «Технології захисту навколишнього середовища»
освітньо-професійної програми
«Технології захисту навколишнього середовища»

Рецензент *Д. В. Прутцьков*
Відповідальний за випуск *Ю. О. Белоконь*
Коректор *К. В. Белоконь*