Навчально-науковий інститут «Інститут геології»
Київського національного університету імені Тараса Шевченка
Кафедра гідрогеології та інженерної геології

С.К. КОШАРНА

ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ

Навчальний посібник

для студентів спеціальності 103 – Науки про Землю

Київ-2023

Рецензенти:

канд. геол. наук, доцент Д. Чомко

док. геол наук, доцент М. Курило

Рекомендовано до друку вченою радою ННІ «Інститут геології»

Протокол № 4 від 25 жовтня 2023 року

Кошарна С.К.

Оцінювання екологічних ризиків : Навчальний посібник / С.К. Кошарна. – Інтернет-ресурс Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – geol.univ.kiev.ua – 212с.

У навчальному посібнику наведені короткі теоретичні відомості та викладені приклади розв’язання навчальних практичних задач, які призначені для формування у студентів навиків самостійної роботи з великими обсягами даних, їх аналізу та формування експертних оцінок екологічних ризиків на кваліфікованому рівні.

Для студентів вищих навчальних закладів спеціальності 103 – Науки про Землю.

ВСТУП

Універсальною характеристикою базисних проблем розвитку людської цивілізації, що виникають, як внаслідок наших власних дій, так зовнішніх обставин є імовірність їх реалізації та можливої шкоди від прояву. І саме це у наукових та підприємницьких колах визначається як ризик. Поняття часто конкретизується, як можливе значення збитку, втрат, пов'язаних зі специфікою тих чи інших явищ природи і видів діяльності людської спільноти.

Останнє десятиліття відслідковування актуальних ризиків стало невід'ємною частиною будь-якої галузі. Вчасне реагування на зміни обставин та якісне планування подальших кроків розвитку стабілізують робочі процеси, хоча й не позбавляють від необхідності регулярного пошуку шляхів найменш болісного контакту із новими викликами. З-поміж ризиків, що нині викликають найбільшу стурбованість суспільства центральне місце займає екологічний. Ризик є комплексним і охоплює дуже широкий спектр проблем, що обумовлено значним переліком негативних впливів на хід функціонування природних систем. З цих причин, вміння ідентифікувати та чітко конкретизувати нагальні виклики й будь-які інформаційні прогалини відносно досліджуваних об'єктів є вкрай необхідними, як для проведення аналізу поточного, так і прогнозування майбутнього сценарію розвитку подій в рамках локального чи національного масштабів. Іншими словами, проведення якісної оцінки є обов'язковою складовою ефективного управління екологічними ризиками та їх стримування на прийнятних рівнях. Враховуючи це, ознайомлення студентів спеціальностей Наук про Землю з сучасними підходами та методами таких оцінок, а також правилами проведення екологічної експертизи є необхідним компонентом їх фахової підготовки. Зокрема, набуті, в тому числі в результаті попереднього вивчення таких дисциплін як екологія, екологічна геологія, основи інженерної та екологічної геології, геохімія, безпека життєдіяльності, тощо, компетенції мають забезпечити здатність: визначати критерії, що характеризують ризики виникнення кризових екологічних станів; використовувати методи якісного і кількісного оцінювання екологічних ризиків; моделювати й прогнозувати розвиток небезпечних ситуацій, а також технологічних, економічних та соціальних наслідків на окремих об'єктах природокористування, пов'язаних зі сферою гідрогеології та інженерної геології; розробляти та впроваджувати механізми територіального менеджменту, геопланування, здійснювати моніторинг регіонального розвитку, виконувати його планування.

Дане видання є навчальним посібником до навчальної дисципліни «Гідрогеологічні та інженерно-геологічні аспекти оцінювання екологічних ризиків», яка є нормативною для програми підготовки освітньо-кваліфікаційного рівня «Магістр» зі спеціальності «Гідрогеологія». Може також використовуватися в рамках програм зі спеціальностей «Геологія», «Геоінформатика», «Гідрологія та океанологія», «Природокористування та охорона навколишнього середовища». В посібнику надається коротка теоретична характеристика основних методів оцінки екологічних ризиків та приклади їх конкретизованих розрахунків та моделювання, а також наводяться задачі для практичного вирішення студентами. Розглядаються теми, що мають фокусну прив'язку до екзогенних геологічних процесів, гідрогогічних та соціальних аспектів. Зокрема, увагу приділено особливостям оцінок екологічних ризиків зумовлених як дією природних, так і техногенних загроз.

ЗМІСТ

1. Збір даних та концептуальні моделі як основа оцінки ризику…… 5

2. Оцінка ризику від природних небезпек…….. 17

3. Еколого-геологічна оцінка ризиків зсувної небезпеки……. 37

4. Розрахунок потенційних ерозійних ризиків оснований на методиці RUSLE……. 43

5. Стійкість водної екосистем до антропогенних навантажень…… 53

6. Розрахунок індексу ризику з метою планування захисту від повеней…… 64

7. Визначення ризику для водних об'єктів в рамках оцінки екологічної якості води. Збитки від забруднення поверхневих та підземних вод, джерел, внутрішніх морських вод та територіального моря……... 73

8. Визначення загального навантаження, що створюється потенційно небезпечною речовиною на водний об'єкт…… 122

9. Методи визначення екологічного ризику погіршення стану поверхневих вод на державному рівні……... 129

10. Прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах та визначення ступеню небезпеки хімічного забруднення……... 138

11. Метод комплексного оцінювання ризиків життєдіяльності населення, зумовлених спільною дією техногенних і природних загроз……... 154

12. Оцінка ризику для здоров'я населення……. 170

13. Оцінювання ризику дії хімічних речовин, що впливають на здоров'я населення... 182

14. Оцінювання ризику для здоров'я населення від контакту із забрудненою нафтопродуктами водою…….. 189

15. Публічне обговорення ризиків (Risk Communications)……... 197

Загальний список використаних джерел……. 203

1. Збір даних та концептуальні моделі як основа оцінки ризику

Дані ризик аналізу є набором кількісної та описової інформації, необхідної для відповіді на запитання - на скільки сильним є вплив? і є основним вихідним матеріалом для проведення оцінки цього впливу. Численні різновиди даних включають результати фізичних вимірювань екологічних та біологічних середовищ, досліджень людського здоров'я (наприклад, the National Health and Nutrition Examination Survey [NHANES]), інформацію про конкретну місцевість чи популяцію та ін.

З розвитком науки і техніки експертна оцінка негативних впливів на природне середовище та людські організми суттєво ускладнилась. Це обумовлюється не лише збільшеним за останні десятиліття переліком можливих негативних ефектів, але й необхідністю збору та врахуванням більшої кількості інформації, якісна обробка якої, незважаючи на всі вдосконалення та розвиток аналітичних методів супроводжується рядом труднощів.

Необхідний ***для оцінки ризику базовий інформаційний пул*** включає відповіді на наступні запитання:

- ✓ Які забруднювачі викликають занепокоєння?
- ✓ Які концентрації забруднювачів фіксуються в досліджуваному середовищі?
- ✓ Яке середовище досліджується?
- ✓ Які характеристики джерел забруднення?
- ✓ Які є характерні особливості, пов'язані з мобільністю потенційних забруднювачів?

Відповіді на більшість з цих питань шукаються в рамках здійснення техніко-економічного обгрунтування реалізації будь-якого видобування корисних копалин, а також медичних вишукувань, метою яких є гарантування безпеки життєдіяльності населення. Ообов'язком експерта з оцінки ризиків є його безпосередня участь на всіх етапах планування збору даних. Це обумовлюється необхідністю компетентного відслідковування обстановки на предмет потреби у проведенні додаткових вимірів для подальшого моделювання. Причиною такого скурпульозного підходу є високі вимоги до якості даних, що вводяться в модель.

Важливим аспектом є вміння розрізняти рівні забруднення на ділянці, які зумовлені конкретним забруднювачем від ***фонового рівня забруднення.*** Останній визначається (EPA Establishing Background Levels) як концентрація небезпечної речовини, яка виступає в ролі захисної контрольної точки, яка може бути використана для оцінки факту здійснення викиду на досліджуваній ділянці. Відповідно до ряду іноземних джерел цей рівень не обов'язково має відображати умови перед викидом або умови відсутності впливу джерел забруднення в межах території. Він також необов'язково має відображати її початкові природні умови, хоч в більшості випадків є близьким до них. Головною задачею фонових рівнів є допомога у встановленні достовірності існування забруднення конкретною речовиною там, де існує декілька потенційно небезпечних об'єктів, що представляють загрозу для навколишнього середовища.

Важливою особливістю визначення величини фонових рівнів концентрацій є застосування комплексної стратегії проведення фактичних спостережень та відбору проб. Згідно законодавчих норм України (Мінприроди Наказ №286 від 30.07.2001) ці величини визначаються як «статистично достовірну максимальну разову концентрацію, визначену розрахунковим шляхом».

До проведення будь-яких робіт з метою відбору проб обов'язковим є чітке встановлення цільових показників якості даних (DQO - Data Quality Objectives) (EPA Guidelines for Human Exposure Assessment 2019). Дана процедура проводиться в сім етапів:

1. **Формулювання проблеми**. Цей етап включає визначення проблеми, яка потребує дослідження, групи планування, перегляду бюджету та складання графіку робіт
2. **Визначення мети дослідження**. Етап вимагає проведення аргументованих роз'яснень, як екологічні дані будуть використовуватися для досягнення цілей і вирішення проблеми, визначається перелік питань на які має дати відповідь дослідження, а також передбачаються альтернативні результати.
3. **Визначення вхідних даних** – приймається рішення щодо обсягів, деталізації та специфіки інформації, що необхідна для відповіді на поставлені запитання.
4. **Визначення меж дослідження** – відбувається з'ясування фактів про цільове населення та об'єкти, що представляють найбільший інтерес; окреслення просторових та тимчасових меж дослідження, встановлюються необхідні обсяги висновку.
5. **Розробка аналітичного підходу**. На цьому етапі здійснюється конкретизація параметру, що представляє найбільшу цікавість, специфікація типу висновку, побудова логічних ланцюжків з метою виваженого представлення отриманих результатів.
   Подальший процес встановлення цільових показників якості даних може відбуватися двома шляхами:
   а) Прийняття рішень (перевірка гіпотез) б) Оцінка та інші аналітичні підходи
6. **Конкретизація критеріїв ефективності або прийнятності**.

а) Вказання меж ймовірності похибок (помилкового відхилення) та неправильно прийнятих рішень	б) Розробка критеріїв ефективності для нових даних, які збираються, або критеріїв прийнятності для наявних даних, які розглядаються, як ті, що будуть запущені в роботу

7. **Розробка плану отримання даних** – останній етап, що включає вибір плану відбору та аналізу проб, який відповідає критеріям ефективності. Обов'язковою умовою є прийняття до уваги варіативності таких аспектів, як необхідні фінансові вливання для проведення досліджень на високоефективному рівні та кількість часу, що потрібна на їх проведення.

При *розробці плану відбору проб* рекомендовано провести *попередню ідентифікацію проблемних джерел впливу на людину*, що включає:

- ✓ Визначення середовищ (грунт, підземні води, поверхневі води, атмосферне повітря, відкладення, біота), що провокують проблеми зі здоров'ям в поточний час та подальше забруднення яких може призвести до можливих майбутніх проблем.
- ✓ Визначення проблемних осередків (в межах досліджуваної території та поза нею)
- ✓ Визначення потенційно небезпечних забрудників
- ✓ Визначення можливих маршрутів (шляхів) транспортування цих забрудників.

Успішна реалізація усього вищезазначеного завершується прийняттям концептуального рішення щодо подальших дій. А саме:

а) розробки концептуальної моделі джерел, шляхів та одержувачів забруднення

б) встановлення потреби ліквідації прогалин в системі зібраних даних.

В останньому випадку, з метою досягнення цілей оцінки експертом має бути розглянута можливість проведення додаткових досліджень та отримання результатів

додаткових вимірювань. З їх допомогою характер і ступінь хімічного забруднення отримає більш повну описову характеристику й прогнозування майбутніх концентрацій забруднюючих речовин набуде більш конкретизованої форми.

З метою створення плану щодо заповнення прогалин в даних експертами шукаються відповіді на питання такого типу:

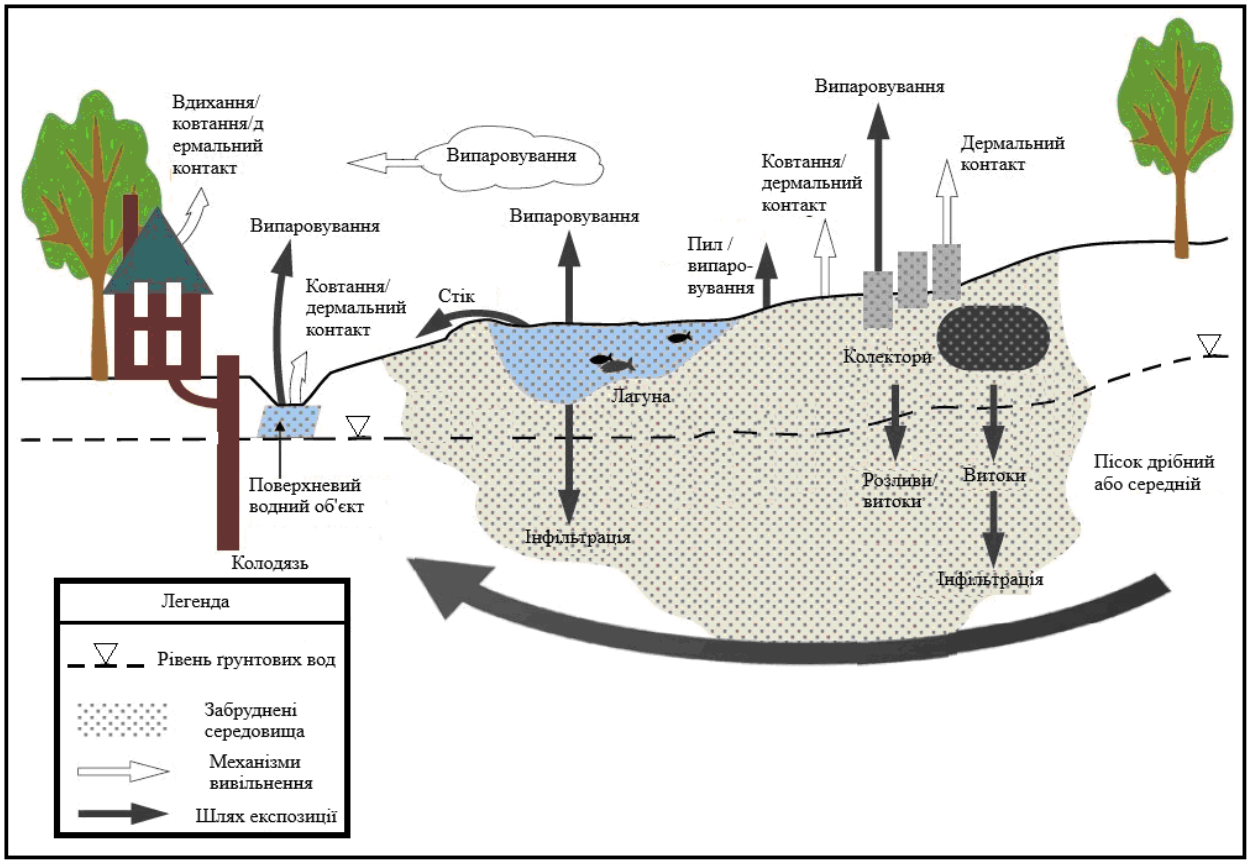
- ✓ Чи є наразі в наявності достатня кількість даних для оцінки впливів, незважаючи на певні прогалини?
- ✓ Якщо додаткова інформація ще буде очікуватися, коли будуть доступні остаточні результати? Експерт та керівник проекту повинні враховувати наслідки затримки проведення остаточної оцінки впливу та ризику.
- ✓ Чи будуть відсутні дані суттєво впливати на оцінку досліджуваного впливу та ризику? Іншими словами, яке безпосереднє відношення цих даних (яких невистачає) до проблеми або цілей оцінки впливу?
- ✓ Як відсутні дані пов’язані з тим чи іншим предметом стурбованості стейкхолдерів щодо можливих ризиків?

Ідентифікація будь-яких інформаційних прогалин починається з розуміння **концептуальної моделі**. Задачею експерта є аналіз як поточного, так і майбутнього сценарію впливу оскільки використання землі та активність (індустріальна, побутова та ін.) поблизу джерела забруднення можуть змінюватися з часом.

За своєю суттю ця *модель* є інструментом планування, який використовується для різних типів оцінок шкідливого впливу, включаючи шкоду, що може мати місце в межах конкретної місцевості, або ж в рамках локального чи національного масштабів. Даним типом моделі визначаються:

- ✓ відомі або потенційні джерела забруднення (грунт, підземні/поверхневі води, повітря) та їх близькість до досліджуваної території;
- ✓ часові та просторові масштаби забруднення (EPA Guidelines for Human Exposure Assessment 2019);
- ✓ механізми вивільнення, шляхи надходження та приймачі забруднених речовин;
- ✓ всі потенційні шляхи впливу (включаючи вторинні) (U.S. EPA 2001g).

Концептуальна модель описує структуру, яка демонструє теоретичні зв'язки між джерелом або агентом забруднювача і точками впливу. Моделлю забезпечується зручний формат для представлення загального розуміння проблеми - доступна інформація структурується у зручну для сприйняття форму, що полегшує виявлення відсутності певних даних або невизначеностей. Ця модель має ознаки як наукової гіпотези, так і плану роботи. На малюнку 1.1 візуалізований приклад концептуальної моделі, адаптований з U.S. EPA (1989a).



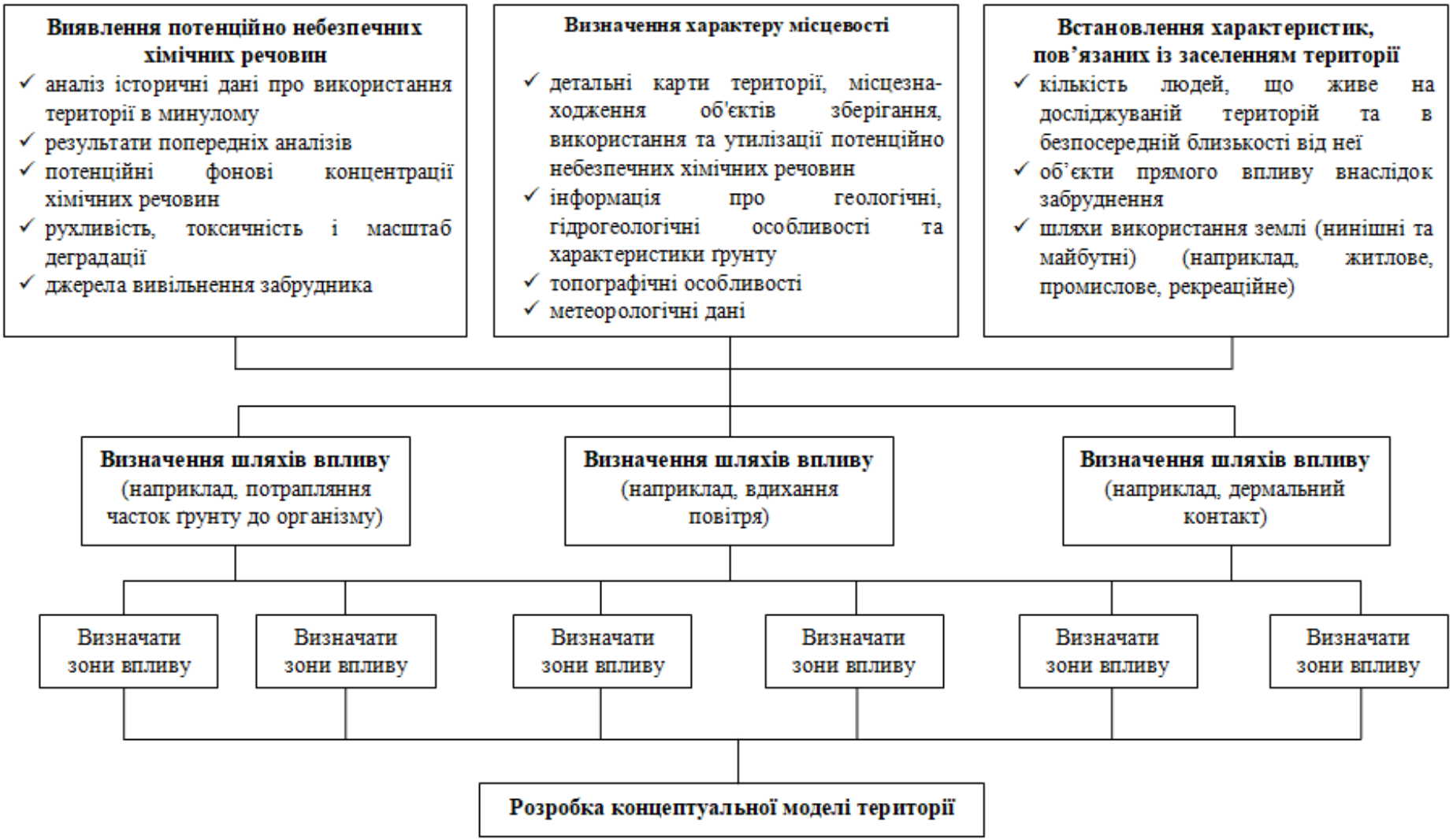
Малюнок 1.1 Приклад концептуальної моделі місцевості

Концептуальна модель може уточнюватися та оновлюватися протягом усього часу планового впливу на довкілля. Окрім того модель слугує важливим комунікаційним інструментом між командою експертів з оцінки ризиків та стейкхолдерами - замовниками проекту. Вона також передбачає соціальний аспект в рамках якого члени місцевої спільноти можуть вносити пропозиції щодо її вдосконалення з метою уточнення можливих сценаріїв щодо впливу на здоров'я населення.

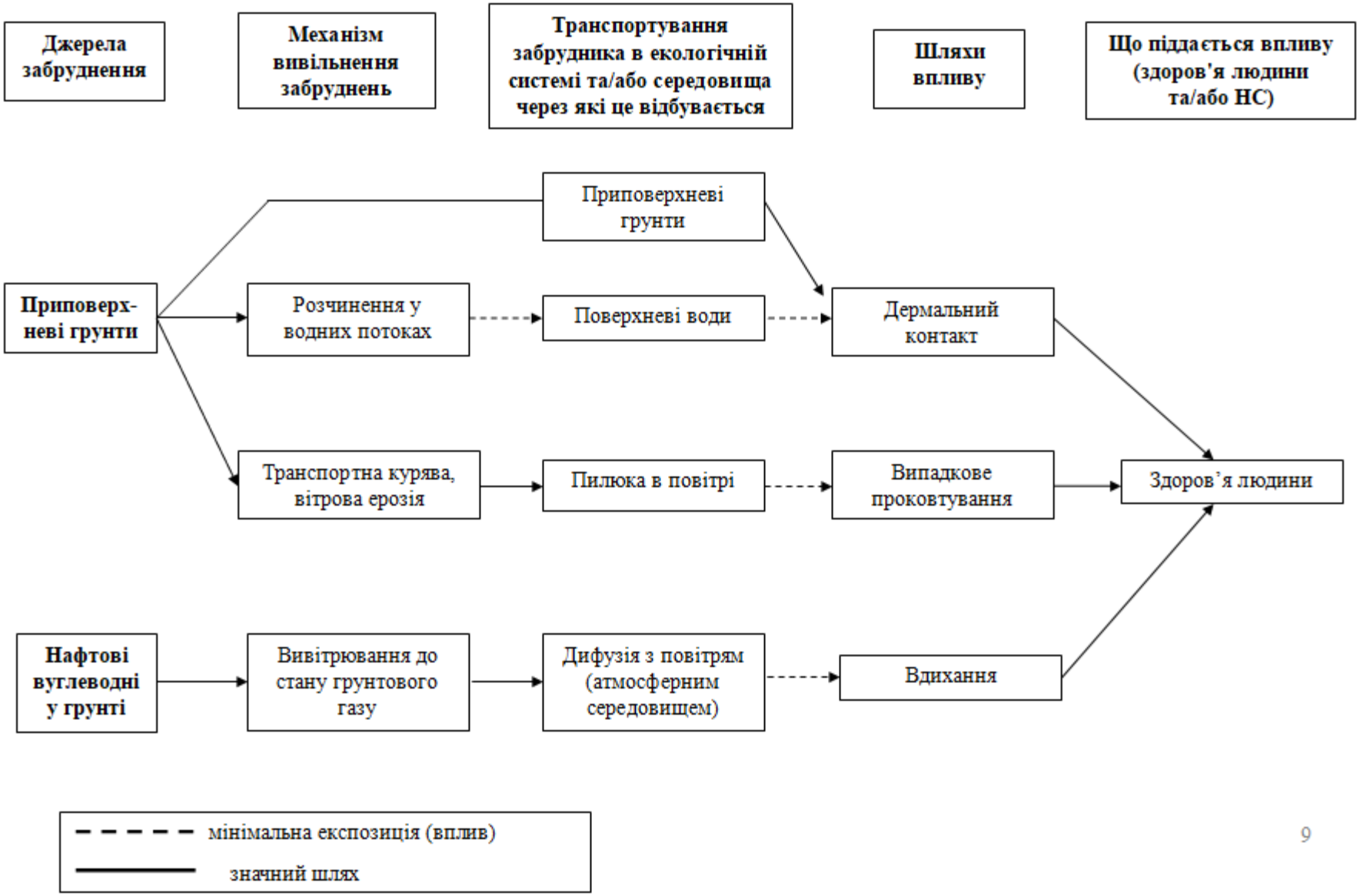
Порядок розробки концептуальної моделі досліджуваної території наведений нижче (Малюнок 1.2).

Концептуальна модель може приймати різноманітні форми, такі як блок-схема або графічне зображення, що включає дані, моделі та гіпотези. Графічне зображення за необхідності може супроводжуватися детальний описом, в якому пояснюється наявність тих чи інших елементів та їх зв'язків, включаючи варіанти управління ризиками. Приклади концептуальних моделей наведені нижче (Малюнки 1.3 – 1.6 та Таблиця 1.1)

Підсумовуючи, концептуальна модель включає визначення, які хімічні, фізичні та біологічні процеси діють на природнє середовище та людину, і що є їх результатом.

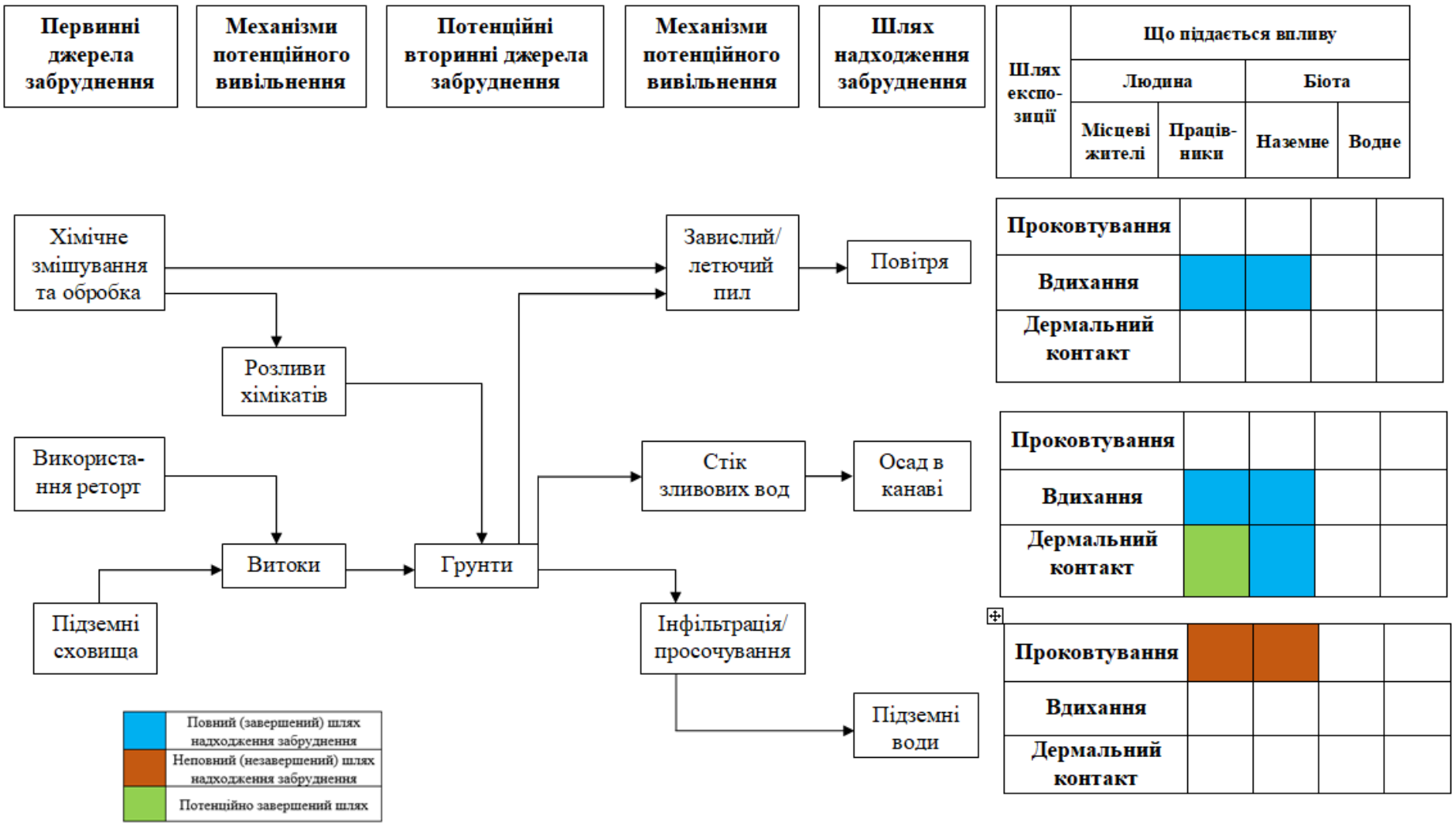


Малюнок 1.2 Розробка концептуальної моделі досліджуваної території



9

Малюнок 1.3 Приклад концептуальної моделі №1



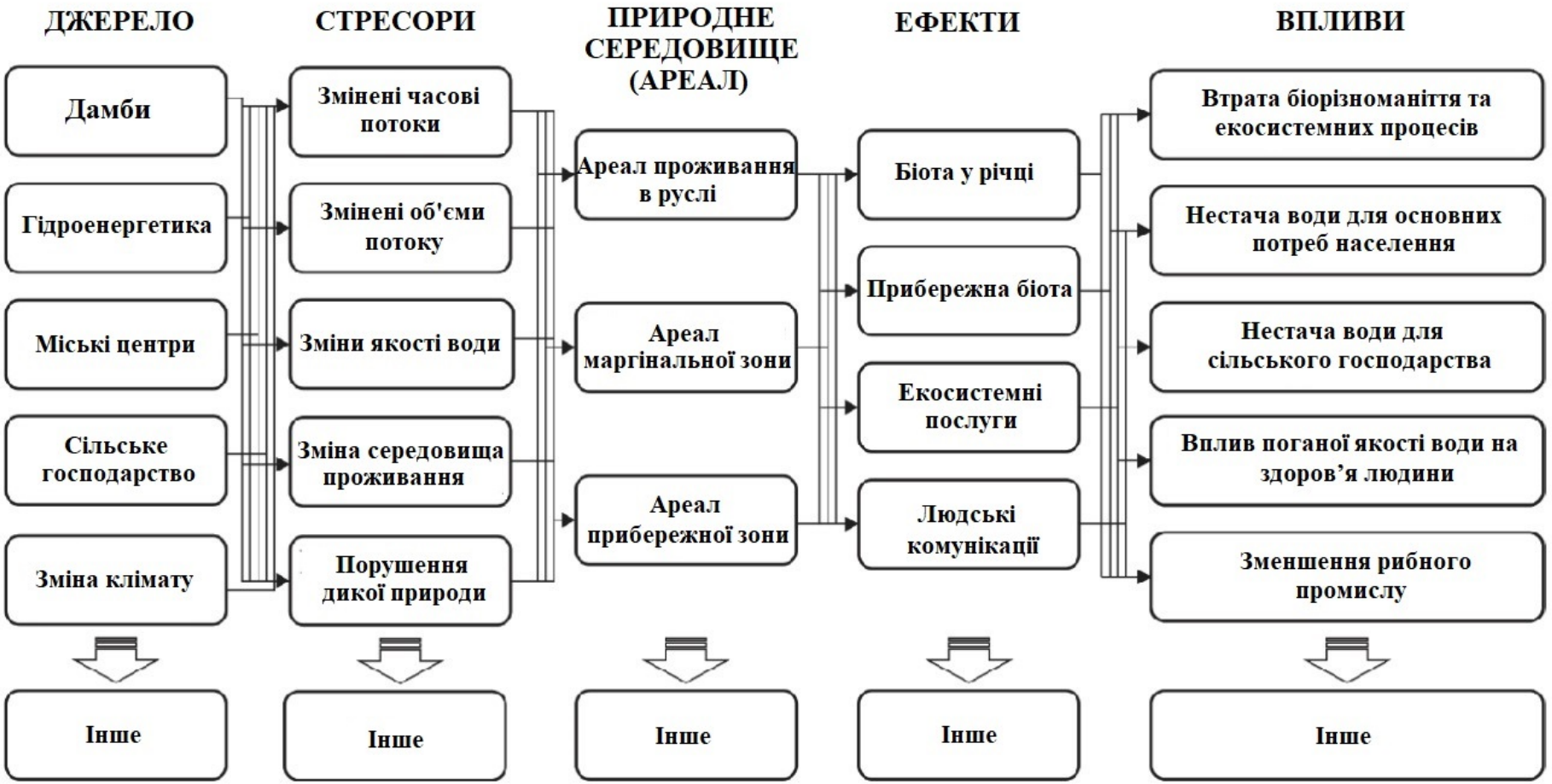
Малюнок 1.4 Приклад концептуальної моделі №2

Приклад концептуальної моделі №3

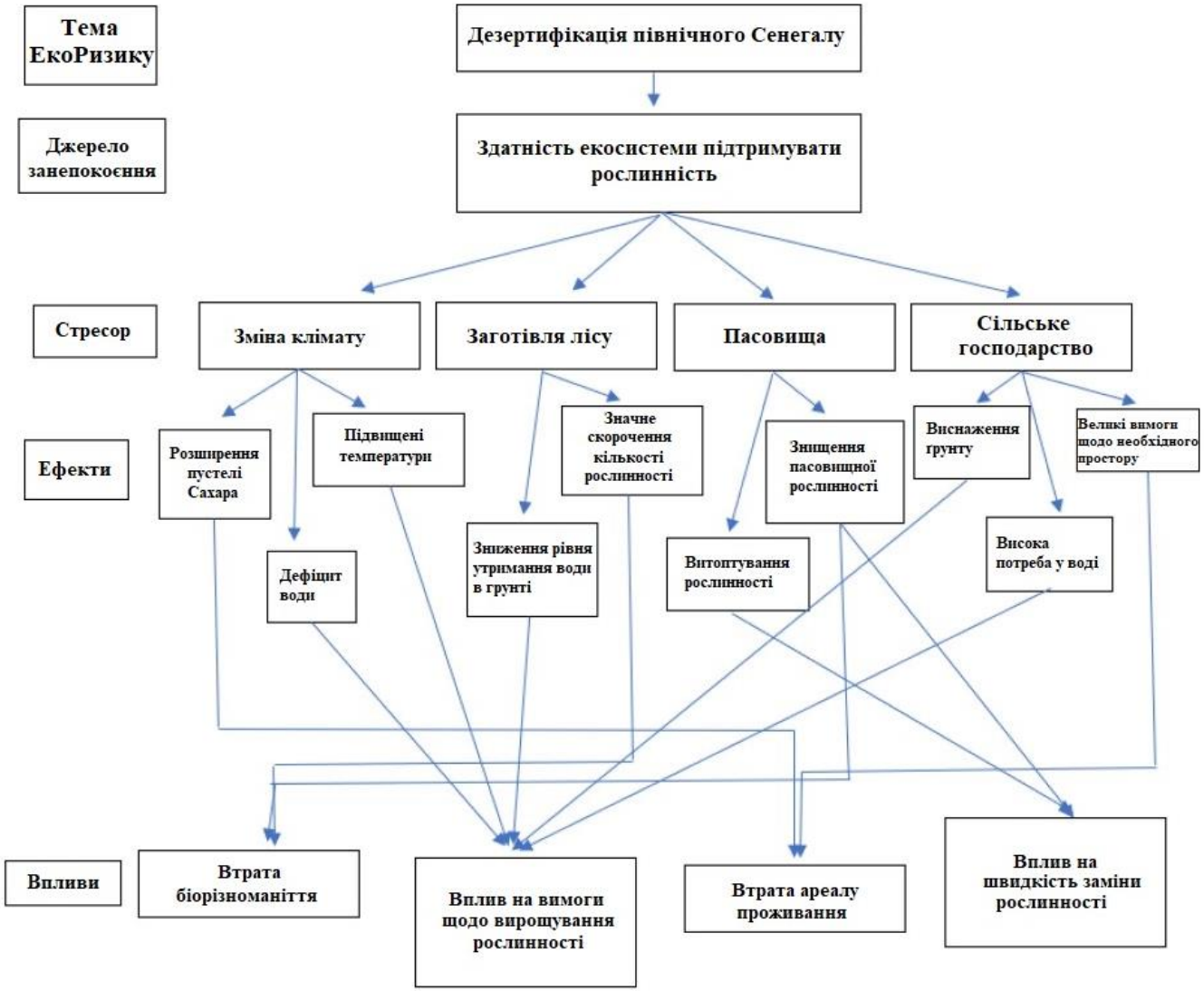
Таблиця 1.1

Гіпотетичний сценарій впливу, що створює витік хімікатів із бочок

Джерело забруднення	Вивільнення та середовище транспортування	Точка впливу (експозиції)	Шлях надходження (експозиції)	Групи людей, що піддаються впливу
Розлив з бочок Забруднення грунту	Викиди летючих летючих речовин в атмосферне повітря Пил	Атмосферне повітря Пил	Вдихання	Мешканці (дорослі та діти) Робітники Відвідувачі місцевості
Ґрунтові гази/ підземні води	Повітря всередині приміщення/проникнення пари	Повітря всередині приміщення (Мікроклимат (мікросередовище) приміщення або ще менша площа кімнати) Проникнення пари	Вдихання	Мешканці (дорослі та діти) Робітники Відвідувачі місцевості
Випаровування забруднюючих речовин з ґрунтів та осадження	Ґрунт	Житлові подвір'я	Ковтання Вдихання дермальний контакт	Мешканці (дорослі та діти)
		На місці	Ковтання Вдихання дермальний контакт	Робітники (дорослі) Відвідувачі місцевості (дорослі та діти)
Випаровування забруднюючих речовин з бочок-контейнерів з осадженням на ґрунт	Пил, що розноситься вітром	Житлові подвір'я Житлові будинки Промислові об'єкти	Ковтання Вдихання дермальний контакт	Мешканці (дорослі та діти) Робітники (дорослі)
Вилуговування (вимивання) забруднюючих речовин з бочок-контейнерів	Підземні води	Приватні колодязі / свердловини	Ковтання Вдихання дермальний контакт	Мешканці (дорослі та діти) Робітники (дорослі)
		Громадське водопостачання	Ковтання Вдихання дермальний контакт	Мешканці (дорослі та діти) Робітники (дорослі)
Поглинання забруднюючих речовин із ґрунту та підземних вод, ураження яких сталося внаслідок негерметичності бочок-контейнерів	Біота	Їжа місцевого виробництва Їжа природного походження (наприклад, ягоди, гриби) Заражена риба та дичина	Ковтання	Мешканці (дорослі та діти) Люди, що харчуються місцевими продуктами



Малюнок 1.5 Приклад концептуальної моделі №4



Малюнок 1.6 Приклад концептуальної моделі №5

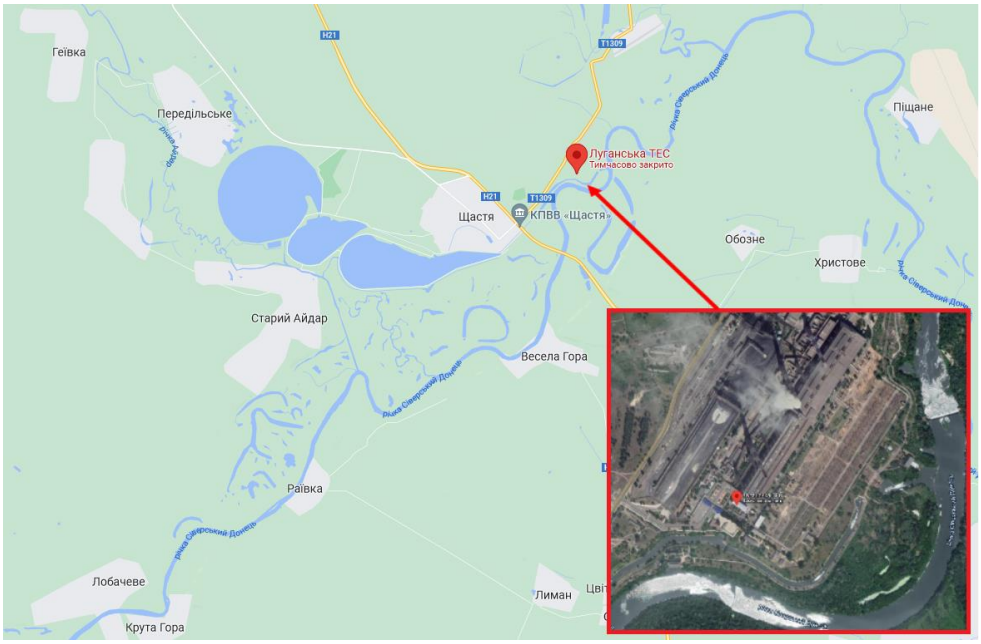
Задача на обговорення у аудиторії №1

Студент помилково розбив флакон з 20 г ртуті в раковину.

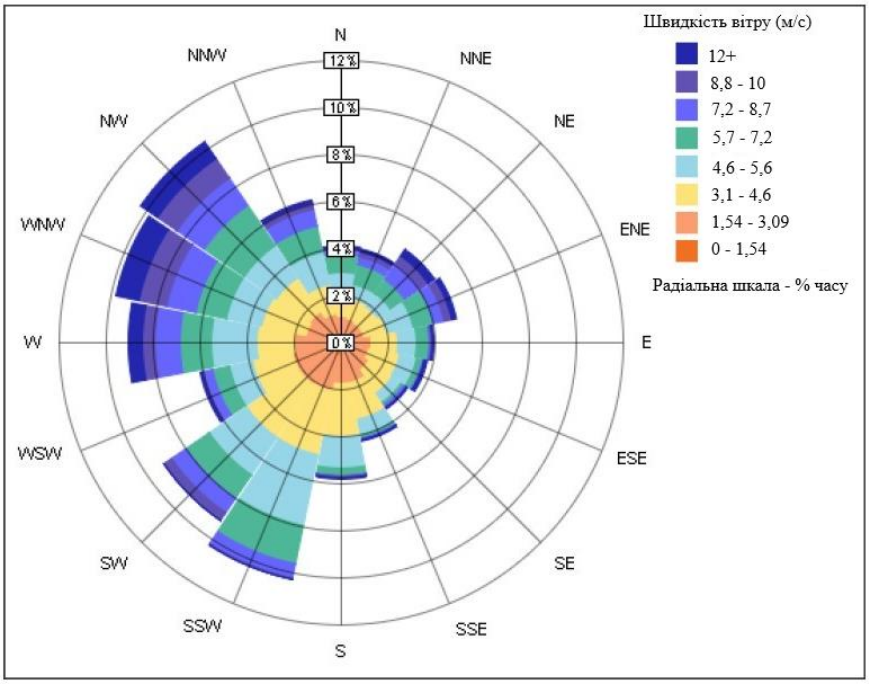
Побудувати концептуальну модель, яка може бути корисною для оцінки потенційних ризиків?

Задача на обговорення у аудиторії №2

Поставлена перед експертами задача – оцінити ризик викидів ртуті з Луганської теплової електростанції у місті Щастя. Де, на вашу думку, буде доцільно збирати вихідні дані за наведених нижче умов?



Малюнок 1.7 Оглядова карта району викидів



Малюнок 1.8 Роза вітрів характерна досліджуваної місцевості

Практична робота №1
Збір даних та концептуальні моделі як основа оцінки ризику

***Завдання**: Орієнтуючись на наведені приклади (мал 1.3-1.6, табл.1.1) обрати форму та вигляд моделі. Відповідно до вказаного варіанту створити концептуальну модель джерел, шляхів, одержувачів забруднення.*

Варіант №1	Arcelor Mittal Кривий Ріг
Варіант №2	Миколаївська атомна електростанція
Варіант №3	Завод «Рівнеазот»
Варіант №4	Дніпровський сміттєспалювальний завод
Варіант №5	ХвостосховищеНІо «ІНКОР і К»
Варіант №6	Канівське водосховище
Варіант №7	АТ "Львівський хімічний завод"
Варіант №8	Домбровський кар'єр
Варіант №9	Криворізький коксохімічний завод
Варіант №10	Черкаський ПАТ «Азот»
Варіант №11	Вінницяпобутхім
Варіант №12	Дністровське водосховище
Варіант №13	Хвостосховище ЦЗФ «Дзержинська»
Варіант №14	ПрАТ «Харківський коксовий завод»
Варіант №15	«Сумихімпром»
Варіант №16	Рижівський гранітний кар'єр
Варіант №17	Запорізька атомна електростанція
Варіант №18	Кременчуцьке водосховище
Варіант №19	Кримський титан
Варіант №20	Хвостосховище ПРАТ «АКХЗ»

Використана література:

- Мінприроди Наказ №286 від 30.07.2001 «Про затвердження Порядку визначення величин фонових концентрацій забруднювальних речовин в атмосферному повітрі»
- Contract Laboratory Program (CLP) for Superfund
- EPA Establishing Background Levels
- EPA Guidelines for Human Exposure Assessment 2019
- J.M. Fronk (2022) Ecological Risk - Presentation – ENV 521 Risk Analysis;
- R. Bullock (2022) EENV421/521 Risk Analysis and Toxicology
- U.S. EPA – Risk assessment guidelines (1989a)
- U.S. EPA – Water Quality, Environmental Matters (2001g)

2. Оцінка ризику від природних небезпек

Природна небезпека – це подія природного походження або результат діяльності природних процесів, яка за своєю інтенсивністю, масштабом поширення та тривалістю може вражати людей, об'єкти економіки та довкілля.

До природних небезпек відносяться: стихійні лиха, космічні випромінювання, і біологічні небезпеки.

На території України можливе виникнення практично всього спектра небезпечних природних явищ і процесів геологічного, гідрогеологічного та метеорологічного походження. Виходячи з визначення природної небезпеки, як природного явища, що безпосередньо впливає на стан навколишнього середовища та добробут населення і є екстремальним екологічним фактором, територія України характеризується дуже складними умовами, що визначає полігенетичний характер та певні просторові закономірності їх прояву в різних географічних зонах і районах.

Універсальною характеристикою базисних проблем (руйнування елементів навколишнього середовища, загибель рослинного і тваринного світу, ураження людей), що виникають внаслідок природних небезпек й охоплює імовірність їх реалізації та можливу шкоду від прояву є **ризик**. Серед базових підходів його визначення фігурують:

- **Ризик** – це імовірність виникнення тієї чи іншої негативної події, явища (більшості випадків використовують це поняття).
- **Ризик** – це можливе значення збитку, втрат, пов'язаних зі специфікою тих чи інших явищ природи і видів діяльності людської спільноти.
- **Ризик** – це частота реалізації загрози, а загроза – в свою чергу це природне чи техногенне явище, при якому можлива поява явищ або процесів, здатних уражати людей, завдавати матеріальних збитків, руйнувати довкілля

Регіональна природно-техногенна активізація небезпечних екзогенних геологічних процесів (НЕГП) на сучасному етапі функціонування численних просторово розосереджених техногенно-геологічних систем «техногенний об'єкт – геологічне середовище» зумовлює двоєдину структуру формування ризиків життєдіяльності в зонах впливу потенційно небезпечних об'єктів, у першу чергу хімічно-небезпечних:

– погіршення інженерно-геологічної стійкості середовища внаслідок природно-техногенної активізації НЕГП;
– локальний вплив потенційно небезпечних об'єктів на зміни інженерно-геологічних показників порід підґрунтя (міцність, агресивність до будівельних конструкцій та ін.).

В цілому, часто спостерігається суттєве відхилення інженерних параметрів промислових майданчиків від початкових проектних, що зумовлює додаткові деформації технологічно важливих споруд, водо- та теплопостачальних систем, порід підґрунтя, фундаментів та ін (Лисиченко та ін., 2011).

Наразі, за даними дослідників (Лисиченко та ін., 2014) на підприємствах хімічного комплексу понад 900 будівель і споруд не мали капітальних ремонтів, близько 125 будівель і споруд не відповідають вимогам будівельних норм і правил, понад 40 – знаходяться в аварійному стані. Все це суттєво підвищує негативний вплив НЕГП і збільшує ризик аварійних ситуацій.

Внесок природних факторів у формування ризику можна враховувати за експертною оцінкою шляхом введення відповідних підвищуючих коефіцієнтів, оскільки вплив цих процесів на зростання ризику аварії відбувається за кумулятивною моделлю взаємодії. Значення підвищуючого коефіцієнта за рахунок негативних змін інженерно-геологічних умов для різних типів прояву цих процесів може обґрунтовуватися на основі експертної оцінки:

– при просіданні $К^р = 2$
– при підтопленні $К^р = 5$
– при комплексній дії просідання й підтоплення $К^р = 2 \times 5 = 10$

Існує дві базові техніки аналізу ризику: *якісна* та *кількісна*.

Якісна (Boussabaine, 2008), передбачає вираження ймовірності або величини наслідків події (несприятливої) в якісних термінах. Даний вид аналізу найчастіше застосовується першим, щоб отримати уявлення щодо агальних ознак рівня ризику, пов'язаного з проектом. Результати цього аналізу можуть свідчити про те, що згодом може знадобитися провести більш конкретний і детальний кількісний аналіз, якщо ризик був визначений як надважливий. Якісний аналіз використовує нечислові або описові шкали для опису ступеня можливих результатів і ймовірності їх виникнення. Ці шкали можна адаптувати або скоригувати відповідно до конкретних обставин, а для різних ризиків можна використовувати численні описи. Якісний аналіз використовується в наступних випадках:

1) Як початковий скринінг для виявлення ризиків, які потребують більш детального аналізу
2) Якщо рівень ризику не виправдовує час і зусилля, необхідні для більш повного аналізу
3) Якщо числових даних недостатньо для проведення кількісного аналізу

Існує широкий спектр методів простого аналізу ризиків, доступних для аналітика при проведенні оцінки. Серед найбільш базових на сьогоднішній день є: матриці ризиків, дерева подій та діаграми впливу.

Матриці, як правило розглядаються більше як інструмент й лише для ідентифікації та оцінки ризику, а не для повного аналізу на відміну від інших більш комплексних методів. Побудова матриці ризиків є фундаментальною й обов'язковою частиною для всіх проектів. До їх складу зазвичай входять такі процедури:

- Визначення ризиків, пов'язаних з проектом (фінансова складова)
- Визначення ризиків, пов'язаних з впливом проекту на навколишнє середовище, здоров'я населення та його безпеки та ін.
- Оцінка ймовірності виникнення таких ризиків

Зазвичай, матриці ризиків мають формат простої таблиці..

Малюнок 2.1 Приклад матриці ризиків

В ряді випадків в її межах кожному визначеному ризику привласнюється певний ранг (число) ймовірності та особливості впливу (Мал.2.1). Ранжування найчастіше тоді відбувається від 1 (низький ризик) до 5 (високий ризик). Такі матриці застосовують для обчислення того, що називають «числами ризику». Їх отримують шляхом знаходження добутку циз уявлень про ймовірність та серйозність (впливу).

Такий підхід дозволяє оперативно визначити пріоритетні задачі для уникнення розвитку небезпечної ситуації. На практиці це має вигляд Таблиці 2.1 (Simple Safety Risk Register Template, 2018).

Таблиця 2.1

Простий шаблон реєстру ризиків на основі застосування матриці ризиків

Опис ризику	Опис впливу	Рівень впливу	Рівень ймовірності	Рівень пріоритет-ності	Примітки	Власник
Короткий опис ризику	Що станеться якщо не пом'якшити і не усунути ризик	Ранг 1 (низький) 5 (високий)	Ранг 1 (низький) 5 (високий)	Вплив * ймовірність Першочергова увага найвищим показникам	Що можна зробити щоб знизити або усунути вплив чи ймовірність	Хто відпові-дальний?

Такі реєстри створюються на ранніх (початкових) стадіях проекту і зазвичай є динамічним документом, що підтримується протягом усього його життєвого циклу з метою ретельного вивчення потенційних ризиків для успіху. Є важливим компонентом системи управління ризиками організації, так як він охоплює проблеми або події, які можуть мати суттєвий негативний вплив.

Альтернативним підходом використання матриць ризику є пріоритизація останніх, як набір ситуаційних визначень, що рахуються відносно ситуативних обставин (Табл. 2.2, Мал. 2.2) (Boussabaine, 2008).

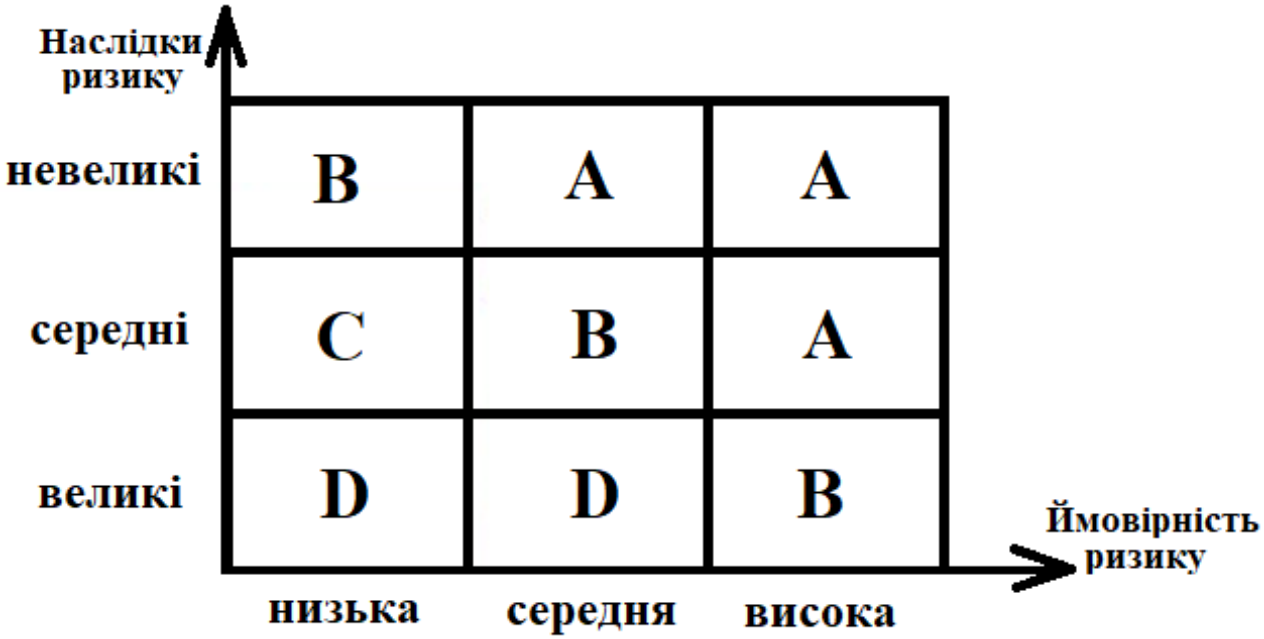
Таблиця 2.2

Рангова матриця ризиків

(R. Bullock (2022) EENV421/521 Operational risk assessments**)**

	Тип впливу				Ймовірність / частота			
	Здоров'я та безпека	Навколишнє середовище	Фінансо-ва складо-ва		Дуже низька / неймовір-на	Низька / віддалена	Помірна / можлива	Висока / часта
Рівень впливу	Один або кілька смертель-них випадків або численні постійні травми	Довгострокові пошкодження та/або значні за масштабом	>25% від бюджету або графіка	Значний вплив / катастрофічні наслідки	Помірний ризик	Високий ризик	Дуже високий ризик	Дуже високий ризик
	Серйозні травми	Короткострокові пошкодження в межах об'єкта	5% - 25% від бюджету або графіка	Серйозний (високий) вплив / критичні наслідки	Низький ризик	Помірний ризик	Високий ризик	Дуже високий ризик

	Зафіксовані травми, коли можливо одразу надати першу допомогу	Оперативне нівелювання впливу	1% - 5% від бюджету або графіка	Суттєвий (середній) вплив / граничні наслідки	Низький ризик	Низький ризик	Помірний ризик	Високий ризик
	Вплив відсутній	Вплив відсутній	<1% від бюджету або графіка	Незначний (низький) вплив / незначні наслідки	Низький ризик	Низький ризик	Низький ризик	Помір-ний ризик



Малюнок 2.2 Пріоритизація ризику за набором ситуаційних визначень **(**Boussabaine, 2008**)**

Де категорія (Boussabaine, 2008; Навч.курс «Безпека праці та життєдіяльності», 2022):
A – визначає нестерпний ризик, який має бути усунений чи зменшений негайно
B – визначає ризик, який не є цілком нестерпним, але який має бути усунений чи зменшений при першій же можливості. Зазвичай для проведення / реалізації контрзаходів мають бути встановлені цільові сроки, щоб не виникали недопустимі затримки.
C – визначає ризик, що є стерпним, але який має бути усунений чи зменшений, коли час дозволяє цим зайнятися.
D – визначає ризик, що може вважатися прийнятним.

Інший варіант матриці ризику, що набув поширення в компаніях США базується на визначені його прийнятності й має наступний вигляд (Табл. 2.3)

Таблиця 2.3

Матриця прийнятності ризиків (*Oriel Stat Matrix, 2023*)

		Серйозність шкоди (збитку)				
		Нехтувана Незначні травми або пошкодження майна	**Незначна** Обмежена кількість травм або пошкодження майна	**Серйозна** Виліковні з медичної точки зору травми або значні матеріальні збитки	**Критична** Перманентна травма або серйозне пошкодження майна	**Катастрофічна** Небезпечні для життя травми або катастрофічне пошкодження майна
Ймовірність прояву	**Часта** Відбувається майже при кожній нагоді	Вимагаються та коригуючі та запобіжні дії	Неприйнятний	Неприйнят-ний	Неприйнятний	Неприйнятний
	Ймовірна Відбувається в більшості випадків, але не кожний раз	Вимагають-ся та коригуючі та запобіжні дії	Вимагають-ся та коригуючі та запобіжні дії	Неприйнят-ний	Неприйнятний	Неприйнятний
	Час від часу Відбувається з підвищеною частотою	Прийнятний	Вимагають-ся та коригуючі та запобіжні дії	Вимагають-ся та коригуючі та запобіжні дії	Неприйнятний	Неприйнятний
	Зрідка Більш ніж один випадок на рік, але все одно малоймовірний	Прийнятний	Прийнятний	Вимагають-ся та коригуючі та запобіжні дії	Неприйнятний	Неприйнятний
	Маловірогідно Менше одного випадку на рік, окремі події	Прийнятний	Прийнятний	Прийнятний	Вимагають-ся та коригуючі та запобіжні дії	Вимагаються та коригуючі та запобіжні дії

Використання методу "*дерево подій*" засноване на бінарній логіці, згідно якої подія відбулася або не відбулася. Аналіз передбачає візуальне відображення всіх подій, які

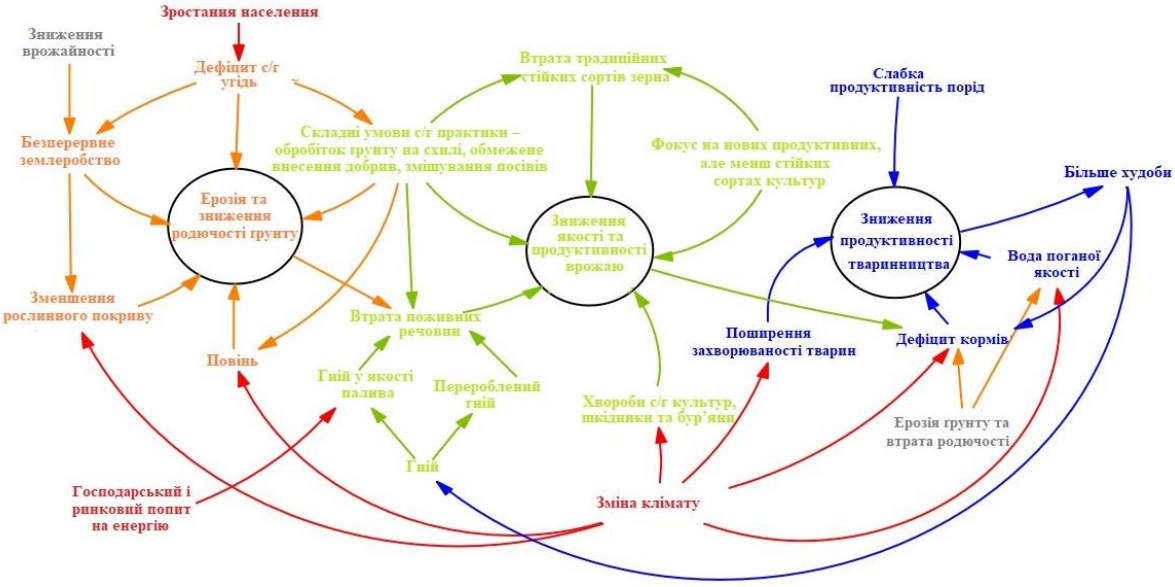
можуть відбутися чи ні під час активізації того чи іншого НЕГП чи будь-якої негативної події протягом реалізації проекту на об'єкті (наприклад, хімічно небезпечному об'єкті). Підхід є достатньо ефективним для здійснення аналізу наслідків ризику або небажаної події. Коректно складені дерева подій за своїми характеристиками можуть бути як якісними, так і кількісними. Останнє, як правило, стосується числової ймовірності результату.

Дерево подій завжди має починатися з події, що дає поштовх розвитку усього логічного ланцюжка (наприклад, рішення щодо збільшення обсягів переробної продукції). Наслідки події простежуються через низку можливих шляхів. Кожнен шлях мусить супроводжуватися описом результату ризику, якщо він буде реалізований (якісний), або описом усіх можливих результатів, що можуть бути отримані наприкінці (кількісна).

Метою створення кількісного дерева подій (Boussabaine, 2008) є визначення ймовірності події на основі отриманих результатів кожної з попередніх (що передують їй) у хронологічній послідовності. Під час розгляду всіх можливих наслідків можна визначити відсоток результатів, які можливо віднести до категорії бажаних.

Діаграми впливу є відносно недавнім нововведенням в системі аналізу рішень, і які за короткий час зайняли відповідну нішу у процесі аналізу та управління ризиками. Застосування даного методу є простою візуалізацією проблемного (суперечливого) рішення й певною мірою схожа на блок-схему, де є ключові вузли, що характеризують різні етапи та процедури в рамках тої чи іншої події чи проекту (мал.3).

Діаграми впливу можуть направити до інтуїтивно зрозумілого методу визначення та фіксації основних (базових) елементів системи, включаючи невизначеності і цілі, а також те, як вони впливають один на одного в рамках досліджуваного сценарію. Інша назва діаграм впливу - «карти знань». Як і дерева подій, вони можуть бути як кількісними, так і якісними, а в більш формальних прикладах демонструвати структуру умовної ймовірності серед багатьох пов'язаних змінних, які сприяють певній невизначеності. Використовуючи цей метод, рішення можливо приймати аналітично, так само як і в попередньо описаному.



Малюнок 2.3 Приклад діаграми впливу ерозії (Maru Y, O'Connell D. etc. 2017)

Ще однією можливістю використання цих діаграм є розробка когнітивних карт того, як експерти та замовники розглядають певний варіант рішення та шляхи управління ризиками, що він відкриває. Відмінності між експертними і непрофесійними поглядами є основою для визначення суті існуючих ризиків. Крім того, інші види використання діаграм впливу включають структурування припущень, змінних і сценаріїв, які

використовуються для отримання ймовірностей від технічних експертів. Імовірності, засновані на оцінках, включають ще один аспект аналізу рішень, який є особливо важливим для якісного управління ризиками.

Кількісна техніка аналізу ризику передбачає застосування ряду математичних процедур. Кількісно визначений ризик (Ris), також називають імовірнісним. Зазвичай він описується функцією ймовірності небезпеки (P), експозицією (E), яка спричинена нею ж, і вразливістю об'єкту дослідження (V). Більшість аналізів ризиків, що зумовлені небезпечними екзогенними геологічними процесами використовують технічний підхід, зосереджуючись саме на першому компоненті - (P). Потенційні наслідки (E*V) не викликають такого ж наукового інтересу, незважаючи на їх очевидний вплив на результати оцінок ризику (Ris). Моделюванню пошкоджень не приділяється значної наукової уваги, і теоретичні основи моделей ураження все ще потребують вдосконалення (Kelman & Spence 2004, Wind et al. 1999).

Вплив природних небезпек на суспільство залежить від багатьох факторів, включаючи тип небезпеки, місце їх розташування (осередок виникнення), тривалість, а також розмір. З іншого боку, відповідно, до уваги береться вразливість населення, що піддається впливу (CRED 2015). Дослідниками (Seifert та ін.,2010) також наголошується, що через відмінності в характеристиках оцінку ризиків таїх збитків необхідно проводити окремо для кожного виду катастроф та небезпечних процесів.

Визначення *індивідуальних ризиків* життєдіяльності за окремими видами загроз (підтоплення, ерозія, карст, просідання) передбачає використання чітко визначеного пулу даних (1).

$$R_{is}(F_j) = P_s(F_j) \times V_{sf}(F_j) \times V_{nt}(F_j) \times V_{ns}(F_j) \quad (2.1)$$

де R_{is} – індивідуальний ризик загибелі на території загальною площею S внаслідок дії уражувального чинника.

P_s (F_j) – ймовірність прояву на території загальною площею S уражувальних впливів чинника F_j.

$$P_s(F_j) = V_{sf}(F_j) \times K_{час} \quad (2.2)$$

$К_{час}$ – коефіцієнт часової динаміки розвитку процесу

$$K_{час} = \frac{n}{T} \quad (2.3)$$

n – кількість разів активації процесу

T – час, кількість років.

V_{sf} (F_j) – фізична уразливість території загальною площею S від уражувальних впливів чинника F_j, що визначається співвідношенням площі ураженої частини території S до її загальної площі S. / уражена площа території (площа (зона), що зазнала ураження $_j$-м уражувальним) чинником F_j

$$V_{sf}(F_j) = \frac{S_n}{S} \quad (2.4)$$

S_n – уражена процесом площа

S – загальна площа території області.

V_{nt} (F_j) – часова уразливість населення, що виначається ймовірністю опинитися на території S під час прояву уражувальних впливів чинника F_j. = 1

V_{ns} (F_j) – просторова уразливість населення зони ураження.

$$V_{ns}\left(F_j\right)=\frac{N_s}{N} \quad (2.5)$$

N_s – кількість населення на ураженій території
N – загальна кількість населення області
Для розуміння наскільки отриманий результат є прийнятним рекомендовано застосування критеріїі прийнятності ризику за Ешбі (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

Критерії прийнятності ризику (за Ешбі)

Ранг ризику	Вірогіжність однієї смерті в рік	Ступінь прийнятності
1	Не менше $1*10^{-3}$	Ризик неприйнятний
2	$1*10^{-4}$	Ризик прийнятний лише в особливих обставинах
3	$1*10^{-5}$	Потрібне детальне обгрунтування прийнятності
4	$1*10^{-6}$	Ризик прийнятний без обмежень

У випадку, коли в залежності від історичних, геологічних, гідрогеологічних та інших факторів, на території є можливість одночасного розвитку кількох НЕГП існуючий ризик розраховується за допомогою формули (6).

$$R_{is}\left(F_j\right)=\sum\frac{\mathrm{Vsf\ (Fj)}}{K_{час}}\times r_{\mathrm{Sj}}\times V_{\mathrm{nt}}\times V_{\mathrm{ns}}\times\frac{1}{N} \quad (2.6)$$

R_{is} – ризик життєдіяльності на території S внаслідок дії уражувального чинника F_j
V_{sf} (F_j) – уражена площа території (площа (зона), що зазнала ураження $_j$-м уражувальним) чинником F_j
$K_{час}$ – час, протягом якого відбувалося ураження чинником F_j (коефіцієнт часової динаміки розвитку процесу)
r_{Sj} – щільність населення в зоні ураження S

$$r_{Sj}=\frac{N_S}{S} \quad (2.7)$$

N_S – кількість населення в зоні ураження

V_{nt} – уразливість населення в часі
V_{ns} – уразливість населення по території (просторова уразливість населення зони ураження)
N – кількість населення регіону, відносно якого розраховують ризик.

Існує широкий спектр методів, доступних для аналітика при оцінці ризику. Проте немає чітко встановлених правил щодо вибору найбільш підходящої техніки, оскільки в більшості випадків підхід адаптується до конкретних потреб і характеристик організації чи ситуації, що досліджується.

Завдання: *Відповідно до вказаного варіанту:*

Завдання 1: *На основі логічних розмірковувань скласти реєстр ризиків (табл. 2.5), пов'язаних із вказаним у варіанті небезпечним екзогенним геологічним процесом, використовуючи для встановлення рівня пріоритетності числову матрицю ризиків з*

малюнку 2.1 та таблицю 2.3 для визначення рівня прийнятності кожного з визначених ризиків.

Таблиця 2.5

Опис ризику	Опис впливу	Рівень впливу	Рівень ймовірності	Рівень пріоритетності	Рівень прийнятності	Примітки
Короткий опис ризику	Що станеться якщо не пом'якшити і не усунути ризик	Ранг 1 (низький) 5 (високий)	Ранг 1 (низький) 5 (високий)	Вплив * ймовірність Першочергова увага найвищим показникам		Що можна зробити щоб знизити або усунути вплив чи ймовірність

***Завдання 2**: Визначити індивідуальні ризикики життєдіяльності за окремими видами загроз: підтоплення, ерозія, карст, просідання.*

Підтоплення

S	27200	km2	
Sn	0,35%	95,2	km2
N	1929200	осіб	
Ns	24%	463008	осіб
n	1	рази на	
T	3	роки	

1.	Кчас	3,33E-01	
2.	Vsf (Fj)	3,50E-03	
3.	Vns (Fj)	2,40E-01	
4.	Ps (Fj)	1,17E-03	0,12%
5.	Ris (Fj)	9,80E-07	

Карст

S	27200	km2	
Sn	3%	816	km2
N	1929200	осіб	
Ns	37%	713804	осіб
n	1	рази на	
T	15	роки	

1.	Кчас	6,67E-02	
2.	Vsf (Fj)	3,00E-02	
3.	Vns (Fj)	3,70E-01	
4.	Ps (Fj)	2,00E-03	0,20%
5.	Ris (Fj)	2,22E-05	

Ерозія

S	27200	km2	
Sn	8%	2176	km2
N	1929200	осіб	
Ns	15%	289380	осіб
n	1		
T	4	роки	

1.	Кчас	2,50E-01	
2.	Vsf (Fj)	8,00E-02	
3.	Vns (Fj)	1,50E-01	
4.	Ps (Fj)	2,00E-02	2,00%
5.	Ris (Fj)	2,40E-04	

Просідання

S	27200	km2	
Sn	1%	217,6	km2
N	1929200	осіб	
Ns	17%	327964	осіб
n	1	рази на	рік (T)
T	3	роки	

1.	Кчас	3,33E-01	
2.	Vsf (Fj)	8,00E-03	
3.	Vns (Fj)	1,70E-01	
4.	Ps (Fj)	2,67E-03	0,27%
5.	Ris (Fj)	3,63E-06	

Малюнок 2.4 Приклад оформлення результатів отриманих в завданні 2

***Завдання 3:** Дати інтерпретацію ймовірності реалізації кожної із загроз, орієнтуючись на відповідне ранжування, що наведене в таблиці 2.6.*

Таблиця 2.6

Вірогідність – визначення ймовірності ризику

Вірогідність прояву НЕГП ($P_s(F_j)$)	**Інтерпретація**
0 – ≤ 0,05	Надзвичайно ймовірно, що НЕГП НЕ отримає розвиток на досліджуваній території
> 0,05 – ≤ 0,15	Є велика ймовірність відсутності розвитку НЕГП на досліджуваній території
> 0,15 – ≤ 0,25	Розвиток НЕГП на досліджуваній території навряд чи відбудеться
> 0,25 – ≤ 0,35	Розвиток НЕГП на досліджуваній території дуже малоймовірний
> 0,35 – ≤ 0,45	Ймовірність розвитку НЕГП на досліджуваній території трохи менше, ніж рівна можливість
> 0,45 – ≤ 0,55	Рівні шанси на те що НЕГП отримає та не отримає розвиток на досліджуваній території
> 0,55 – ≤ 0,65	Ймовірність розвитку НЕГП на досліджуваній території дещо більше, ніж рівна ймовірність
>0,65 – ≤ 0,75	Розвиток НЕГП на досліджуваній території ймовірний
> 0,75 – ≤ 0,85	Розвиток НЕГП на досліджуваній території дуже ймовірний
> 0,85 – ≤ 0,95	Є велика ймовірність розвитку НЕГП на досліджуваній території
> 0,95 – < 1	Надзвичайно ймовірно, що НЕГП отримає розвиток на досліджуваній території

Завдання 4: *Дати короткий висновок щодо прийнятності кожного з видів ризиків, орієнтуючись на критерії Ешбі (табл. 2.4)*

Завдання 5: *Оцінити сумісний ризик від природних небезпек - <u>просідання</u> й <u>підтоплення</u>.*

Просідання		Підтоплення	
rsj	12,06	rsj	17,02
$\frac{\text{Vsl (Fj)}}{K_{vac}} \times r_{sj} \times V_{sl} \times V_{ss} \times \frac{1}{N}$			
2,87E-08		2,54E-08	
∑			
5,41E-08			

Малюнок 2.5 Приклад оформлення результатів отриманих в завданні 5

Практична робота №2
Оцінка ризику від природних небезпек

Варіанти до завдання 1:

Варіант №1	Підтоплення
Варіант №2	Просідання
Варіант №3	Ерозія
Варіант №4	Просідання
Варіант №5	Карст
Варіант №6	Ерозія
Варіант №7	Підтоплення
Варіант №8	Карст
Варіант №9	Просідання
Варіант №10	Підтоплення
Варіант №11	Карст
Варіант №12	Ерозія
Варіант №13	Ерозія
Варіант №14	Підтоплення
Варіант №15	Карст
Варіант №16	Просідання
Варіант №17	Ерозія
Варіант №18	Карст
Варіант №19	Підтоплення
Варіант №20	Просідання

Варіанти до завдання 2-5:

Варіант №1

S – загальна площа території області «Х» = 13 928км^2

Sn – ураженість території процесом

- Підтоплення = 11%
- Ерозія = 6%
- Карст = 1,5%
- Просідання = 10%

N – загальна кількість населення, що проживає в області = 606 764 осіб.

Ns – населення, що проживає на території, яка уражена процесом

- Підтоплення = 31%
- Ерозія = 30%
- Карст = 9%
- Просідання = 10%

n – активація процесів – кількість разів

- Підтоплення = 1
- Ерозія = 1
- Карст = 1
- Просідання = 1

T – час (рік)

- Підтоплення = 3
- Ерозія = 3
- Карст = 4
- Просідання = 11

Варіант №2

S – загальна площа території області «Х» = 26 513 км^2

Sn – ураженість території процесом

- Підтоплення = 14%
- Ерозія = 16%
- Карст = 0,28%
- Просідання = 11%

N – загальна кількість населення, що проживає в області = 799 385 осіб.

Ns – населення, що проживає на території, яка уражена процесом

- Підтоплення = 46%
- Ерозія = 51%
- Карст = 19%
- Просідання = 39%

n – активація процесів – кількість разів

- Підтоплення = 1
- Ерозія = 1
- Карст = 1
- Просідання = 1

T – час (рік)

- Підтоплення = 4
- Ерозія = 3
- Карст = 11
- Просідання = 4

Варіант №3

S – загальна площа території області «Х» = 20 629 км^2

Sn – ураженість території процесом

- Підтоплення = 21%
- Ерозія = 14%
- Карст = 1,25%
- Просідання = 16%

N – загальна кількість населення, що проживає в області = 720 752 осіб.

Ns – населення, що проживає на території, яка уражена процесом

- Підтоплення = 51%
- Ерозія = 34%
- Карст = 14%
- Просідання = 42%

n – активація процесів – кількість разів

- Підтоплення = 1
- Ерозія = 1
- Карст = 1
- Просідання = 1

T – час (рік)

- Підтоплення = 3
- Ерозія = 4
- Карст = 12
- Просідання = 3

Варіант №4

S – загальна площа території області «Х» = 33 310 км^2

Sn – ураженість території процесом

- Підтоплення = 17%
- Ерозія = 32%
- Карст = 18%
- Просідання = 9%

N – загальна кількість населення, що проживає в області = 1 597 062 осіб.

Ns – населення, що проживає на території, яка уражена процесом

- Підтоплення = 28%
- Ерозія = 49%
- Карст = 21%
- Просідання = 10%

n – активація процесів – кількість разів

- Підтоплення = 1
- Ерозія = 1
- Карст = 1
- Просідання = 1

T – час (рік)

- Підтоплення = 25
- Ерозія = 3
- Карст = 11
- Просідання = 27

Варіант №5

S – загальна площа території області «Х» = 24 588 км^2

Sn – ураженість території процесом

- Підтоплення = 13%
- Ерозія = 7%
- Карст = 34%
- Просідання = 29%

N – загальна кількість населення, що проживає в області = 591 944 осіб.

Ns – населення, що проживає на території, яка уражена процесом

- Підтоплення = 33%
- Ерозія = 28%
- Карст = 54%
- Просідання = 42%

n – активація процесів – кількість разів

- Підтоплення = 1
- Ерозія = 1
- Карст = 1
- Просідання = 1

T – час (рік)

- Підтоплення = 11
- Ерозія = 29
- Карст = 4
- Просідання = 4

Варіант №6

S – загальна площа території області «Х» = 31 9140 км^2

Sn – ураженість території процесом

- Підтоплення = 0,38%
- Ерозія = 21%
- Карст = 42%
- Просідання = 30%

N – загальна кількість населення, що проживає в області = 2 668 744 осіб.

Ns – населення, що проживає на території, яка уражена процесом

- Підтоплення = 10%
- Ерозія = 20%
- Карст = 45%
- Просідання = 39%

n – активація процесів – кількість разів

- Підтоплення = 1
- Ерозія = 1
- Карст = 1
- Просідання = 1

T – час (рік)

- Підтоплення = 14
- Ерозія = 4
- Карст = 3
- Просідання = 11

Варіант №7

S – загальна площа території області «Х» = 23 834 км^2

Sn – ураженість території процесом

- Підтоплення = 0,15%
- Карст = 37%
- Ерозія = 14%
- Просідання = 24%

N – загальна кількість населення, що проживає в області = 741 430 осіб.

Ns – населення, що проживає на території, яка уражена процесом

- Підтоплення = 5%
- Карст = 38%
- Ерозія = 22%
- Просідання = 30%

n – активація процесів – кількість разів

- Підтоплення = 1
- Карст = 1
- Ерозія = 1
- Просідання = 1

T – час (рік)

- Підтоплення = 3
- Карст = 4
- Ерозія = 11
- Просідання = 12

Варіант №8

S – загальна площа території області «Х» = 29 832 км^2

Sn – ураженість території процесом

- Підтоплення = 2,45%
- Карст = 41%
- Ерозія = 21%
- Просідання = 19%

N – загальна кількість населення, що проживає в області = 716 457осіб.

Ns – населення, що проживає на території, яка уражена процесом

- Підтоплення = 8%
- Карст = 56%
- Ерозія = 35%
- Просідання = 20%

n – активація процесів – кількість разів

- Підтоплення = 1
- Карст = 1
- Ерозія = 1
- Просідання = 1

T – час (рік)

- Підтоплення = 22
- Карст = 3
- Ерозія = 4
- Просідання = 15

Варіант №9

S – загальна площа території області «Х» = 28 748 км^2

Sn – ураженість території процесом

- Підтоплення = 4%
- Карст = 11%
- Ерозія = 19%
- Просідання = 25%

N – загальна кількість населення, що проживає в області = 867 201 осіб.

Ns – населення, що проживає на території, яка уражена процесом

- Підтоплення = 5%
- Карст = 12%
- Ерозія = 23%
- Просідання = 39%

n – активація процесів – кількість разів

- Підтоплення = 1
- Ерозія = 1
- Карст = 1
- Просідання = 1

T – час (рік)

- Підтоплення = 28
- Ерозія = 4
- Карст = 4
- Просідання = 3

Варіант №10

S – загальна площа території області «Х» = 8 097 км^2

Sn – ураженість території процесом

- Підтоплення = 36%
- Ерозія = 18%
- Карст = 7%
- Просідання = 23%

N – загальна кількість населення, що проживає в області = 390 551 осіб.

Ns – населення, що проживає на території, яка уражена процесом

- Підтоплення = 51%
- Ерозія = 29%
- Карст = 16%
- Просідання = 44%

n – активація процесів – кількість разів

- Підтоплення = 1
- Ерозія = 1
- Карст = 1
- Просідання = 1

T – час (рік)

- Підтоплення = 3
- Ерозія = 11
- Карст = 12
- Просідання = 4

Варіант №11

S – загальна площа території області «Х» = 21 833 км^2

Sn – ураженість території процесом

- Підтоплення = 44%
- Ерозія = 20%
- Карст = 11%
- Просідання = 13%

N – загальна кількість населення, що проживає в області = 1 534 040 осіб.

Ns – населення, що проживає на території, яка уражена процесом

- Підтоплення = 49%
- Ерозія = 32%
- Карст = 24%
- Просідання = 28%

n – активація процесів – кількість разів

- Підтоплення = 1
- Ерозія = 1
- Карст = 1
- Просідання = 1

T – час (рік)

- Підтоплення = 3
- Ерозія = 11
- Карст = 30
- Просідання = 15

Варіант №12

S – загальна площа території області «Х» = 28 461 км^2

Sn – ураженість території процесом

- Підтоплення = 9%
- Карст = 7%
- Ерозія = 47%
- Просідання = 12%

N – загальна кількість населення, що проживає в області = 631 317 осіб.

Ns – населення, що проживає на території, яка уражена процесом

- Підтоплення = 20%
- Карст = 18%
- Ерозія = 56%
- Просідання = 25%

n – активація процесів – кількість разів

- Підтоплення = 1
- Карст = 1
- Ерозія = 1
- Просідання = 1

T – час (рік)

- Підтоплення = 18
- Карст = 27
- Ерозія = 3
- Просідання = 11

Варіант №13

S – загальна площа території області «Х» = 20 143 км^2

Sn – ураженість території процесом

- Підтоплення = 21%
- Карст = 5%
- Ерозія = 14%
- Просідання = 48%

N – загальна кількість населення, що проживає в області = 539 179 осіб.

Ns – населення, що проживає на території, яка уражена процесом

- Підтоплення = 32%
- Карст = 15%
- Ерозія = 26%
- Просідання = 61%

n – активація процесів – кількість разів

- Підтоплення = 1
- Карст = 1
- Ерозія = 1
- Просідання = 1

T – час (рік)

- Підтоплення = 13
- Карст = 20
- Ерозія = 30
- Просідання = 3

Варіант №14

S – загальна площа території області «Х» = 13 823 км^2

Sn – ураженість території процесом

- Підтоплення = 40%
- Карст = 1%
- Ерозія = 6%
- Просідання = 11%

N – загальна кількість населення, що проживає в області = 473 727 осіб.

Ns – населення, що проживає на території, яка уражена процесом

- Підтоплення = 52%
- Карст = 11%
- Ерозія = 20%
- Просідання = 27%

n – активація процесів – кількість разів

- Підтоплення = 1
- Ерозія = 1
- Карст = 1
- Просідання = 1

T – час (рік)

- Підтоплення = 3
- Ерозія = 23
- Карст = 29
- Просідання = 11

Варіант №15

S – загальна площа території області «Х» = 27 180 км^2

Sn – ураженість території процесом

- Підтоплення = 19%
- Ерозія = 29%
- Карст = 14%
- Просідання = 17%

N – загальна кількість населення, що проживає в області = 1 306 231 осіб.

Ns – населення, що проживає на території, яка уражена процесом

- Підтоплення = 28%
- Ерозія = 39%
- Карст = 15%
- Просідання = 21%

n – активація процесів – кількість разів

- Підтоплення = 1
- Ерозія = 1
- Карст = 1
- Просідання = 1

T – час (рік)

- Підтоплення = 4
- Ерозія = 3
- Карст = 26
- Просідання = 19

Варіант №16

S – загальна площа території області «Х» = 31 865 км^2

Sn – ураженість території процесом

- Підтоплення = 3%
- Ерозія = 39%
- Карст = 7%
- Просідання = 14%

N – загальна кількість населення, що проживає в області = 649 063 осіб.

Ns – населення, що проживає на території, яка уражена процесом

- Підтоплення = 19%
- Ерозія = 52%
- Карст = 28%
- Просідання = 37%

n – активація процесів – кількість разів

- Підтоплення = 1
- Ерозія = 1
- Карст = 1
- Просідання = 1

T – час (рік)

- Підтоплення = 25
- Ерозія = 3
- Карст = 17
- Просідання = 11

Варіант №17

S – загальна площа території області «Х» = 28 131 км^2

Sn – ураженість території процесом

- Підтоплення = 8%
- Ерозія = 19%
- Карст = 0,75%
- Просідання = 10%

N – загальна кількість населення, що проживає в області = 1 105 383 осіб.

Ns – населення, що проживає на території, яка уражена процесом

- Підтоплення = 26%
- Ерозія = 43%
- Карст = 14%
- Просідання = 30%

n – активація процесів – кількість разів

- Підтоплення = 1
- Ерозія = 1
- Карст = 1
- Просідання = 1

T – час (рік)

- Підтоплення = 4
- Ерозія = 4
- Карст = 30
- Просідання = 3

Варіант №18

S – загальна площа території області «Х» = 24 598 км^2

Sn – ураженість території процесом

- Підтоплення = 0,5%
- Ерозія = 15%
- Карст = 5%
- Просідання = 19%

N – загальна кількість населення, що проживає в області = 768 022 осіб.

Ns – населення, що проживає на території, яка уражена процесом

- Підтоплення = 19%
- Ерозія = 37%
- Карст = 29%
- Просідання = 42%

n – активація процесів – кількість разів

- Підтоплення = 1
- Ерозія = 1
- Карст = 1
- Просідання = 1

T – час (рік)

- Підтоплення = 25
- Ерозія = 11
- Карст = 18
- Просідання = 4

Варіант №19

S – загальна площа території області «Х» = 20 047 км^2

Sn – ураженість території процесом

- Підтоплення = 1%
- Ерозія = 16%
- Карст = 21%
- Просідання = 32%

N – загальна кількість населення, що проживає в області = 548 088 осіб.

Ns – населення, що проживає на території, яка уражена процесом

- Підтоплення = 14%
- Ерозія = 24%
- Карст = 36%
- Просідання = 44%

n – активація процесів – кількість разів

- Підтоплення = 1
- Ерозія = 1
- Карст = 1
- Просідання = 1

T – час (рік)

- Підтоплення = 30
- Ерозія = 12
- Карст = 3
- Просідання = 3

Варіант №20

S – загальна площа території області «Х» = 31 415 км^2

Sn – ураженість території процесом

- Підтоплення = 0,27%
- Ерозія = 14%
- Карст = 2%
- Просідання = 17%

N – загальна кількість населення, що проживає в області = 2 158 121 осіб.

Ns – населення, що проживає на території, яка уражена процесом

- Підтоплення = 13%
- Ерозія = 34%
- Карст = 21%
- Просідання = 40%

n – активація процесів – кількість разів

- Підтоплення = 1
- Ерозія = 1
- Карст = 1
- Просідання = 1

T – час (рік)

- Підтоплення = 20
- Ерозія = 4
- Карст = 13
- Просідання = 3

Використана література:

- Безпека життєдіяльності : навчальний посібник / О. В. Березюк, М. С. Лемешев. – Вінниця: ВНТУ, 2011. – 204с. Електронне ресурс. Режим доступу: https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/19395/000759.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Безпека життєдіяльності: Конспект лекцій для студентів усіх спеціальностей за освітньо-кваліфікаційним рівнем «бакалавр» / Уклад.: В.В.Зацарний, Н.А.Праховнік, О.В.Землянська – К.:НТУУ «КПІ», 2016 - с. 92. Електронне ресурс. Режим доступу: http://opcb.kpi.ua/wp-content/uploads/2015/03/%D0%91%D0%96%D0%94-%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82-%D0%B7%D0%B0%D0%BE%D1%87.pdf
- Г.В.Лисиченко, Г.А.Хміль, С.В.Барбашев Методологія оцінювання екологічний ризиків, 2011
- Г.В.Лисиченко, Г.А.Хміль, С.В.Барбашев, Ю.Л. Забулонов, Ю.Є. Тищенко Екологічний ризик: методологія оцінювання та управління. Навч. посібник, 2014
- Електронний навчальний курс «Безпека праці та життєдіяльності», (2022). Електронне ресурс. Режим доступу: https://zp.edu.ua/sites/default/files/konf/tema_2_bzhd_skuybidaproyekt.pdf
- Boussabaine, Halim A, and Richard Kirkham. *Whole Life-cycle Costing*. 1st ed. Chichester: Wiley, 2008. Web.
- CRED (2015). The human costs of natural disasters 2015. A global perspective. Centre for research on the epidemiology of disas-ters. http://emdat.be/human_cost_natdis (2017-04-07).
- How Risk Management and ISO 14971:2019 Work (March 2023). Available at: https://www.orielstat.com/blog/medical-device-risk-management-planning-analysis/risk-acceptability-matrix/
- Kelman, I., Spence, R. (2004). An overview of flood actions on buildings. Engineering Geology 73 (3-4), 297-309
- Maru Y, O'Connell D, Grigg N, Abel N, Cowie A, Stone-Jovicich S, Butler J, Wise R, Walker B, Million AB, Fleming A, Meharg S, Meyers J (2017) Making 'resilience', 'adaptation' and 'transformation' real for the design of sustainable development projects: piloting the Resilience, Adaptation Pathways and Transformation Assessment (RAPTA) framework in Ethiopia. May 2017. CSIRO, Australia
- R. Bullock (2022) EENV421/521 Operational risk assessments
- Seifert I., Thieken A. H., Merz M., Borst D., & Werner U. (2010). Estimation of industrial and commercial asset values for haz-ard risk assessment. Natural Hazards, 52(2), 453-479
- Simple Safety Risk Register Template (September 2018). Available at: https://www.smartsheet.com/risk-register-templates
- Wind, H. G., Nierop, T. M., de Blois, C. J., & de Kok, J. L. (1999). Analysis of flood damages from the 1993 and 1995 Meuse Floods. Water Resources Research, 35 (11), 3459-3465.

3. Еколого-геологічна оцінка ризиків зсувної небезпеки

Першочерговим завданням роботи з природно-техногенними ризиками є забезпечення безпеки населення, об'єктів господарства та навколишнього природного середовища. Особлива увага зосереджується на територіях, схильних до впливів небезпечних геологічних процесів (Бондар М.О., 2015). Зміна кліматичних особливостей, інтенсифікація різного роду господарської діяльності – усе це пришвидшує протікання екзогенних явищ, стимулюючи пошук ефективних підходів прийняття управлінських рішень (Касіянчук Д.В. та ін., 2016), які б забезпечили вирішення усіх поставлених викликів.

За своєю суттю, оцінка геологічного ризику є спеціальним видом проектно-вишукувальної діяльності, яка проводиться шляхом завчасного здійснення інженерно-технічних та інших заходів щодо зменшення негативних наслідків і запобігання надзвичайних ситуацій (Cascini, L.et., 2005; Bell, R. et., 2004). На початок третьої декади 21 століття методологічні основи даного напрямку стали набувати все більшого поширення. Зокрема вони висвітлені у працях Cardona (2001), Einstein H. та Sousa R. (2006), Биченок, М. (2008), Лисиченко, Г. (2008), Рудька Г.І (2012), та інших. А термінологічна основа розробляється та регулярно вдосконалюється Міжнародним співтовариством механіки ґрунтів і геотехніки (International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering) (Бондар М.О., 2015).

Окрім відомого трактування ризику, як ймовірності прояву небезпечного явища, багато дослідників розглядають його, як ймовірність шкоди із певними рівнями наслідків: природних, соціальних, політичних, технічних, освітніх, екологічних, економічних та ін. (Parra-Pichardo, 2004) – залежно від досліджуваного об’єкту. Кожен окремий випадок зазвичай розглядається індивідуально, проте три головні аспекти враховуються завжди: вид небезпечного процесу чи явища, мета оцінки та локальні особливості фізико-географічного положення (геоморфологічні, геологічні, тектонічні та ін.). Саме тому невід’ємною частиною процесу є попереднє проведення моніторингових спостережень для якісного характеризування обстановки й лише потім кількісного аналізу, результати якого використовуються для створення прогнозних моделей та систем управління ризиками.

У загальному вигляді еколого-геологічний ризик R розглядається, як оціночна категорія, що є векторною багатокомпонентною величиною:

$$R = \{P,W\}$$

де P є ймовірністю настання катастрофічної події (небезпеки), а W – є витратами на відшкодування збитків від неї (тобто - вразливість).

Україна є державою, де зареєстрована велика кількість проявів небезпечних геологічних просесів (НЕГП). Як видно з таблиці 1 (ДБН В.1.1-24:2009), найбільше поширення набули зсуви, ерозія та підтоплення.

Виникнення зсувних ділянок є проблемою, основними природними причинами розвитку яких, є підмивання річками берегів, сейсмічні поштовхи, збільшення крутизни схилів. Найбільше зазнає збитків від широкого розвитку цих процесів гірська і передгірська територія країни (Касіянчук Д.В. та ін., 2016). Господарське навантаження на ці території є достатньо суттєвим й тому питання оцінки ризиків саме від зсувів вважаєть дуже актуальним.

Таблиця 3.1

Зареєстровані прояви небезпечних геологічних процесів на території України

Територія	Зареєстровані прояви небезпечних геологічних процесів								
	Зсуви	Ерозія	Абразія	Обвали	Селі	Лавини	Карст	Підто-плення	Пере-робка бере-гів
АРК	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Вінницька обл.	+	+						+	
Волинська обл.		+						+	
Дніпропетровська обл.	+	+	+					+	+
Донецька обл.	+	+	+				+	+	
Житомирська обл.		+						+	
Закарпатська обл.	+	+		+	+	+		+	
Запорізька обл.	+	+	+	+			+	+	+
Івано-Франківська обл.	+	+		+	+	+		+	
Київська обл.	+	+	+					+	+
Кіровоградська обл.	+	+		+				+	
Луганська обл	+	+						+	
Львівська обл.	+	+		+	+			+	
Миколаївська обл.	+	+						+	
Одеська обл.	+	+		+			+	+	
Рівненська обл.	+	+						+	
Полтавська обл.	+	+	+						+
Сумська обл.	+	+							
Тернопільська обл.	+	+		+				+	
Харківська обл.	+	+						+	
Херсонська обл.	+	+	+					+	+
Хмельницька обл.	+	+						+	
Чернігівська обл.	+	+		+				+	
Черкаська обл.	+	+						+	
Чернівецька обл.	+	+			+	+		+	

Важливе місце у вирішенні задачі оцінки ризику займає диференціація факторів, що активізують НЕГП на тій чи іншій території. Стандартним є їх розмежування на природну та техногенну складові (табл. 3.2, 3.3) (Касіянчук Д.В. та ін., 2016).

Таблиця 3.2

Фактори активізації НЕГП (природна складова)

Група чинників	Фактор	Факторна характеристика
Геологічні	Літофіціальний тип гірських порід, що підстилають	Коефіцієнт ураженості літофаціальної зони, геологічної стіти
	Інженерно-геологічний район	Коефіцієнт ураженості в межах району (в тому числі й іншими НЕГП)
Метеорологічні	Опади	Кількість (інтенсивність) опадів
Тектонічні	Тектонічні порушення	Відстань до тектонічного розлому
Геоморфологічні	Базис ерозії	Відстань до базису ерозії
	Висота	Абсолютна оцінка над рівнем моря
	Крутість схилу	Кут нахилу денної поверхні
	Найближчий поверхневий прояв НЕГП	Відстань до найближчого прояву
	Вододіл	Відстань до вододілу
	Напрям схилу	Експозиція схилу

Таблиця 3.3

Фактори активізації НЕГП (техногенна складова)

Група чинників	Фактор	Факторна характеристика
Геологічні	Наявність ділянок порушення геологічного середовища	Відстань до ділянок порушення геологічного середовища (водозаборів, кар'єрів)
		Коефіцієнт ураженості дорожньою мережею та населеними пунктами в межах району
Ландшафтні	Рослинність	Зміна лісових площ, відстань до границі лісу
Геоморфологічні	Вібрація	Відстань до джерела вібрації, рівень вібрації
	Модифікація	Зміна кута нахилу
	Перевантаження схилів	Коефіцієнт стійкості
	Наявність доріг, залізниць	Відстань до дороги, залізниці
	Наявність населених пунктів	Відстань до населеного пункту
Гідрологічні	Коефіцієнт порушеності	Коефіцієнт порушеності, рівень гунтових вод

В умовах застосування статистичного аналізу, коли є необхідність обробки надзвичайно великих обсягів інформації, для розрахунку еколого-геологічної оцінки ризику використовуються дані зазначених складових.

Імовірність розвитку зсуву на ділянці в j-й точці на час t визначається за формулою:

$$P_{j,t} = P(Q_j) \times P(\Omega_t) \tag{3.1}$$

де $P(Q_j)$ – значення ймовірності зсувопрояву в j-й точці;

P(Ωt) – значення ймовірності зсувної активності на час t (рік).

Середнє значення зсувонебезпеки і-тої ділянки розраховане як:

$$\overline{P}_{i,t} = \frac{\sum_{n=1}^{m} P_{j,t}}{m} \tag{3.2}$$

де $\sum_{n=1}^{m} P_{j,t}$ - є сумарною ймовірністю розвитку зсувів на ділянці,

m – кількість точок, для яких розраховувалась просторова ймовірність на час t в межах обраної ділянки.

Таким чином, формула оцінки еколого-геологічного ризику $Rpr_{i,t}$ (осіб/км^2 для і-ої ділянки на час t) матиме вигляд:

$$Rpr_{i,t} = \overline{P}_{i,t} \times N_i \times \frac{\sum_{n=1}^{k} S_i}{S_i^2} \times Z_i \tag{3.3}$$

де $\overline{P}_{i,t}$ – середнє значення зсувної небезпеки для і-тої ділянки на час t, част. од.; $\sum_{n=1}^{k} S_i$ – сумарна площа зсувів на ділянці за досліджуваний час, км^2;S^2_1– площа і-тої ділянки, км^2; N_i– кількість населення в і-й ділянці, осіб; Z_i– коефіцієнт, що враховує наявність зсувозахисних об’єктів, част. од.

Завдання: *Відповідно до вказаного варіанту:*

Завдання 1: *Розрахувати еколого-геологічний ризик* $Rpr_{i,t}$

Завдання 2: *Виконати дослідження регіону, чи самостійно обраної його частини. Написати* ***ессе-оціку*** *поширення там НЕГП. Спираючись на* табл. 3.2, 3.3 *обгрунтовано пояснити які фактори активізації (як природної, так і техногенної складової) справляють там найбільший вплив.*

Практична робота №3
Еколого-геологічна оцінка ризиків зсувної небезпеки
Варіанти до завдання 1:

	Si	$\sum S_i$	N_i	$P_{i,t}$	Z_i
	км2	км2	осіб		
Варіант №1	1429,05	32,33	17573	56,644077	0,0001
Варіант №2	875,979	6,616	71081	61,278575	
Варіант №3	1582,82	8,88	66255	55,9548517	
Варіант №4	3142,4	16,64	657522	43,4538333	
Варіант №5	1404,77	20,41	97725	47,0069484	
Варіант №6	257,934	31,77	15111	53,4225013	
Варіант №7	739,821	33,241	5093	58,3110067	
Варіант №8	1515,57	60,62	242870	45,9286745	
Варіант №9	1337,23	13,56	54263	42,2137944	
Варіант №10	596,197	0,554	34762	47,3464333	
Варіант №11	1532,77	27,5	162017	42,0126684	
Варіант №12	550,455	59,203	41863	46,0717414	
Варіант №13	1457,21	28,15	47055	44,76648464	
Варіант №14	1023,63	27,88	399654	53,227811	
Варіант №15	899,64	52,11	1001992	49,4689855	
Варіант №16	2511,78	28,24	822177	46,7654673	
Варіант №17	185,41	0	10	0	
Варіант №18	832,197	13,982	55436	50,4382273	
Варіант №19	1000,075	11,65	62774	51,889757	
Варіант №20	2442,4	17,64	198377	40,8811256	

Варіанти до завдання 2:

Варіант №1	Чернівецька	Варіант №11	Івано-Франківська
Варіант №2	Рівненська	Варіант №12	Волинська
Варіант №3	Тернопільська	Варіант №13	Хмельницька
Варіант №4	Сумська	Варіант №14	Вінницька
Варіант №5	Львівська	Варіант №15	Черкаська
Варіант №6	Житомирська	Варіант №16	Миколаївська
Варіант №7	Одеська	Варіант №17	Чернігівська
Варіант №8	Закарпатська	Варіант №18	Дніпровська
Варіант №9	Полтавська	Варіант №19	Кіровоградська
Варіант №10	Київська	Варіант №20	Запорізька

Використана література:

- Биченок, М., Яковлєв О., Іванюта С. (2008) Ризики життєдіяльності у природно-техногенному середовищі. Ін-т пробл. нац. безпеки Ради нац. безпеки і оборони України. –К. 160 с.
- Бондар М.О. (2015) Оцінювання ризиків небезпечних геолонічних процесів. Екологічна безпека. Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Випуск 3(92), 123–128. Електронний ресурс. Режим доступу: http://www.kdu.edu.ua/PUBL/statti/2015_3_123-3-2015.pdf
- ДБН В.1.1-24:2009. Електронний ресурс. Режим доступу: http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/34.1.%20%D0%94%D0%91%D0%9D%20%D0%92.1.1-24~2009.%20%D0%97%D0%B0%D1%85%D0%B8%D1%81%D1%82%20%D0%B2%D1%96%D0%B4%20%D0%BD%D0%B5%D0%B1%D0%B5%D0%B7%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%BD%D0%B8%D1%85%20%D0%B3%D0%B5%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87.pdf
- Инженерная геодинамика Украины и Молдовы (оползневые геосистемы). В 2-х т. / Под ред. Г.И.Рудько, В.А. Осиюка. – Черновцы: Букрек, 2012. Т.2. 744 с.
- Касіянчук Д.В., Кузьменко Е.Д., Чепурна Т.Б., Чепурний І.В. (2016) Розрахунок еколого-геологічної оцінки ризиків зсувної небезпеки. Східно-Європейський журнал передових технологій. 1/10(79), 18–25. Електронний ресурс. Режим доступу: https://cyberleninka.ru/article/n/rozrahunok-ekologo-geologichnoyi-otsinki-rizikiv-zsuvnoyi-nebezpeki/pdf
- Лисиченко, Г. В., Забулонов Ю., Хміль Г. (2008) Природний, техногенний та екологічний ризики: аналіз, оцінка, управління: монографія. К.: Наукова думка. 537 с.
- Bell, R., Glade T. (2004) Quantitative risk analysis for landslides – Examples from Bildudalur, NW-Iceland. Natural Hazards and Earth System Sciences. Vol. 4, Issue 1, 117–131. doi: 10.5194/nhess-4-117-2004
- Cardona, O. (2001). Holistic estimation of seismic risk using complex dynamical systems (In Spanish). PhD Thesis. Spain: Universidad Polit_ecnica de Catalunya, Departamento de Enginyeria Del Terreny Cartogr_afica I Geofísica.
- Cascini, L., Bonnard C., Corominas J., Jibson R., Monterio-Olarte J. (2005) Landslide hazard and risk zoning for urban planning and development. Proceeding of the International Conference on Landslide Risk Management, Vancouver, Canada. 199–235
- Einstein, H., & Sousa, R. (2006). Warning system for natural hazards. ECI conference on geohazards. p. paper 1. Available at: http://services.bepress.com/eci/geohazards/1 (Lillehamme, Norway).
- Parra-Pichardo, Y. (2004). Vulnerability analysis to landslides in the district of Orosi, Cartago Province (In Spanish). San Jos_e, Costa Rica: Centro Agron_omico Tropical de Investigaci_on y Ensenanza.

4. Розрахунок потенційних ерозійних ризиків оснований на методиці RUSLE

Ерозія – проблема від якої потерпає не одна країні в світі. Реалізація цього динамічного небезпечного екзогенного геологічного процесу через поступове видалення та транспортування частинок ґрунту під дією кінетичної енергії води, з кожним роком набуває все більших масштабів через збільшення тиску людства на землю та погіршення загального стану ґрунту (Beaumont, 1969; Al-Kaisi, 2000). Втрата останніх справляє значні несприятливі впливи різної інтенсивності, залежно від біофізичних характеристик довкілля (Lal, R., 1998).

Наслідками ерозії верхнього шару ґрунту є не лише зниження загальної продуктивності сільськогосподарських угідь але також вплив на кількість та якість доступної води. Еродований ґрунтовий матеріал осідає у зрошувальних каналах та водоймах, що є джерелом системи водопостачання, прискорюючи їх замулення (Adongo, etl 2014) та знижуючи можливості вироблення потрібних обсягів електроенергії (Sharma, etl, 1985; Bunyasi, etl, 2013).

На сьогоднішній день, у сфері охорони ґрунтів та реорганізації сільського господарства існує широкий вибір відновлювальних заходів для зниження темпів ерозії (Battikhi, 1983). Але, першочерговим завданням є все ж *коректна оцінка ризиків* - тобто можливих обсягів втрат ґрунту від даного процесу на тій чи іншій території. А це часто супроводжується рядом складнощів, обумовлених тісною взаємодією багатьох факторів, таких як: клімат, особливості ґрунтового покриву, рельєфу та діяльності людини.

На сьогоднішній день розроблено багато моделей для проведення подібного роду оцінки (Wischmeier and Smith, 1978; Nearing et al., 1989; Adinarayana et al., 1999; D'Ambrosio et al., 2001). Існують численні емпіричні моделі, метод ранжування на основі вибраних показників та інш. В 2003 році Фулленом було узагальнено деякі основні роботи даного напрямку й на практиці було розроблене універсальне рівняння втрати ґрунту (USLE), яке пізніше було переглянуте (RUSLE). Саме воно стало найбільш широко використовуваною моделлю для подібного роду прогнозування. Початковий варіант рівняння було розроблено виключно для оцінки ерозії ґрунту на посівних угіддях на пологих рельєфах (Wischlneier and Smith, 1978). Його переглянута версія (RUSLE) розширила границі його використання, включивши до переліку оцінки, різного роду порушені території та ті, на яких розміщуються ліси, пасовища та ін. (Renard etl., 1997).

Методика була розроблена в США, але зручність її використання обумовила її активну трансформацію відносно метричної системи, якою користується більша частина світу. Враховуючи, що методи кількісної оцінки втрат ґрунту на основі ерозійних графіків мають багато обмежень відносно вартості, репрезентативності та надійності отриманих даних, в різних країнах підходи певною мірою коригувалися в залежності від обставин. Й навіть на сьогоднішній день складення карт ерозії ґрунту на великих площах на основі цього методу є дещо проблемним. Хоча використання сучасних методів дистанційного зондування та географічної інформаційної системи (ГІС) робить оцінку такого роду можливою.

У більшості випадків основний інтерес викликає саме просторовий розподіл ризику ерозії, аніж абсолютні значення втрат ґрунту. Тому, якісне картування ризику ерозії, її масштабів, що мають місце на схилі, найчастіше відбувається (Vricling et al. ., 2002) і знаходиться у прямій залежності (P. Kondrad, 2022) від комбінації таких факторів як:

1) Ерозійна сила атмосферних опадів і стоку
2) Характеристики ґрунту
3) Довжина схилу та його ухил

4) Тип застосовуваних методів обробки та збереження ґрунтів

Також значна увага звертається на *фактори, що впливають на утворення седиментаційних осадків*:

1) Загальна річна кількість опадів
2) Сезонний розподіл опадів
3) Інтенсивність опадів
4) Тривалість опадів
5) Температура
6) Вологість ґрунту
7) Шорсткість поверхні

Переглянуте універсальне рівняння втрати ґрунту (RUSLE):

1) Використовується для оцінки втрат ґрунту на:
   - ✓ Непорушених землях, на яких має місце наземний стік води (вода, яка тече по поверхні суші у ярах та балках у вигляді розсіяного (ламінарного або змішано-ламінарного) або концентрованого потоку (турбулентного))
   - ✓ Порушених землях
   - ✓ Меліорованих або рекультивованих землях

Порушені землі – це землі, що втратили свою господарську та екологічну цінність через порушення ґрунтового покриву внаслідок виробничої діяльності людини або дії природних явищ. З них було видалено рослинність, знятий родючий шар ґрунту, що представляв інтерес для сільськогосподарського використання чи пасовищної активності.

Меліоровані землі – це угіддя, на яких здійснено комплекс меліоративних заходів відповідно до затвердженої в установленому порядку проектної документації. ***Меліорація земель*** – комплекс гідротехнічних, культуртехнічних, хімічних, агротехнічних, агролісотехнічних, інших меліоративних заходів, що здійснюються з метою регулювання водного, теплового, повітряного і поживного режиму ґрунтів, збереження і підвищення їх родючості та формування екологічно збалансованої раціональної структури угідь

Рекультивовані землі – це землі на яких був реалізований комплекс організаційних, технічних і біотехнологічних заходів, спрямованих на відновлення ґрунтового покриву, поліпшення стану та продуктивності порушених земель.

2) Оцінює втрату ґрунту зі схилу пагорба, викликану ударом дощових крапель, наземним стоком води та ерозією ярів та балок.
3) Характеризується моделлю, що розроблена на основі теорії ерозійних процесів та фактичних даних про кількість опадів. Модель описується рівнянням (4.1):

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \quad (4.1)$$

де A – середньорічні втрати ґрунту (тонн/рік);

– R – ерозивність опадів/стоку (кількість опадів, включно із таненням снігу) – базується на довгострокових умовах середньої кількості опадів для певного географічного регіону. Збільшується зі збільшенням кількості та інтенсивності опадів.

$$R = 23{,}61 \times e^{(0{,}0048 \times p)} \quad (4.2)$$

де p – це середньорічна кількість опадів (мм)

– K – ерозійність ґрунту або наявного поверхневого матеріалу – є функцією розподілу частинок за розміром (текстурою ґрунту), вмістом органічної речовини, структурою та проникністю ґрунту. Значний вплив на значення цього фактора має саме відсоток органічної речовини, що зменшує показники ерозійності, підвищуючи агрегацію, біологічну активність і швидкість інфільтрації. Цей фактор враховує особливості промерзання-відтавання й, відповідно ущільнення ґрунту. Коефіцієнт K описує схильність ґрунту або поверхневого матеріалу до ерозії, ступінь транспортабельності седиментаційних осадків, обсяги та швидкість стоку за конкретної кількості опадів.

$$K = \frac{k_{tb} \times k_o + k_s + k_p}{100} \quad (4.3)$$

де k_{tb} = субфактор текстури, k_o = субфактор органічної речовини, k_s = субфактор структури ґрунту і k_p = субфактор проникності профілю ґрунту.

$$k_{tb} = \frac{2{,}1 \times \left(\left(P_{sl} + P_{vfs} \right) \times \left(100 - P_{cl} \right) \right)^{1{,}14}}{10000} \quad (4.4)$$

де: P_{sl} – відсоток мулу, P_{vfs} – відсоток дуже дрібного піску, P_{cl} – відсоток глини.

Важливою умовою застосування цього підходу є $P_{sl} + P_{vfs} \leq 70\%$.

Рівняння для субфактора органічної речовини описується наступним математичним виразом:

$$k_o = (12 - O_m) \quad (4.5)$$

де O_m – відсоток органічної речовини, властивий ґрунту одиничної ділянки.

Наступна частина розрахунку базується на використанні структурного коду (S_s) осадового матеріалу.

$$k_s = 3{,}25 \times (S_s - 2) \quad (4.6)$$

Диференційована категоризація кодів наведена у таблиці 4.1:

Таблиця 4.1

Код (S_s)	**Структура осадового матеріалу**
1	Дрібнодисперсний матеріал
2	Тонкодисперсний матеріал
3	Грубодисперсний матеріал
4	Твердий матеріал

Останнім, необхідним для розрахуну ерозивного фактору (К) субфактором є проникність профілю ґрунту.

$$k_p = 2{,}5 \times (P_r - 3) \quad (4.7)$$

Його визначення також відбувається на основі спеціального коду – коду проникності профіля, стандарти розмежування по категоріям яких наведено в Таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Код (P_r)	**Проникність профілю**
1	Швидка
2	Від швидкої до помірної
3	Помірна
4	Від помірної до повільної
5	Повільна
6	Дуже поівльна

– LS – коефіцієнти довжини (L) і крутості (S) схилу зазвичай об'єднуються в єдиний фактор LS, що відображає вплив рельєфу на швидкість ерозії. Він збільшується зі збільшенням довжини і крутизни схилу. Особливістю цього фактору є можливість розділення досліджуваної ділянки на сегменти, якщо ухил є нерівномірним. Коефіцієнт може бути зменшеним за рахунок встановлення відвідних каналів та облаштування терас. Встановлення значень обох необхідних коефіцієнтів відбувається на основі формульного розрахунку (4.8 - 9, 4.12);

$$LS = L \times S \quad (4.8)$$

Кожен з показників в рамках розрахунку на основі метричної системи, підпорядковується певним правилам.

$$L = \left(\frac{\lambda}{22{,}13} \right)^m \quad (4.9)$$

де λ – довжина схилу (м), m – показник змінної довжини нахилу.

В деяких випадках доцільним є встановлення останнього відповідно до фіксованих закономірностей:

- ✓ m = 0,2 якщо θ ≤ 1,7%
- ✓ m = 0,3 якщо 1,7% < θ ≤ 5,2%
- ✓ m = 0,4 якщо5,2% < θ ≤ 9%
- ✓ m = 0,5 якщо θ > 9%

де θ – є кутом нахилу (крутизною схилу) (°).

В інших – відповідно до наведених нижче розрахункових формул (4.10-11):

$$m = \frac{\beta}{1+\beta} \tag{4.10}$$

$$\beta = \frac{\sin\theta}{3\times(\sin\theta)^{0,8} + 0,56} \tag{4.11}$$

де β – є коефіцієнтом, який змінюється в залежності від гарадієнту (ухилу схилу).

Крутість схилу S також має дві умови залежно від яких підхід визначення (4.12, 4.13) потрібного коефіцієнту дещо видозмінюється:

- ✓ якщо θ < 9 %, то S = 10,8 × sin θ + 0,03 (4.12)
- ✓ якщо θ ≥ 9 %, то S = 16,8 × sin θ – 0,5 (4.13)

– C – коефіцієнт управління покровом (співвідношення втрат грунту на певній площі із заданим покровом до втрат на такій самій площі, тільки обробленій). Інакше кажучи цей фактор є вираженням впливу поверхневого покриву (рослинності та безпосередньо грунтового покриву) та шорсткості, біомаси ґрунту (коріння та різноманітні залишки) та ґрунторуйнуючої діяльності на темпи втрат ґрунту. Зменшується по мірі збільшення обсягу поверхневого покриву та біомаси ґрунту. Існує кілька варіантів фактору:

- ✓ Незмінний у часі, коли С-фактор є константою. Наприклад – більшість пасовищ;
- ✓ Змінний у часі – коли зміни кількості рослинності та ґрунтових умов суттєво змінюються та впливають на швидкість втрати ґрунту. Наприклад: рекультивовані первинні сільськогосподарські угіддя, сівозміни, посіви, що повторюються в річному циклі або довше;

Визначення коефіцієнту С можливе за використання різних методів й підходів. Наприклад:

- ✓ Геостатичних технік;
- ✓ Індексу зелені;
- ✓ Поєднання індивідуального фактора С узятого з емпіричних моделей та класифікаційного зображення дистанційного зондування та ін (D.Lu etl., 2004).

Проте, зібрані за тривалий проміжок часу, у різних обстановках, дані, дозволяють представляти інформацію у зведеному вигляді (табл. 4.3) із вказанням відповідних коефіцієнтів.

Таблиця 4.3

Шлях використання землі	**C_{index}**
Щільний ліс	0,05
Відкрита лісова місцевість	0,1
Плантація	0,13
Пустоші, включаючи безплідні скельні території, кам'янисті вершини, діючі кар'єри, з великою кількістю гравія, каміння та валунів, піщаних дюн, ярів та інших пусток	0,18
Чагарникова територія або змішана с/г зона	0,2
Пасовища	0,3
Сільськогосподарські угіддя	0,6
Голий грунт	1

– P – коефіцієнт допоміжної практики. Цей фактор є вираженням ефективності застосовуваних природоохоронних практик, таких як:
  - ✓ контурування,
  - ✓ створення буферних смуг,
  - ✓ терасування,
  - ✓ боронування та заміна ґрунту,
  - ✓ створення смуг близькорослої рослинності.

  Усе перераховане спрямоване на обмеження стоку води, швидкості поверхневого стоку та зменшення ефективної ерозії ґрунту. Значення фактора зазвичай визначається нахилом місцевості (Shi et al. 2004) (табл 4.4.). Статистично підтверджено, що найбільше значення присвоюється територіям, де відсутня реалізація будь-якої активності відносно зазначених цілей, а ухил є надзвичайно великим. Коефіцієнт зменшується із початком реалізації заходів збереження ґрунту

Таблиця 4.4

θ %	**P**
0 – 5	0,1
5 – 10	0,12
10 – 20	0,14
20 – 30	0,19
30 – 50	0,25
50 – 100	0,33

Оскільки першочерговими задачами RUSLE є:
- ✓ оцінка серйозності ризику змиву ґрунту та осадів з порушеної поверхні землі;
- ✓ вибір відповідної стратегії боротьби з ерозією на місці; та
- ✓ оцінка довгострокового успіху рекультивації,

після встановлення усіх необхідних пареметрів-компонентів формули (4.1) та обрахунку середньорічної втрати ґрунту, доцільним є також визначення класу ерозії ґрунту (табл. 4.5) й відповідного відсотку території на якій отримує розповсюдження даний небезпечний екзогенний геологічний процес (найчастіше така оцінка проводиться за допомогою спеціалізованих професійних інструментів, наприклад, 3D Photogrammetry Suite and DGPS instruments).

Таблиця 4.5

Клас ерозії ґрунту	**т/га/рік**
Дуже низький	0 – 5
Низький	5 – 10
Середній	10 – 15
Помірно високий	15 – 20
Високий	20 – 40
Дуже високий	40 і >

<u>Завдання:</u> *Відповідно до вказаного варіанту:*

Завдання 1. *Визначити середньорічні втрати ґрунту.*
Завдання 2. *Спираючись на таблицю 4.5 визначити клас ерозії ґрунту.*
Завдання 3. *Дати короткий висновок щодо ступеню ризику розвитку ерозійних процесів на досліджуваній території, що використовується вказаним у варіанті чином.*

Приклад виконання завдань:

P	Psl	Pvfs	Pcl	Om	S_s	P_r	λ	θ	Шлях використання землі
мм	%	%	%	%			м	%	
593,2	25	10	40	4	Тонкодисперсний матеріал	Від помірної до повільної	121,92	4	Пасовища

Ступінь ерозивності опадів/стоку		$23{,}61 \times e^{(0{,}0048 \times P)}$	R	406,94
Ерозійність ґрунту або наявного поверхневого матеріалу	Субфактор текстури	$(2{,}1\ ((P_{sl} + P_{vfs}) \times (100 - P_{cl}))^{1{,}14}) / 10\,000$	k_{tb}	0,007
	Субфактор органічної речовини	$(12 - O_m)$	k_o	11,52
	Субфактор структури ґрунту (*відповідно до таблиці 1, тонкодисперсний матеріал відповідає структурному коду = 2*)	$3{,}25 \times (S_s - 2$	k_s	0
	Субфактор проникності профілю ґрунту (*відповідно до таблиці 2, зміна проникності від помірної до повільної характеризується кодом проникності профілю = 24*)	$2{,}5 \times (P_r - 3)$	k_p	2,5
	Ерозійність ґрунту або наявного поверхневого матеріалу	$(k_{tb} + k_o + k_s + k_p) / 100$	K	0,026
Фактор LS, що представляє вплив рельєфу на швидкість ерозії	Коефіцієнт довжини схилу (*дані відповідають умові m = 0,3 якщо 1,7% < θ ≤ 5,2%*)	$(\lambda / 22{,}13)^m$	L	1,67
	Коефіцієнт крутизни схилу (*дані відповідають умові θ < 9 %*)	$10{,}8 \times \sin\theta + 0{,}03$	S	0,462
	Фактор LS	L × S	LS	0,77
Коефіцієнт управління покровом		Табл. 3	C_{index}	0,3
Коефіцієнт допоміжної практики		Табл. 4	P	0,1
Середньорічна втрата ґрунту		R×K×LS×C×P	A	0,24 т/га/рік

Практична робота №4
Розрахунок потенційних ерозійних ризиків оснований на методиці RUSLE

Параметр	**P**	**Psl**	**Pvfs**	**Pcl**	**Om**	**S_s**	**P_r**	**λ**	**θ**	**Шлях використання землі**
	мм	%	%	%	%			м	%	
Варіант 1	267,8	37	39	24	2	Грубодисперсний матеріал	Від помірної до повільної	135,3	7	С/г угіддя
Варіант 2	562,7	10	82	8	2,5	Твердий матеріал	Помірна	410,4	4	Плантація
Варіант 3	630,5	52	13	35	6	Тонкодисперсний матеріал	Повільна	144,7	21	Пасовища
Варіант 4	600	20	70	10	0,5	Тонкодисперсний матеріал	Повільна	172,1	3	Щільний ліс
Варіант 5	310,9	60	30	10	4	Грубодисперсний матеріал	Помірна	340	11	Пустощі
Варіант 6	502,4	10	50	40	4	Грубодисперсний матеріал	Від помірної до повільної	165,5	6	Пасовища
Варіант 7	482	40	30	30	3,5	Твердий матеріал	Повільна	401,2	32	С/г угіддя
Варіант 8	422,4	30	10	60	1,5	Тонкодисперсний матеріал	Дуже повільна	145,3	8	Щільний ліс
Варіант 9	722,1	5	92	3	2	Твердий матеріал	Помірна	163,9	13	Чагарник
Варіант 10	295,7	0,12	82	6	4	Тонкодисперсний матеріал	Від помірної до повільної	169	7	Голий грунт
Варіант 11	560	0,32	58	10	3	Грубодисперсний матеріал	Помірна	127,5	11	Відкрита лісова місцевість

Варіант 12	299,3	70	17	13	0,5	Грубодисперсний матеріал	Від помірної до повільної	450,2	9	Пустощі
Варіант 13	539,1	85	10	5	4	Тонкодисперсний матеріал	Помірна	142,1	32	С/г угіддя
Варіант 14	643,9	39	43	18	2	Грубодисперсний матеріал	Від помірної до повільної	472,3	7	Щільний ліс
Варіант 15	497,4	15	58	27	2,5	Тонкодисперсний матеріал	Повільна	400,1	11	Відкрита лісова місцевість
Варіант 16	478	56	10	34	4	Тонкодисперсний матеріал	Повільна	278,5	18	Пасовища
Варіант 17	702,2	34	32	34	0,5	Грубодисперсний матеріал	Повільна	122	8	Голий грунт
Варіант 18	571,8	6	52	42	3,5	Твердий матеріал	Дуже повільна	203,4	41	С/г угіддя
Варіант 19	488,4	47	6	47	2	Тонкодисперсний матеріал	Дуже повільна	524,8	4	Плантація
Варіант 20	610	20	22	58	4	Грубодисперсний матеріал	Дуже повільна	311,1	23	Пустощі

Використана література:

- A. Battikhi and S. Arabiat (1983) Constraints to the Successful Application of Modern Technology for Soil Conservation in Jordan. Part-Environmental Features and Extent of Erosion. Dirasat Research Journal, 10(2), 129-165.
- Apusiga Adongo, T., Kugbe, J.X. and Gbedzi, V.D. (2014) Siltation of the Reservoir of Vea Irrigation Dam in the Bongo District of the Upper East Region, Ghana. International Journal of Science and Technology, 4, 2224-3577.
- Bunyasi, M.M., Onywere, S.M. and Kigomo, M.K. (2013) Sustainable Catchment Management: Assessment of Sedimentation of Masinga Reservoir and Its Implication on the Dam's Hydropower Generation Capacity. International Journal of Humanities and Social Science, 9, 166-179.
- D.Lu, G. Li, G.S. Valladares, M. Batistella (2003) Mapping soil erosion risk in Rondonia, Brazilian Amazonia: using RUSLE, remote sensing and GIS. Land degradation&development, 15, 499-512
- Fullen MA. (2003) Soil erosion and conservation in northern Europe. Progress in Physical Geography, 27, 331-358
- G. R. Foster, D. K. McCool, K. G. Renard, and W. C. Moldenhauer (1981) Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. *Journal of Soil and Water Conservation* 36(6):355-359
- H. Lahlaoi, H. Rhinane, A. Hilali, S. Lahssini, L. Khalile (2015) Potential Erosion Risk Calculation Using Remote Sensing and GIS in Oued El Maleh Watershed, Morocco. Journal of Geographic Information System, 7, 128-139
- H. Zhang, J. Wei, Q. Yang, J.E.M. Baartman etc. (2017) An improved method for calculating slope length (λ) and the LS parameters of the Revised Universal Soil Loss Equation for large watersheds. Geoderma 308, 36–45.
- K. Auerswald, P. Fiener,W. Martin, D. Elhaus (2014) Use and misuse of the K factor equation in soil erosion modeling: An alternative equation for determining USLE nomograph soil erodibility values. Catena 118, 220–225
- K. Balasubramani. Mohan Veena, K. Kumaraswamy, V. Saravanabavan (2015) Estimation of soil erosion in a semi-arid watershed of Tamil Nadu (India) using revised universal soil loss equation (rusle) model through GIS. Model. Earth Syst. Environ. 1-10 DOI 10.1007/s40808-015-0015-4
- K.L. Zhang, A.P. Shub, X.L. Xu, Q.K. Yang, B. Yu (2008) Soil erodibility and its estimation for agricultural soils in China. Journal of Arid Environments 72. 1002–1011. doi:10.1016/j.jaridenv.2007.11.018
- Lal, R. (1998) Soil Erosion Impact on Agronomic Productivity and Environment Quality: Critical Reviews. Plant Sciences, 17, 319-464
- M. Al-Kaisi, (2000) Soil Erosion: An Agricultural Production Challenge. Integrated Crop Management, 19, 141-143
- N.I. Eltaif, M.A. Gharaibeh, F. Al-Zaitawi, M.N. Alhamad (2010) Approximation of Rainfall Erosivity Factors in North Jordan. Soil Science Society of China. Pedosphere 20(6): 711–717. ISSN 1002-0160/CN 32-1315/P
- P. Beaumont and K. Atkinson, (1969) Soil Erosion and Conser- vation in Northern Jordan. Journal of Soil and Water Conservation, 24 (4), 144-147
- P. Kondrad (2022) The Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE): lecture material.

- R. El Gaatib, A. Larabi (2014) Integrated Evaluation of Soil Erosion Hazard and Risk Management in the Oued Beht Watershed Using Remote Sensing and GIS Techniques: Impacts on El Kansra Dam Siltation (Morocco). Journal of Geographic Information System, 6, 677-689
- RenardKG., Foster GR., Weesies GA., McCool DK., Yoder DC. (1997) Predicting soil erosion by water: A Guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). Handbook #703. US Department of Agriculture: Washington, DC
- Revised Universal Soil Loss Equation Version 2 (for the model with release date of May 20, 2008): Science Documentation. USDA-Agricultural Research Service Washington, D.C.
- Sharma, R., Sahai, B. and Karale, R.L. (1985) Identification of Erosion Prone Areas in Part of the Ukai Catchment. Proceedings of the Sixth Asian Conference of the Remote Sensing, Hyderabad, India, November 1985, 121-126.
- Technical Guide to RUSLE use in Michigan, NRCS-USDA State Office of Michigan
- Vricling A., Sterk G., Beaulicu N. (2002) Erosion risk mapping: a methodological case study in the Colombian eastern plains. Journal of Soil and Water Conservation, 57, 158-163
- Wischmeier WH, Smith DD (1978) Predicting rainfall erosion losses – A Guide to conservation. Agricultural Handbook 537. US Department of Fgriculture: Washington, DC.
- Y. Farhan, D. Zregat, I. Farhan (2013) Spatial Estimation of Soil Erosion Risk Using RUSLE Approach, RS, and GIS Techniques: A Case Study of Kufranja Watershed, Northern Jordan. *Journal of Water Resource and Protection*, 5, 1247-1261

5. Стійкість водної екосистем до антропогенних навантажень

Зростаючий антропогенний вплив на навколишнє середовище (НС), його забруднення поряд з надмірним використанням природних ресурсів, стали предметом широкого обговорення і усестороннього вивчення таких міжнародних організацій, як ООН, ЮНЕСКО, Всесвітньої організації з охорони навколишнього середовища (ЮНЕП) та інших. Збільшення чисельності населення відчутно впливає на кількість твердих побутових і рідких відходів, що надходять до НС як побічний продукт його життєдіяльності. Відповідно до отриманих результатів ряду досліджень, проведених на міжнародному рівні, 50-75% від загального обсягу рідких відходів, що потрапляють до водних об'єктів є результатом саме людської діяльності (Руссо, 2002). Ситуація створює величезний тиск та все більше загострює проблему захищеності водного середовища. Й в першу чергу це позначається на якості його ресурсів.

Досягнення мінімально допустимої якості питних вод та тих, що призначені для інших потреб вимагає застосування сучасних та найбільш ефективних підходів та методів. На сьогоднішній день, при запуску будь-якого промислового проекту, стейкхолдери в значній мірі покладаються на одну з базових концепцій стійкості екосистеми, а саме – на *стійкість за Пуанкаре*. Вона виходить із розуміння існування стійкості тільки для таких систем, які, будучи виведені із первинного стану рівноваги в певну іншу обмежену сферу їх станів, спроможні з цієї сфери самостійно повернутися протягом відповідного часу до первинного стану. Іншими словами, ця концепція є віддзеркаленням поняття «*асиміляційний потенціал*» (АП), що розшифровується, як *здатність довкілля* асимілювати певну кількість викидів і скидів шкідливих речовин, що дає можливість економити на природоохоронних витратах (Коржнев М.М. 2004).

Вперше концепція асиміляційної здатності (АЗ) водних об'єктів була представлена на Стокгольмській конференції (1972 р.) й декларована для використання в екологічних цілях. Її суть описувалась можливістю визначення природної здатності води розсіювати відходи та забруднення без шкоди для середовища вцілому. Пізніше, розвиток даного поняття в рамках дослідження стану забрудненості моря все частіше супроводжувався трактуванням своєї суті як «природного ослаблення».(GESAMP 1986). Тим не менш, відносно водних об’єктів АЗ є практичною концепцією, яку можна застосувати в багатьох ситуаціях управління їх якістю та контролю впливу, що створює господарська діяльність (Zheng et al. 2018; Zhang et al. 2017; World Meteorological Organization Technical Report 2013). Іншими словами, сьогодні асиміляційна здатність виступає і як фактор збереження якості НС, і як фактор соціально-економічного розвитку території.

Економічна цінність АЗ полягає у можливості дещо заощаджувати на природоохоронних витратах (Ендрес 1995). Затрати природокористування зазвичай залежать від величини антропогенного впливу, ступеня його компенсації і об’єму АП, тобто безкоштовного ресурсу, при наявності якого не відбувається якісних змін НС і відсутня необхідність штучних компенсаційних заходів для поновлення середовища та приведення його показників, до сприятливих, для безпечного і здорового рівня життя. Отже, АП може інтерпретуватися, як безкоштовний природний ресурс, що дозволяє отримувати дохід без додаткових затрат, тобто дохід рентного типу.

Окрім того, рішення проблеми врахування якості води і асиміляційного потенціалу водойм при економічній оцінці водних ресурсів має велике значення для ефективної розробки погодженої системи тарифів за забір свіжої води і скидання забруднених стоків (Голуб А.А., 1998). Якщо водойма знаходиться на грані вичерпання, то необхідно одночасно підвищувати і тариф на воду, і плату за скидання забруднювача. Те ж саме відбувається при загрозливому збільшенні рівня забруднення водойми. А отже, АП останньої, прямо залежить від об'єму та якості води, що міститься в джерелі.

За таких умов врахування здатності водного об'єтку до самоочищення є особливо важливою економічною необхідністю, яка дає підстави для проектування оптимізованих традиційних очисних споруд для зниження майбутніх витрат. Одним із варіантів підтримання обстановки в прийнятних рамках є економічне конструювання дренажу, суть якого полягає у збалансуванні впливу безперервних і періодичних скидів із здатністю води до асиміляції (Loucks and Van Beek 2005).

При умові, що величина забруднення не перевищує об’єм гранично допустимих викидів, територія здатна сама, без додаткових затрат, справитися з антропогенним навантаженням (Таранов А.С. 2001). Але, чим більше забирається води на потреби промисловості, сільського і комунального господарств, тим менше здатність водного середовища до самоочищення. З цієї причини в рамках вивчення реакції навколишнього середовища на зовнішні впливи значна увага приділяється визначенню *асиміляційної ємності водного середовища*. Остання вважається інтегральним показником екологічних властивостей довкілля (Ярош О.Б, 2014), показником максимальної динамічної місткості токсинів, які можуть бути накопичені, зруйновані, трансформовані і виведені за межі об’єму екосистеми за одиницю часу без порушення її нормальної діяльності. Інакше кажучи, є характеристикою еталонних умов водного потоку, які пов’язані із прийнятним рівнем ризику.

На сьогоднішній день в законодавчій базі кожної з країн існують відповідні нормативні документи (наприклад, ДСанПіН .2.4-171-10 (Україна), СанПіН №297 (Грузія), Директиви 98/83/ЄС, 75/440/ЄС (ЄС) та ін) де наведені конкретні значення граничних величин концентрації різних елементів-забруднювачів і їхніх сполук, при яких водні екосистеми зберігають свої основні властивості, тобто екологічна рівновага не порушується. Дані показники виступають об’єктивними характеристиками водного середовища, що визначають силу і спрямованість наслідків інтенсивного антропогенного впливу для еколого-економічної системи (Ендрес 1995). Саме тому сателітними процесами концепції АЗ є:

- визначення загального максимального добового навантаження на водний об’єкт, що є характерним регулюючим додатком, який спрямований на отримання обов’язкового інформаційного блоку, необхідного до використання для дотримання вимог щодо чистої води (Ландіс 2008; Glasoe et al. 1990).
- аналіз контролю забруднення точкових джерел у річкових басейнах (Spanou and Chen 2000).
- та моніторинг стресових факторів, концепція якого була сформульована навколо використання прісної води та морського середовища з метою утилізації переважно органічних відходів та зв'язаних стічних вод.

Окрім цього, деякий час назад дослідниками (Яндамурі та ін., 2006) було запропоновано багатоцільову оптимізаційну структуру для визначення оптимального навантаження на водні об’єкти, що створює забруднення. І основне орієнтування в її рамках йде на загальну вартість очищення об’єкту, рівність скидів та концентрацію розчиненого кисню.

АЗ зазвичай дуже обмежена при зіткненні з токсичними речовинами й отруйними матеріалами, які є стійкими і мають тенденцію до конденсації в навколишньому середовищі та агрегації у водній біоті (Abbasi 1976, 2012; Abbasi and Soni 1983, 1984). До того ж певні обмеження для здатності водних об’єктів асимілювати ті обсяги забруднення, що до них надходять представляють гідродинамічні та біологічні характеристики вод-приймачів (ACWG 2004; Tett et al. 2007; Sun et al. 2018).

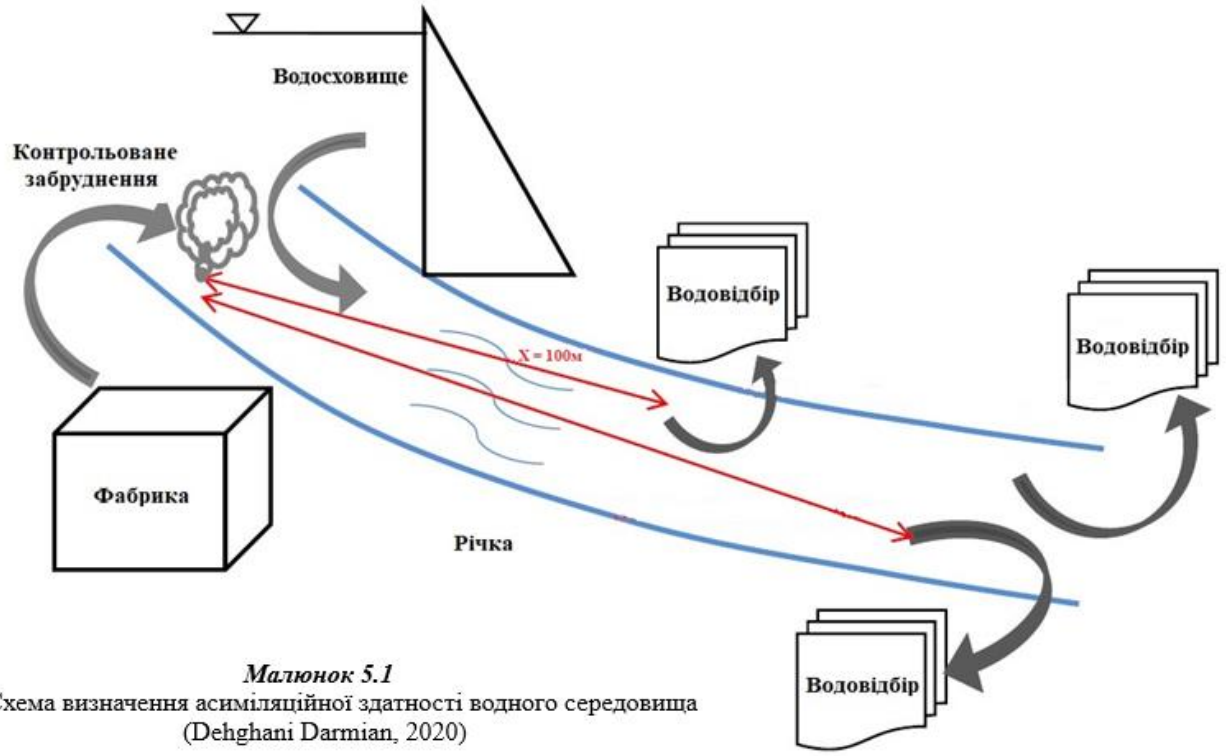
На сучасному етапі, визначення параметрів та управління якістю води здійснюються за допомогою чисельних методів та моделей поширення забруднення. Ці екогідрологічні моделі є доступним рішенням для вироблення ефективної стратегії боротьби з руйнівними ефектами, що провокуються забрудненням; також ці моделі використовуються з метою складання плану пом’якшення небезпек виявлених під час попередніх досліджень.

Наприклад, модель CE-QUAL-W2, що успішно зарекомендувала себе у 2014 році коли була використана для моделювання обсягів та ступеню потенційної небезпеки для водосховища Карадж (Іран) (Khorsandi et al. 2014). Модель такого типу дає можливість розглянути кілька проблемних аспектів, які пов'язані з водними ресурсами у випадку несприятливого розвитку подій. Перш за все це шкода, яка спричиняється споживанням забрудненої води, а також збитки, що виникають через нераціональний водорозподіл.

Існує багато варіацій моделей, які призначені для визначення та ідентифікації індексів якості води. Одні базуються на використанні регресії опорного вектора (Mahmoudi et al. 2016), інші є гібридними, що одночасно використовують алгоритм імітованого відпалу та програмне забезпечення QUAL2E, що дозволяє моделювати до 15 параметрів якості води в системі розгалуженого потоку (De Andrade et al. 2013).

Ефективність моделей останнього типу було перевірено в умовах роботи на річці Санта-Марія-да-Вітория в Бразилії, коли на їх основі була успішно визначена необхідна концентрація кисню, як важливого параметра якості води відносно біохімічної життєздатності водного об'єкту.

У зв’язку з тим, що забруднення води є однією з головних проблем в рамках збереження та забезпечення водними ресурсами, в сучасному світі розроблений ряд методик, що зосереджені на визначенні його (забруднення) джерел. Зокрема: місця викиду, концентрації в цій точці забруднюючої речовини та часу за який забруднення надходить до місць забору вод (мал. 5.1). Історичним прикладом, що проілюстрував ефективність такого підходу – є річка Чіллан у Чилі для якої успішно виконали передбачення такого тимчасового та просторового поширення концентрацій ряду забрудників нижче за течією від точки скиду (De Smedt et al. 2005).



Малюнок 5.1
Схема визначення асиміляційної здатності водного середовища (Dehghani Darmian, 2020)

Частково джерела забруднення можливо визначити за допомогою методу аналізу даних (Хорсанді та ін. 2014), проте для отримання більш повної картини в останні роки рекомендовано застосування оптимізаційних методів (Арабет та ін. 2020). На їх основі моделі управління якістю води супроводжуються застосуванням послідовного динамічного генетичного алгоритму (SDGA) й перевірені в дії відносно прогнозування якості води на річці Карун (Іран) (Karamouz et al. 2003).

Нерозривний зв'язок АЗ водного середовища із рівнем антропогенного навантаження (наприклад, скидання стічних вод) робить визначення АП оптимальним варіантом для своєчасного ранжування рівня загрози середовищу й адекватного реагування для мінімізації економічних наслідків. Серед основних особливостей оцінки АП (Таранов А.С., 2001) можна визначити наступні фактори:

- Вплив уже існуючого стану оточуючого середовища, а також показників екологічного стану конкретного об'єкту безпосереднього впливу в районі дослідження.
- Виникнення екологічних небезпек і ризиків, а також економічних збитків, які пов'язані з ними.
- Реалізація проектів ліквідаційних робіт (ліквідації рівня нанесеної екологічної шкоди) і їх вартість, що періодично у кілька разів перевищують заплановані кошторисні суми.

Оцінка вмісту концентрації забруднення, що надходить до водного об'єкта, з огляду на його характерні особливості є дієвим підходом та економічно-доцільним рішенням для управління якістю води (Farhadian et al. 2014).

Математичні рівняння оцінки поширення забруднення за відсутності турбулентного потоку і з заданою швидкістю є основою (фундаментом) методів моделювання водного транспортування. Чисельне моделювання переносу забруднюючих речовин водним

потоком річкових систем в основному вивчається на основі одновимірного рівняння (5.1), що пов'язується із умовами стоку та такими процесами як адвекція та дифузія.

$$\frac{\partial c}{\partial t} = -u\frac{\partial c}{\partial x} + D\frac{\partial^2 c}{\partial x^2} \tag{5.1}$$

де c – концентрація забруднення (мг/л)
u – середня швидкість течії (м/с)
t – час, що минув з моменту забруднення річки (с)
x – відстань від джерела забруднення до водозабору (м)
D – коефіцієнт дифузії ($м^2/с$)

У більшості досліджень числове рішення порівнюється з аналітичним. *Останнє* виражається рівнянням (5.2). Найбільш ефективним його застосування вважається за умов різких (неочікуваних) скидів забруднення в річку, що час від часу трапляється на промислових об'єктах різної галузевої направленості.

$$c(x,t) = \frac{M}{A\sqrt{4\pi t D}}\exp\left(-\frac{\left(x-\left(x+ut\right)\right)^2}{4Dt}\right) \tag{5.2}$$

де C(x,t) – концентрація забруднення в момент часу t та відстані x (мг/л)
M – раптова маса забруднюючої речовини в точці скидання (кг)
A – площа поперечного перерізу річки ($м^2$)

Збитки від забруднення оцінюються з урахуванням трьох факторів: (1) перевищення допустимої концентрації забрудника; (2) інтервал часу, протягом якого таке забруднення створює навантаження на природну екосистему річки; та (3) відстань, по протяжності якої забруднювач знаходиться у безпосередньому контакті з потоком річкової води, інакше кажучи - відстанню впливу. У рівнянні (2) ці фактори пов’язуються один з одним й обстановка розглядається через призму швидкості проходження дифузійного процесу між природними водами та забрудненням. Тобто, даний підхід дає дві можливості:

- змоделювати фінальні концентрації забруднюючих речовин шляхом зменшення тривалості їх контакту з річковим середовищем, збільшуючи швидкості води, таким чином, щоб забруднювач мав менший час контакту з річковим середовищем;
- змоделювати варіанти зменшення високої концентрації забруднюючих речовин і відстані, на якій потік зазнає найсильнішого впливу, зменшуючи швидкість останнього, з метою забезпечення часу для проходження дифузії та розпаду забруднюючих речовин.

Є багато експериментальних підходів до визначення коефіцієнту дифузії. Один із варіантів – застосування рівняння (5.3) Фішера (1975):

$$D = 0{,}011\times\frac{u^2\times w^2}{h\times v} \tag{5.3}$$

Інший – це метод Кашефіпура и Фальконера (2002), які експериментальним шляхом вивели наступне рівняння (5.4):

$$D = \left(7{,}428 + 1{,}775 \times \left(\frac{w}{h} \right)^{0{,}62} \times \left(\frac{v}{u} \right)^{0{,}572} \right) \times h \times u \times \frac{v}{u} \qquad (5.4)$$

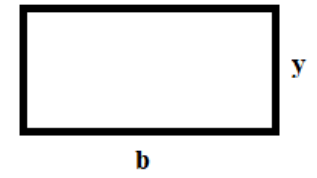
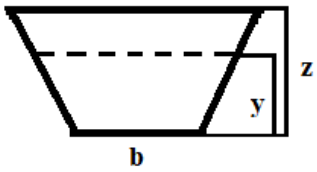
де h – глибина води (м)
w – ширина ділянки річки (м)
v –швидкість врізання потоку в берег (м/с)

$$v = \sqrt{g \times r \times s} \qquad (5.5)$$

де g –прискорення сили тяжіння (9,81 м/с)
r – гідравлічний радіус річки = A/P
s – гідравлічний схил річки (м\м)
P – змочений (вологий) периметр (м)

Змочений периметр визначають (табл. 5.1) як частину периметра живого перерізу потоку рідини, по якій рідина стикається зі стінками, що її обмежують. Втрати на тертя зазвичай зростають зі збільшенням змоченого периметра. Поняття змоченого периметра використовується при визначенні гідравлічного радіуса.

Таблиця 5.1

Тип розрізу	Площа (м2)	Вологий периметр (м)	Гідравлічний радіус (м)
	by	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$
	$(b+zy)y$	$b+2y*\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y*\sqrt{1+z^2}}$

Якщо вище за течією від точки виникнення забруднення є водосховище (рис. 1), і якщо джерело забруднювача є контрольованим, є два ймовірні ситуативні сценарії, що вимагають визначення, пріоритетної для їх конкретизованого розгляду, асиміляційної здатності річки.

- *Сценарій 1*. Передбачається розподіл вивільненої води із водосховища для контролю стану забруднення навколишнього середовища.
- *Сценарій 2*. Передбачається розподіл води для задоволення потреб (побутових, рекреаційних, сільськогосподарських та промислових) нижче за течією.

Для дослідження цих сценаріїв важливо враховувати, що в першому випадку асиміляційний потенціал об'єкту має сягати своїх максимальних значень, які можуть бути

досягнуті в тому разі коли швидкість потоку зменшується, зменшуючи тим самим високі концентрації забруднюючих речовин; в другому – обстановка є діаметрально протилежною.

Якщо ж вище за течією від точки виникнення забруднення немає регулюючих споруд, потік річки не може бути керуючою змінною. В такому випадку, визначення АП водного об'єкту можливе за використання спрощеного підходу (В.Келлі та команда EPA, 2015) і розрахунок може проводитися по відношенню, як до не токсичних (5.6), так і небезпечних (5.7) речовин (субстанцій).

$$AC = (C_{max} - C_{background}) \times F_{95} \times 86.4 \quad (5.6)$$

$$AC = (C_{max} - C_{background}) \times DWF \times 86.4 \quad (5.7)$$

де *AC* – асиміляційних потенціал; C_{max} – ГДК, визначена стандартами якості навколишнього середовища; $C_{background}$ – другорядні/фонові концентрації у досліджуваному середовищі, отримані на основі проведення моніторингу; F_{95} *or DWF* – гідрометрія потоку, м^3/с.

Підсумкова концентрація забрудника може визначатися, як:

$$C_{final} = \frac{(C_{back} \times V_{flow}) + (C_{effluent} \times V_{effluent})}{(V_{flow} + V_{effluent})} \quad (5.8)$$

А поглинута частка АП, як:

$$\%AC\_Absorbed = \frac{(C_{\max} - C_{back}) - (C_{\max} - C_{final})}{(C_{\max} - C_{back})} \times 100 \quad (5.9)$$

Де: c_{final} – концентрація речовини після скиду стічних вод; c_{back} – фонові концентрації у середовищі; $c_{effluent}$ – концентрація очищених стоків; V_{flow} – об'єм потоку в водоємі, м^3/с; $V_{effluent}$ – об'єм стічних вод, м^3/с.

<u>Завдання:</u> *Відповідно до вказаного варіанту:*

Завдання 1. *Використовуючи задані параметри визначити швидкість врізання потоку в берег.*

Завдання 2. *Розрахувати коефіцієнт дифузії на основі методу Кашефіпура та Фальконера.*

Завдання 3. *Визначити концентрацію забруднення в момент часу t на вказаній відстані до водозабору в межах досліджуваної території*

Завдання 4. *Оцінити концентрацію забруднення усього водного об'єкту на основі, отриманих внаслідок моніторингових досліджень, даних.*

Завдання 5. *Визначити обсяг забруднення, що може бути асимільований водним об'єктом протягом дня.*

Завдання 6. *Конкретизувати частку АП, що поглинається внаслідок забруднення.*

Завдання 7. *Отримані результати описати словесно та викласти у вигляді висновку.*

Приклад виконання завдань:

Параметр	g	s	A	b	y	u	w	h	M	t	X	C_{bg}	$C_{effluent}$	V_{flow}	$V_{effluent}$	C_{max}	F_{95}
	м/сек2	м/м	м2	м	м	м/с	м	м	кг	с	м	мг/л	мг/л	м3/с	м3/с	мг/л	м3/с
Варіант 1	9,81	0,005	1	2	0,5	0,4	5	0,2	2361,6	41	200	0,2	1,8	0,439	0,0039	0,3	0,439

Швидкість врізання потоку в берег	1. P	3	м
	2. r	0,33	м
	3. v	0,13	м/с
Коефіцієнт дифузії на основі методу Кашефіпура та Фальконера	1. D	0,36	м2/с
Концентрація забруднення в момент часу t на вказаній відстані до водозабору	1. C (x,t)	1,90	мг/л

Концентрація забруднення усього водного об'єкту	1. Cfinal	0,214089	мг/л
Асиміляційний потенціал	1. AC	3,79	кг/день
		379,30	м3/день
Поглинута частка АП	1. %Acabsorbed	14	%

Практична робота №5
Стійкість водної екосистем до антропогенних навантажень

Параметр	g	s	A	b	y	u	w	h	M	t	X	C_{bg}	$C_{effluent}$	V_{flow}	$V_{effluent}$	C_{max}	F_{95}
	м/сек2	м/м	м2	м	м	м/с	м	м	кг	с	м	мг/л	мг/л	м3/с	м3/с	мг/л	м3/с
Варіант 1	9,81	0,007	3,15	4,5	0,7	0,5	6,1	0,7	1486	34	180	0,03	1,6	0,354	0,0082	0,17	0,354
Варіант 2	9,81	0,003	0,9	3	0,3	0,7	2,9	1,1	1099	27	160	0,02	6,4	0,344	0,01	0,5	0,344
Варіант 3	9,81	0,009	3	10	0,3	0,33	5,8	1,1	1255	58	100	0,3	2	0,461	0,0082	0,9	0,461
Варіант 4	9,81	0,005	4	8	0,5	0,8	7,5	1	1711	28	250	0,1	7,6	0,228	0,01	3	0,228
Варіант 5	9,81	0,014	1,6	4	0,4	0,61	8	0,88	979	32	200	0,005	0,7	0,198	0,014	0,085	0,198
Варіант 6	9,81	0,002	6,6	6	1,1	0,46	11	1,1	2001	20	350	55	89	2,2	0,87	350	2,2
Варіант 7	9,81	0,008	1,5	5	0,3	0,71	6	0,3	2431	17	110	150	172	4	1,9	250	4
Варіант 8	9,81	0,013	0,8	4	0,2	0,71	5,5	0,4	1994	27	210	56	73	0,228	0,9	200	0,228
Варіант 9	9,81	0,02	12	10	1,2	0,53	12	1,2	896	11	50	41	81	0,192	0,84	200	0,192
Варіант 10	9,81	0,019	1,8	3	0,6	0,45	6	0,3	1138	22	100	3	6	0,134	0,75	10	0,134
Варіант 11	9,81	0,012	4,24	5,3	0,8	0,61	7	1,3	988	58	50	0,21	0,38	0,221	1,1	1	0,221
Варіант 12	9,81	0,031	6,6	6,6	1	0,45	8	1,3	2811	48	100	750	801	0,166	1,4	1000	0,166
Варіант 13	9,81	0,009	9,1	7	1,3	0,6	8	1,5	2006	23	100	0,08	0,4	0,152	1,2	1	0,152
Варіант 14	9,81	0,006	5,5	5	1,1	0,48	7	1,5	1455	19	150	65	73	0,201	0,04	100	0,201
Варіант 15	9,81	0,007	3	6	0,5	0,8	7,5	1	1085	10	100	14	16	0,177	1,7	20	0,177
Варіант 16	9,81	0,005	2	4	0,5	0,35	5,5	1	1100	22	100	44	56	0,192	0,7	80	0,192
Варіант 17	9,81	0,008	1,53	5,1	0,3	0,44	7,5	0,9	877	55	200	100	133	0,203	0,09	200	0,203
Варіант 18	9,81	0,006	14,4	8	1,8	0,62	10	2	971	48	150	1	1,4	0,223	0,11	2	0,223
Варіант 19	9,81	0,007	7,02	7,8	0,9	0,73	9	1,5	1001	35	50	0,06	0,1	0,118	0,37	0,5	0,118
Варіант 20	9,81	0,006	4,41	6,3	0,7	0,59	8	1,3	1489	30	100	0,09	0,31	0,132	0,29	0,5	0,132

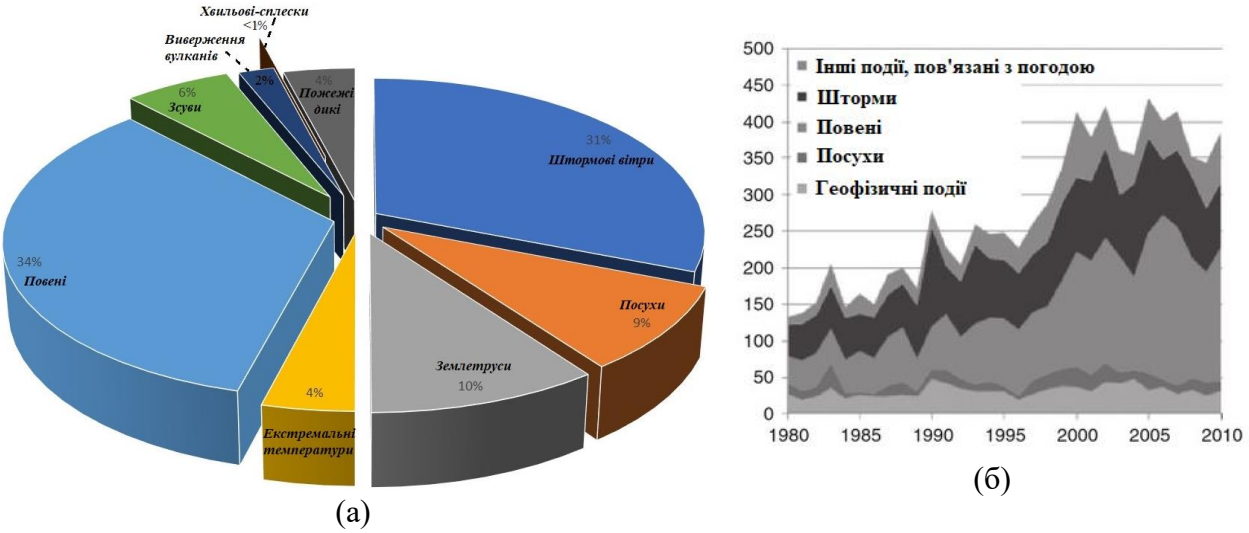
Використана література:

- Голуб А.А., Струкова Е.Б. Экономика природных ресурсов. – М.: Аспект Пресс, 1998
- Ендрес А. Економіка навколишнього середовища. Вступ. – К.: Либідь, 1995. – 168с.;
- Коржнев М.М. Сучасні еколого-економічні проблеми розвитку України у зв'язку з асиміляційним потенціалом її геологічного середовища // Наук. зап. Київ. ун-ту ім. Т. Шевченка. - К., 2004. - С. 129-138. - Т. 3.
- Таранов А.С., Манило И.И., Мамонтов Ю.И., Усманов В.В., Ассимиляционный потенциал региона, 2001. Електронний ресурс. Режим доступу: http://www.kazedu.kz/ - Заголовок з екрану;
- Таранов А.С., Манило И.И., Мамонтов Ю.И., Усманов В.В., Ассимиляционный потенциал региона, 2001. Електронний ресурс. Режим доступу: http://www.kazedu.kz/ - Заголовок з екрану
- Ярош О.Б., Механизмы оценки ассимиляционного потенциала почв Украины, Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского, Серия «Экономика и управление». Том 27 (66). 2014 г. № 4. С. 176-184.
- Abbasi SA (1976) Extraction and spectrophotometric determination of vanadium (V) with N-[p-N, Ndimethylanilino-3- methoxy 2- naphtho] hydroxamic acid. Anal Chem 48(4):714–717
- Abbasi SA, Soni R (1983) Stress-induced enhancement of reproduction in earthworm Octochaetuspattoni exposed to chromium (VI) and mercury (II) - implications in environmental management.INT. J Environ Stud 22(1):43–47
- Abbasi SA, Soni R (1984) Teratogenic effects of chromium (VI) in environment as evidenced by the impact on larvae of amphibian Rana tigrina: implications in the environmental management of chromium. Int J Environ Stud 23(2):131–137
- Abbasi T, Abbasi SA (2012). Water-quality indices Elsevier
- ACWG. (2004). Strategic framework for Scottish aquaculture: carrying capacity. A Priority for Action
- De Andrade LN,Mauri GR, Mendonça ASF. 2013. General multiobjective model and simulated annealing algorithm for waste-load allocation. J Water ResourPlann Manage139(3):339-344
- Farhadian M, Bozorg Haddad O, Seifollahi Aghmiuni S, Loáiciga AH (2014) Assimilative capacity and flow dilution for water quality protection in rivers. J Hazard Toxic Radioact Waste 19(2):04014027
- Glasoe S, Steiner F, BuddW, Young G. 1990. Assimilative capacity and water resource management: four examples from the United States. Landscape and urban planning 19:17-46
- Hashemi Monfared SA, Dehghani Darmian M. 2016. Evaluation of appropriate advective transport function for one-dimensional pollutant simulation in Rivers. Int J Environ Res10(1):77-84
- Khorsandi M, Bozorg Haddad O, Marino M (2014) Application of datadriven and optimization methods in identification of location and quantity of pollutants. J Hazard Toxic Radioact Waste 19(2): 04014031
- Landis WG. 2008. Defining assimilative capacity application of assimilative capacity to the TMDL process. Elsevier B.V. 264-268
- Loucks DP, van beek E (2005) Water resources systems planning and management. UNESCO, Italy
- Rep stud GESAMP. (1986). Environmental capacity. An approach to marine pollution prevention. No. 30
- Russo, R.C. (2002). Develovment of marine water quality criteria for the USA. *Marine Pollution Bulletin*, 45: 84-91.
- Spanou M, Chen D (2000) An object-oriented tool for the control of point-source pollution in river systems. Environ ModellSoftw 15: 35–54
- Tett P, Portilla E, Inall M, Gillibrand P, Gubbins M, Amundrod T. 2007. Modelling the assimilative capacity of sea-lochs (final report on SARF 012). Napier University. pp.1-29

- Vivienne Kelly, Use of Geographic Information Systems (GIS) to Calculate the Assimilative Capacity of Rivers to Receive Proposed Discharges, Annual Conference of Compass Informatics, Informatics & Reporting, Office of Environmental Assessment
- World Meteorological Organization Technical Report (2013) Planning of water-quality monitoring systems
- Yandamuri SR, Srinivasan K, Bhallamudi SM (2006) Multi objective optimal waste load allocation models for rivers using nondominated sorting genetic algorithm-II. J Water Resour Plann Manage 132(3):133–143
- Zhang K, Su F, Liu X, Song Z, Feng X (2017) Heavy metal concentrations in water and soil along the Hun River, Liaoning, China. Bull Environ ContamToxicol 99(3):391–398
- Zheng H, Lei X, Shang Y, Duan Y, Kong L, Jiang Y, Wang H (2018) Sudden water pollution accidents and reservoir emergency operations: impact analysis at Danjiangkou Reservoir. Environ Technol 39(6):787–803

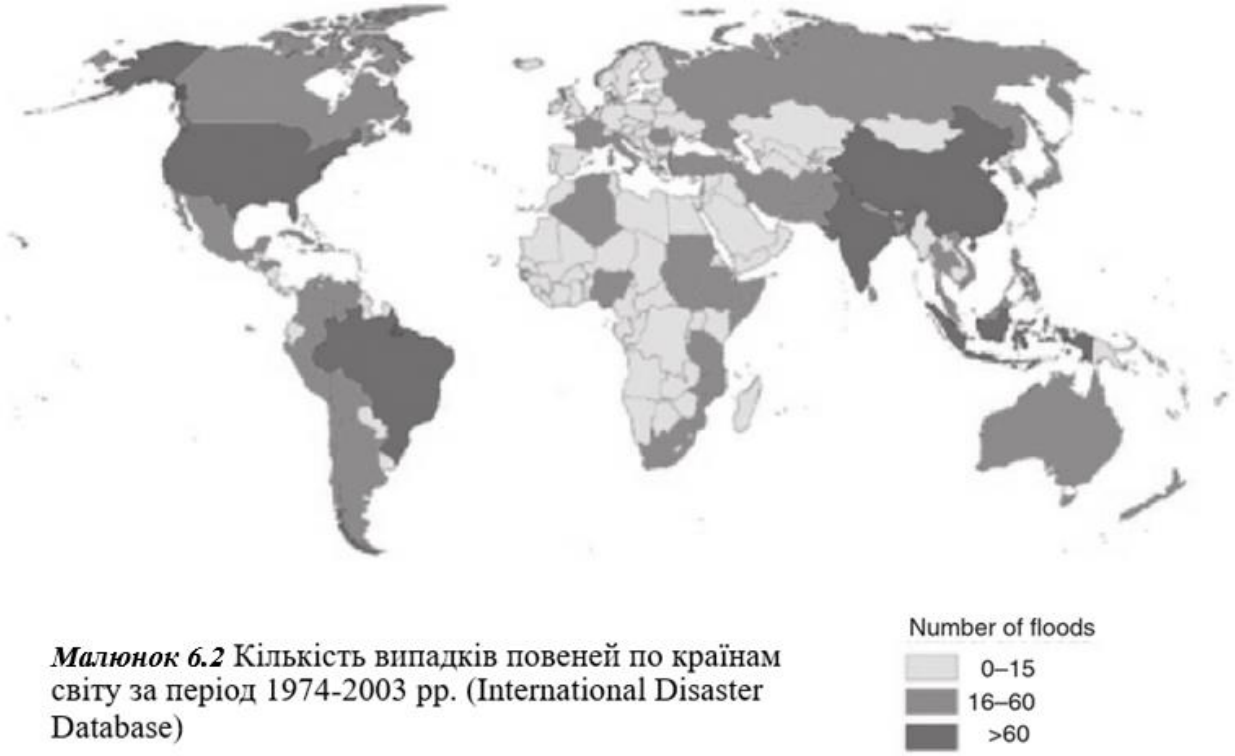
6. Розрахунок індексу ризику з метою планування захисту від повеней

Повені є однією з найбільш руйнівних сил природи і є тим стихійним лихом, частота реалізації якого найчастіша у всьому світі (Мал. 6.1, 6.2). Їх вплив непропорційно відчувається в усьому світі через відмінності в цій частоті, вразливості населення та пов'язаної інфраструктури. Наприклад, в Китаї дане явище є щорічною подією, а в Саудівській Аравії навпаки – не характерні часті прояви таких стихійний явищ, хоча в рідкісних випадках їх реалізації, їх вплив є не менш серйозним. Тим не менш, на сьогоднішній день в Європі повені вважаються найбільшою природною небезпекою з точки зору соціальних та економічних наслідків (Zelenakova M., 2011).



(а) (б)

Малюнок 6.1. Глобальна кількість зареєстрованих катастроф (а) у пропорції середніх показників за 1974-2003 рр. та тенденцій (б) за 1980-2019 рр. (International Disaster Database)



Малюнок 6.2 Кількість випадків повеней по країнам світу за період 1974-2003 рр. (International Disaster Database)

За різними оцінками, катастрофи, пов'язані з водою, щороку коштують світовій економіці приблизно 50-60 мільярдів доларів США (ЮНЕСКО, 2007). А за даними

німецької страхової компанії (Munich Re), приблизно третина економічних втрат у світі пов'язується саме з повенями (Munich Re, 2000). Одними з основних причин (W. Kron, 2005) цього є:

- дуже широкий діапазон вразливості небезпекою, створеною даним явищем. В сучасних умовах він є ширшим, ніж для більшості інших природних загроз.
- активне заселення привабливих територій з помірним кліматом без попередньої оцінки можливих ризиків та їх наслідків. Наприклад, за останні кілька десятиліть були зафіксовані численні випадки забудови районів заплав, що перетворили території на житлові райони. На жаль, часто це не супроводжувалося повномасштабними оцінками вірогідностей виникнення загрозливих обставин, повністю покладаючись на ілюзію безпеки, що створювали вузькі смуги дамб.

Витрати на відшкодування збитків, що завдають повені різних масштабів відрізняються залежно від типів впливу. Офіційно, визначення описує дане явище, як «фазу водного режиму річки, яка щороку повторюється за певних кліматичних умов в один і той самий сезон року, характеризується найбільшою водністю, високим і тривалим підйомом та спадом рівнів води в річці, озері, водосховищі». Проте, коли мова йде про відшкодування збитків, воно дещо видозмінюється на «...тимчасове покриття землі водою в результаті виходу поверхневих вод із їх нормальних меж або в результаті сильних опадів» і диференціюється за трьома основними типами й рядом особливих випадків (Munich Re, 1997). До перших віднесені штормовий приплив (виникають уздовж узбережжя морів і великих озер), річкові повені та паводок; до других включені: цунамі, заболочення, застійні тихі заводі (наприклад, спричинені зсувом, який перекрив водну течію), прориви дамб, проривні повені льодовикових озер, підйом ґрунтових вод, селеві потоки та інші.

Найбільший потенціал завдання втрат, як життя, так і майна мають *цунамі* та *штормові припливи*.

Річкові повені є результатом інтенсивних та/або постійних дощів протягом кількох днів або навіть тижнів на великих площах, що іноді поєднується із таненням снігу. В таких випадках земля повністю насичується, а здатність грунту утримувати воду перевищується, в результаті чого опади стікають прямо у водні об'єкти. Такий же ефект можна спостерігати й у зворотньому випадку, коли грунт є мерзлим й фізично не здатний дозволяти воді просочуватися. Повені такого типу нарощуються поступово, і лише в рідкісних випадках займають невеликий проміжок часу. Велика площа ураження може мати місце у тому випадку, коли територія представляє собою пласку долину із широкими заплавами. У вузьких долинах зона затоплення зазвичай обмежується невеликою смугою вздовж річки, але в таких випадках фіксується велика глибина води й суттєво збільшуються швидкості потоку. В результаті останнього механічні сили та транспортування відкладень відіграють важливу роль в рамках заподіяння збитків. Особливим нюансом є той факт, що незважаючи на те, що затоплення внаслідок річкових повеней починається з водотоку і є дещо обмеженим його долиною, площі, які піддаються впливу, можуть бути набагато більшими, ніж ті, які постраждали від штормових припливів.

Паводки – є явищем, що іноді знаменують початок повені, але переважно це локальні події, відносно незалежні одна від одної та розсіяні в часі та просторі. Вони утворюються в результаті інтенсивних опадів на невеликій території і як правило, починаються дуже раптово. Грунт зазвичай в таких випадках не насичений, але швидкість інфільтрації значно нижча, ніж кількість опадів. Тривалість невелика – кілька годин (іноді хвилин). Явище має неймовірний потенціал для руйнування.

Паводки пов’язані не лише зі швидкістю течії води в умовах крутого рельєфу, але й із затопленням рівнинних ділянок території, де схил занадто малий, щоб забезпечити

негайний стік зливових вод. Натомість вода накопичується на поверхні, у западинах, які іноді навіть не помітні, тим самим даючи початок процесу заболочення (W. Kron, 2005).

Одним з найкращих статистичних джерел відносно шкоди, що завдають згадані стихійні лиха (й не лише ці) є страхові компанії (Munich Re, 2000). Їхні аналізи зосереджуються на трьох аспектах: кількості постраждалих (загиблих, поранених, бездомних), загальній економічній шкоді, завданої країні, та збитках, які має покривати безпосередньо страхова галузь. Узагальнюючи зібраний за десятки років досвід був зроблений висновок, що основним стихійним лихом, що призводить до тисяч смертей в основному є землетруси. Й у більшості випадків наймаштабніше виявляються ураженими саме бідні країни. Даний аспект пов'язаний з їх більшою вразливістю. В якості приклада можна згадати гіршу якість споруд, більшу кількість людей та ін.

У минулому (близько тридцяти років тому) повені також були причиною величезної кількості смертей. Сьогодні ця ситуація зазнала суттєвих змін завдяки технологічному розвитку, який зробив прогнозні можливості оперативними, надійнішими, а отже, ефективнішим.

Статистично, повені займають чільне місце у переліку явищ, які спричиняють економічні збитки. Хоча два землетруси (Кобе: 100 мільярдів доларів США; Нортрідж: 44 мільярди доларів США) й досі залишаються найдорожчими природними катаклізмами, повені, які зазвичай зачіпають набагато більші території і відбуваються набагато частіше, мають фактично ту ж вагу. Особливим нюансом є те, що суттєве значення, в цьому випадку, мають не лише великі прояви цього стихійного лиха, а й величезна кількість малих і середніх подій. Шороку вони у сукупності спричиняють десятки мільярдів доларів збитків для економіки та численну кількість людських жертв. Ймовірно, повені спричиняють більше збитків, ніж усі інші руйнівні природні явища разом узяті. Крім того, фінансові витрати, що направляються на боротьбу з ними (спорудження морських дамб, водосховищ тощо), є кратними тим, що витрачаються на захист від усіх інших природних загроз (W. Kron, 2005).

Якщо розглянути проблему в історичному аспекті, то до найбільш затратних світових подій пов'язаних із повенями (табл. 6.1) віднесені наступні:

Таблиця 6.1

Повені, що зумовили найбільші фінансові затрати (первісні значення, не скориговані відносно інфляції)

Ранг	Рік	Країна (регіон, що найбільше постраждав)	Економічні втрати (US$ млд)
1	1998	Китай (Янцзи, Сунгарі)	31
2	1993	США (Місісіпі)	21
3	2002	Центральна Європа (Ельба, Дунай)	19
4	1995	Північна Корея	15
5	1994	Італія (північ)	9,3
6	1993	Бангладеш, Індія, Непал	8,5
7	2000	Італія (північ), Швейцірія (південь)	8,5
8	1999	Китай (Янцзи)	8
9	2001	США (Техас)	6
10	1997	Чехія, Польша, Німіччина (Ондра)	5,9

Сторінки української історії також зберігають події великих повеней, що спричинили значні збитки. Наприклад:

- **30-31 серпня 1927 –** паводок у басейнах річок Дністер і Прут. Було підтоплено 10 міст і багато сіл, велика вода зруйнувала дороги та мости.
- **1931 рік –** повінь у басейні Дністра (висота води перевищила всі раніше відомі повені та паводки, починаючи з XVIII століття) та найбільша повінь у Києві за 400 років.
- **Листопад 1998 року –** після сильних дощів на Закарпатті розлилися Тиса, Теребля, Тересва, Боржава, Латориця. *Збитки*: 822 млн грн.
- **Березень 2001 року –** на Закарпатті випало більше 300мм опадів. Повінь зруйнувала єдиний у Європі й один із двох у світі музей лісосплаву на Чорній річці. *Збитки*: 317млн.грн.
- **Липень 2008 року** – повінь спричинила віднесення Львівської, Івано-Франківської, Тернопільської, Чернівецької, Закарпатської і Вінницької областей до зони надзвичайної екологічної ситуації. *Збитки*: 3-4 мрд.грн.

На щастя їх обсяги ніколи не досягали вказаних вище сум.

Пережиті втрати описують минуле. Те, що можна очікувати в майбутньому, має ґрунтуватися, з одного боку, на цьому досвіді, а з іншого боку, на аналізі кожної збиткової події, щоб визначити відповідні фактори, які вплинули на неї. З цього аналізу можна отримати очікувану вартість (майбутнього) збитку, який ототожнюється із *ризиком*.

Як вже зазначалося раніше, термін "ризик" розуміється різними людьми по-різному. У науковій спільноті широко прийнято вважати, що ризик є продуктом небезпеки та її наслідків. Там, де немає людей чи цінностей, які можуть постраждати від природного явища, немає і ризику. Подібним чином катастрофа може статися лише тоді, коли зазнають шкоди або люди та/або їх майно.

Виділяють *три компоненти, що визначають ризик*:

1. небезпека: природна подія, яка несе певну загрозу, включаючи саму ймовірність її виникнення. За останні роки практично всі повені були пов’язані зі змінами гідрологічного режиму через зміну клімату, а також, частково, з діяльністю людини. Освоєння нових земель безпосередньо веде до скорочення площ природних утримувальних територій. Заплави забудовуються новими поселеннями чи активно використовуються у будь-який інший спосіб. Дані дії часто вимагають підготовки річки, шляхом випрямлення русла та створення дамб, які іноді навіть запобігають затопленню сільськогосподарських районів. Водночас, піки повеней та швидкість їх поширення стають вищими і збільшують небезпеку свого виникнення за вниз за течією.
2. цінності, які знаходяться під загрозою. Різке зростання населення світу є основною причиною того, що втрати від стихійних лих за останні десятиліття значно виросли. Це збільшення прямо залежить від кількості людей, які повинні або бажають оселитися в районах, яким властивий розвиток повеней, а також зростання кількості цінностей, якими вони володіють. Зазвичай мешканці та власники нерухомості почуваються в безпеці, якщо в перші кілька років після заселення на такі території не відбувається жодних подій, які представляють серйозну небезпеку. За таких обставин відбувається накопичення великих обсягів різного роду цінностей (будівель, обладнання, техніки, запасів та ін.) втрата яких супроводжується болісними фінансовими наслідками.
3. вразливість – відсутність стійкості до руйнівних сил. Даний фактор демонструє чи не найбільший розрив між обставинами різних десятиліть. Активний прогрес останніх років водночас розширив можливості людей але й збільшив їх залежність від ймовірних ризиків, зумовлених природними явищами, зокрема повеней. Яскравим прикладом є руйнація багатьох сучасних цінностей, що базуються на використанні електроенергії при контакті з водою у будь-якому її прояві.

Диференціація ризиків повені, передбачає виділення 4 класів залежно від ступеню їх експозиції:

1. невелика експозиція – території, зазнають впливу в середньому рідше одного разу на 200 років;

2. помірна експозиція – території, які страждають від повеней з інтервалом від 50 до 200 років;
3. висока експозиція – території, які страждають від повеней з періодичністю від 10 до 50 років;
4. дуже високтй рівень експозиція – території на заплавах, які страждають від повені з інтервалом повторюваності до 10 років.

Насправді, ризик виникнення та розвитку неспрятливої події зумовленої природними чинниками, яка буде супроводжуватися певними втратими рано чи пізно реалізується практично будь-де. На сьогоднішній день, найефективнішим способом впоратися з руйнівними силами природи — є *співпраця між людьми та державою із долученням, за необхідності, третьої сторони* (наприклад — страхової галузі, експертної групи контролю чи ін.). Суть підходу заключається у розподілі завдань для розробки ефективної та оптимальної стратегії зниження ризику, що також означає зменшення втрат і запобігання катастрофам.

Конкретизуючи, *державний сектор* мусить відповідати за базові потреби, які спрямовані не на окремих людей, а на більшу частину громади. Ним мають забезпечуватися:

- заходи спрямовані на управління боротьбою з паводками;
- конструктивні заходи, такі як спорудження дамб, водосховищ, утримувальних басейнів, польдер, паводкових каналів та ін.
- неструктурні заходи, такі як моніторинг, прогнозування, контроль водного стоку, системи завчасного попередження катастрофи;
- інформування громадськості (стосовно запобіжних заходів та про виникнення безпосередньої загрози);
- підбір та навчання аварійного персоналу;
- ефективне планування землекористування та дотримання обмежень встановлених щодо цього виду діяльності;
- оперативне здійснення рятівних операцій та швидка реконструкція пошкодженої після катастрофічної події інфраструктури;
- гранти, позики з низькими відсотками та/або податкові пільги для постраждалих від стихійного лиха (фізичних осіб та компаній).

За наявності такого базового рівня захисту, *другою групою*, представниками якої є *звичайні громадяни* найбільш ефективно зменшуються обсяги матеріальні втрат. Готовність цієї групи означає вжиття відповідних заходів, які захищають згадані вище цінності. Наприклад, використання водонепроникного бетону для нижніх частин своїх осель, застосування тимчасових зміцнюючих пристроїв (наприклад, сталевих жалюзей для вікон підвалу), встановлення аварійного обладнання, тощо.

У регуляторних документах країн східної Європи приийняття якісно-ефективного рішення стосовно побудови та конструювання захисних інженерно-геологічних споруд для захисту від повені супроводжується проведенням порівняння усіх можливих альтернатив зазначеної діяльності. З-поміж іншого даний підхід включає аналіз ризиків не лише у будівельних проектах, але й ризиків, пов'язаних безпосередньо із гідротехнічними спорудами.

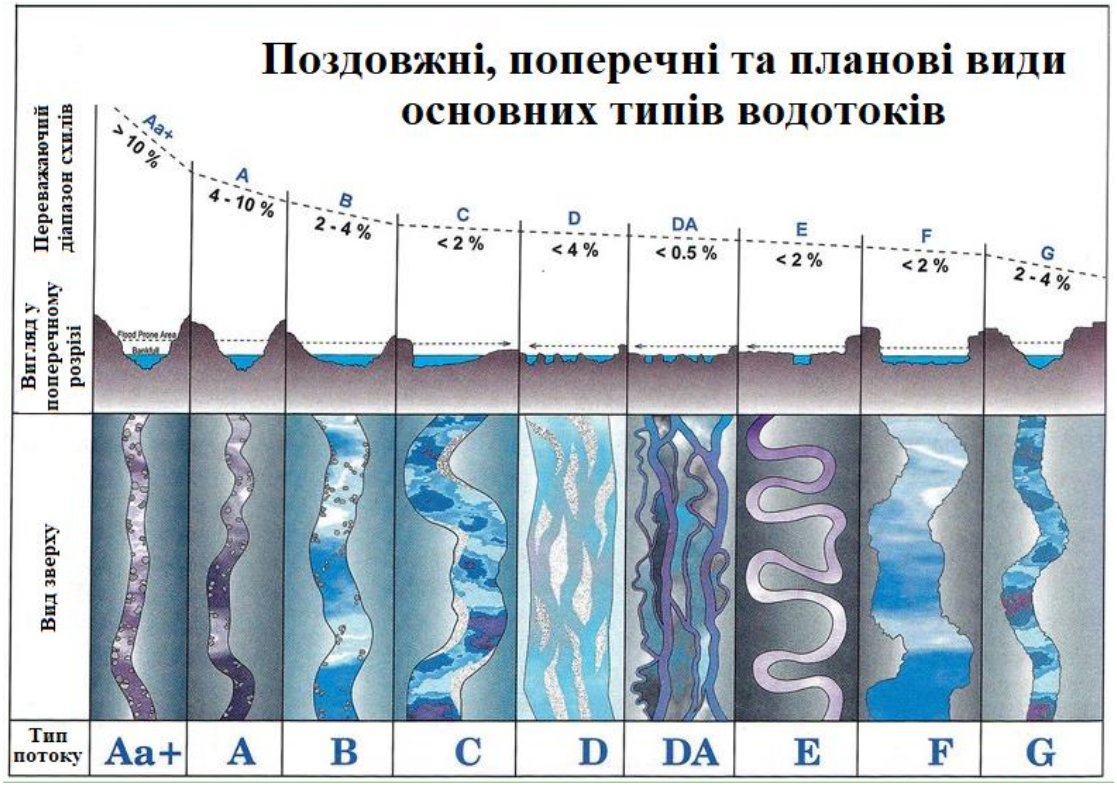
Одною з технік оцінки останніх є використання мультикритеріального аналізу, який базується на одночасному емпіричному описі ряду критеріїв ризику. Даний підхід був запропонований у 2016 році М. Зеленяковою (M. Zelenakova, 2016) і наразі використовує вісімнадцять класів критеріїв ризику (табл 6.2). В залежності від обставин цей перелік можливо скорочувати чи навпаки розширювати.

Таблиця 6.2

Критерії оцінки факторів ризику, пов'язаних із заходами захисту від повеней (M. Zelenakova, 2016**)**

	Критерій ризику	0,2	0,4	0,6	0,8	1
A	Максимальний питомий дренаж (q_{max}) ($м^3$ за $сек^{-1}$ на $км^2$)	≤10	11-50	51-90	91-140	≥141
B	100-річний потік (Q_{100}) ($м^3$ за $сек^{-1}$)	≤20	21-70	71-120	121-200	≥201
C	Призначений потік (Q_n) ($м^3$ за $сек^{-1}$)	≥Q_{100}	<Q_{100}	<Q_{50}	<Q_{20}	≤ Q_5
D	Середньорічна кількість опадів (H_z) (мм)	≤500	501-600	601-700	701-800	>801
E	Морфологічний тип паводку за класифікацією Розгена (рис.1)	Aa, A	B, C	D, DA	E	F, G
F	Коефіцієнт насиченості в басейні (S) (мм)	≥21	16-20	11-15	6-10	≤5
G	Характер потоку	ламінарний	турбулентний	Середньо турбулентний	Сильно турбулентний	Дуже сильно турбулентний
H	Середній повздовжній градієнтний потік (i) (%)	≤10	11-20	21-30	31-40	≥41
I	Тип басейну	–	подовжений	перехідний	пір'їноподібний	–
J	Постійно проживаюча там кількість населення (чол)	<100	101-250	251-500	501-1000	>1000
K	Коефіцієнт розбудови території (%)	≤0,02	0,021-0,025	0,026-0,03	0,031-0,035	>0,035
L	Тип та важливість транспортної мережі (бали)	≤1	2	3	4	≥5
M	Інфраструктура сел (бали)	0-1	2-3	4-5	6-7	8
N	Виробнича активність території (бали)	0-2	4	6	8	10
O	Відстань гідравлічної структури від розбудованих територій (км)	>5	1,1-5	0,51-1	0,11-0,5	~0,1
P	Технічна захищеність від підтоплень	Будівництво сухого резервуара і стабілізація потоку	Регулювання і стабілізація потоку в міській зоні	Забезпечення регулювання та пропускної здатності потоку	Утримання річкового басейну, русла річки та рослинності	Відсутність технічних протипаводкових заходів

Q	Рівень екологічної захищеності	Втрати власності й життів не очікуються	Незначні втрати власності й життів	Втрати власності й життів наврядче будуть	Втрати власності й життів наврядче можливі	Втрати власності й життів наврядче очікувані
R	Загальна вартість заходів по протидії повені (€)	0-100 000	100 001 – 400 000	400 001 – 800 000	800 001 – 1 200 000	>1 200 000



Малюнок 6.3 Морфологічний тип паводку за класифікацією Розгена

Для кожного критерію передбачається його бальна оцінка для подальшого ранжування ризику виходячи з отриманих розрахункових результатів (1) відносно чотирьох можливих його ступенів:

- Низький ризик = $2{,}6*10^{-13}$ – $6{,}9*10^{-8}$.
- Середній ризик = $6{,}9*10^{-8}$ – $1*10^{-4}$.
- Високий ризик = $1*10^{-4}$ – 0.
- Надзвичайно високий ризик = 0 – 1.

$$Ris = A \times B \times C \times D \times E \times F \times G \times H \times I \times J \times K \times L \times M \times N \times O \times P \times Q \times R \qquad (6.1)$$

Кожному критерію ризику присвоюється відносна важливість (вага), яка вводиться до розрахункового індексу ризику (6.4). Для усвідомлення важливості, недостатньо проведення опитування спеціалістів водного господарства та професійно кваліфікованих осіб, які мають досвід будівництва захисних об’єктів від повеней. Більш вагомим є конкретизований результат розрахунку на основі формул (6.2) та (6.3).

$$W_j^{(N)} = \frac{W_j}{\sum_{j=1}^{n} W_j} \qquad (6.2)$$

$$\sum_{j=1}^{n} W_j = \frac{n}{2} \times (n-1) \tag{6.3}$$

Де $W_j(N)$ – стандартизована вага ризику
W_j – бал пов'язаний іщ критерієм (j)
n – загальне число визначених пріоритетів

$$r_i W = (AW)+(BW)+(CW)+(DW)+(EW)+(FW)+(GW)+(HW)+(IW)+(JW)+(KW)+(LW)+(MW)+(NW)+(OW)+(PW)+(QW)+(RW) \tag{6.4}$$

Ранжування ризику за цим індексом відбувається в наступних межах:

- Низький ризик = 0,036 – 4,526.
- Середній ризик = 4,527 – 9,017.
- Високий ризик = 9,018 – 13,508.
- Надзвичайно високий ризик = 13,509–18.

Розрахунок індексу ризику для визначення ризику гідротехнічних споруд безпосередньо пов'язано з оцінкою впливу запланованої діяльності на навколишнє середовище. Він є основою для обгрунтування оптимальної альтернативи запропонованої притипаводкової діяльності.

Завдання: *Відповідно до вказаного варіанту:*

Проаналізувати водний об'єкт зазначений у варіанті відносно означених критеріїв. Визначити ступінь ризику розвитку повені на місцевості та відносну важливість (вагу) кожного з критеріїв ризику. Розрахувати загальний індекс ризику. Дати характеристику ступеню прийнятності визначеного ризику.

Практична робота №6
Розрахунок індексу ризику з метою планування захисту від повеней

Варіант №1	річка Інгулець
Варіант №2	річка Ворскла
Варіант №3	річка Рось
Варіант №4	річка Тиса
Варіант №5	річка Случ
Варіант №6	річка Стрипа
Варіант №7	річка Тернівка
Варіант №8	річка Айдар
Варіант №9	річка Псел
Варіант №10	річка Сула
Варіант №11	річка Прут
Варіант №12	річка Тетерів
Варіант №13	річка Дністер
Варіант №14	річка Остер
Варіант №15	річка Уж
Варіант №16	річка Горинь
Варіант №17	річка Смотрич
Варіант №18	річка Гнилий Тікич
Варіант №19	річка Саксагань
Варіант №20	річка Ростaвиця

Використана література:

- M. Zelenakova, Flood risk assessment and management in Slovakia, in: CA. Brebbia (Eds), River Basin Management 6. Southampton: WIT, 2011, pp. 61—69.
- M. Zeleflékové, S. Galas', L. Zvijékové, M. Slezingr, Calculation of Risk Posed by Flood Prot ection Measures as Part of the Environmental Impact Assessment Process, Polish Journal of Environmental Studies, 21 (SA) (2012) 45, 9–463.
- Munich Re. 1997. *Flooding and insurance*. Munich: Munich Reinsurance Company (in eight languages).
- Munich Re. 2000. *Topics 2000: Natural catastrophes – the current position*. Munich: Munich Reinsurance Company.
- National Council of the Slovak Republic, Law No. 24/2006 Coll. on Environmental Impact A ssessment, as amended, which entered into force on lst February 2006
- Wolfgang Kron (2005) Flood Risk = Hazard • Values • Vulnerability, Water International, 30:1, 58-68. Available at: DOI: 10.1080/02508060508691837

7. Визначення ризику для водних об'єктів в рамках оцінки екологічної якості води. Збитки від забруднення поверхневих та підземних вод, джерел, внутрішніх морських вод та територіального моря

Проблема забезпечення питною водою з кожним роком набуває все більшого поширення. Основною причиною даного факту є недостатні, в межах багатьох районів, обсяги наявних водних ресурсів, якими можна було б забезпечити всіх споживачів не лише у перспективі, але й у теперішній час. Загалом, на сьогоднішній день обсяги питної води на планеті становлять лише 0,1% усієї води. Основними джерелами придатними для водокористання є так звані «гірські води» (природні джерела, потоки, річки) та підземні води, що є найціннішим природним ресурсом для життєзабезпечення (наприклад, близько 75% жителів Європейського Союзу (ЄС) залежать саме від підземних вод для свого водопостачання (ЕС, 2008)).

Проте, ця частка води, придатна для використання населенням та промисловістю з кожним роком є все дедалі обмеженішою. В дійсності, стан води насамперед пов'язаний із особливостями живлення водного об'єкту, характером стоку підземних вод та загальними характеристиками водоносних горизонтів. Їх зміна до позначки «неприйнятно» може відбуватися в результаті природних процесів або ж в результаті діяльності людини. Останнє, в сучасних реаліях має більшу вагу. Тому ключовою причиною наразі можна вважати саме **антропогенний вплив.** В першу чергу він обумолюється інтенсифікацією реалізації багатьох промислових проектів, мета яких – розвиток та розбудова нашого суспільства. Проте, одночасно із цим відбувається й комплексна зміна стану водних об'єктів.

Усе зазначене обумовило поступове запроводження більше 40 років тому систем оцінок впливу на довкілля, які розроблялися, як важливий регуляторний інструмент (Cashmore, Bond, and Cobb, 2008). Серед цільових задач цих систем – ефективне управління факторами, що завдають шкоди водному середовищу (і не лише йому), відчутно впливаючи на *кількісний* та *якісний склад води*. Де *кількість води*, яку також іноді називають *режимом потоку*, враховує величину, частоту, тривалість, терміни та швидкість зміни (Poff NLR, 1997), а *якість* – включає концентрацію різних компонентів у воді, а також її температуру та стан (Nilsson C., 2008). Варто зазначити, що багато аспектів кількості та якості води знаходяться у тісному взаємозв'язку. І якість води може відрізнятися за значенням залежно від фактичної кількості води та швидкості її розбавлення (Middelboe AL, 2003). Обидва фактори (кількість і якість води) необхідні для захисту водних екосистем і їхня збалансованість є першим кроком до забезпечення екологічної стійкості.

З цих причин, відслідковування їх змін є невід'ємною частиною у процесі визначення ризиків та прийняття будь-яких управлінських рішень. Належний екологічний менеджмент в першу чергу вимагає:

- отримання даних з територій де відбуваються екологічні зміни і де вони мають найбільш вагомі наслідки,
- та ідентифікації причин цих змін.

На сьогоднішній день більшість країн керуються мережею моніторингу саме *якісних характеристик води* (Read et al., 2017), оскільки саме їх погіршення отримує відображення не лише на стані здоров'я людей, але й перешкоджає соціально-економічному розвитку регіонів (Milovanovic 2007). З цих причин ***оцінка екологічного стану води*** шляхом обробки її якісних показників вважається найбільш перспективним *методом ідентифікації зон підвищеної екологічної небезпеки.* Даний підхід дозволяє визначати допустимий антропогенний тиск й регулювати діяльність націлену на

збереження згаданої вище рівноваги природного середовища. Іншими словами така оцінка виступає базою для встановлення екологічних нормативів якості вод для окремих водних об'єктів та їх частин, груп водних об'єктів та басейнів річок. Вона є також основою для визначення та управління екологічним ризиком, що створюється антропогенним навантаженням на об'єкти довкілля.

Загалом, збір усіх необхідних даних для проведення даного роду оцінки й подальші дослідження з розрахунками проводяться за використання публічних даних, зібраних та оприлюднених урядами різних країн (Chu et al., 2018; Johari and Akhir, 2019) Наприклад, багато досліджень було проведено з використанням бази даних Світового океану, доступ до якої надається Національними центрами екологічної інформації Національного управління океанічних та атмосферних досліджень США (Amato et al., 2016; Seidov et al., 2019).

До основних пріоритетів проблематики віднесені наступні завдання:

- розширення переліку моніторингових об'єктів;
- оновлення підходів оцінки ризику для здоров'я
- розширення спектру параметрів, які відслідковуються
- підвищення епідеміологічного нагляду з метою захисту здоров'я населення.

Цей перелік лишається актуальним вже не один рік і сповільнення робіт в цих напрямках не передбачається.

Перебіг часу певною мірою диференціював шляхи оцінки якості вод, що мають безпосереднє значення для встановлення можливих ризиків, пов'язаних із забрудненням поверхневих та підземних вод. Це обумовлено дещо неоднаковими темпами розробки методів.

Традиційним та найпоширенішим підходом передбачається використання спеціалізованих рекомендацій, які дозволяють вибрати адекватні рівні захисту ресурсів (Palmer C., 2007). Іншими словами, він базується на порівнянні окремих рівнів параметрів з їх рекомендованими (зафіксованими у нормативних документах) значеннями відносно водокористування.

В основу цього принципу покладено вимогу забезпечення гігієнічних нормативів гранично допустимих концентрацій (ГДК) забруднюючих речовин у природних компонентах (зокрема, воді), а також фізичних чинників (шум, вібрація тощо). Тому, відповідно до природоохоронної методології, оцінка ступеня забруднення середовища проводиться шляхом порівняння концентрації забруднюючої речовини з її ГДК.

Однак такий простий та доволі детальний тип оцінки супроводжується рядом недоліків, основними з яких є:

- низька здатність надавати цілісну та якісно інтерпретовану картину, що необхідна для прийняття оперативних та виважених рішень щодо подальшого управління якістю води (Said et al. 2004). Іншими словами, такий класичний підхід супроводжується деякою негнучкістю підходу та прямою залежністю від існуючих невизначеностей у наявному інформаційному пулі (Kumars E., Azarnivand A., 2015).
- антропоцентричний підхід до оцінки стану навколишнього середовища, що притаманний гігієнічним нормативам. Тобто при безпечних умовах проживання населення не беруться до уваги особливості функціонування власне екосистем.

В Україні, відповідно до Водного кодексу, оцінка якості води здійснюється на основі нормативів екологічної безпеки водокористування та екологічних нормативів якості води у водних об'єктах. Останні містять ряд класифікацій рекомендованих урядом до використання. Наприклад:

- класифікація водних об'єктів за повторюваністю забруднення,
- класифікація водних об'єктів за рівнем забруднення,
- класифікація водних об'єктів за кількістю лімітуючих показників,

- класифікація водних об’єктів згідно комплексного індексу забруднення та ін.

Окрім того, на основі «Методики екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями», було розроблено іншу, яка включає в себе ще й *встановлення екологічного ризику для водних об’єктів*. А це є важливою складовою процесу загальної оцінки статусу водних об’єктів, на основі якого визначається придатність вод для використання у різних господарських цілях.

Визначення ризику для водного об’єкту відбувається з урахуванням максимальних перевищень ГДК забруднюючих речовин й проходить за наступних алгоритмом:

$$R = -\ln(P) \tag{7.1}$$

де

$$P = \frac{\sum n_i}{N} \tag{7.2}$$

де

$$\sum n_i = \sum \frac{C_i}{ГДК} \tag{7.3}$$

C_i – концентрація і-тої забруднюючої речовини (ЗР), яка перевищує $ГДК_i$ (Табл. 7.1) (***ЗР, які не перевищують ГДК, у формулу не підставляють***);
N – загальна кількість ЗР, які аналізують.

Таблиця 7.1

Значення нормативів якості поверхневих вод

Елмент, сполука	ДСТУ ГОСТ 27384-2005.	Елмент, сполука	ДСТУ ГОСТ 27384-2005.
	мкг/дм^3		мкг/дм^3
Алюміній	500	Талій	-
Барій	100	Фториди	1200-1500
Берилій	0,2	Хром (III)	-
Бор	500	Хром (VI)	50
Броміди	200	Цинк	5000
Ванадій	-	Ціаніди	35
Залізо загальне	300	Бензапірен	0,005
Кадмій	1	Бензол	10
Кобальт	-	Ксилол	-
Літій	-	Толуол	-
Марганець	100	Етилбензол	-
Миш’як	50	Нафтопродукти (загальні)	100
Мідь	1000	Пестициди хлоорганічні	2
Молібден	250	Синтетичні поверхнево-активні речовини	500
Нікель	100	Тетрахлорбензол	-
Ртуть	0,5	Тетрахлорвуглець	6
Свинець	30	Тригалометани	200
Селен	10	Феноли леткі	250
Сурма	-	Хлорфеноли	-
		Ліндан	2

Ще одна класифікація, яка набула значної ваги в системі екологічних оцінок України – класифікація якості поверхневих вод суші та естуаріїв, що побудована за екосистемним принципом. Характерним нюансом, є те, що необхідна повнота і об'єктивність опису якості поверхневих вод досягається за використання достатньо широкого набору показників, які відображають особливості абіотичної і біотичної складових водних екосистем. Комплекс показників цієї екологічної класифікації якості поверхневих вод включає загальні і специфічні показники.

Загальні – це ті, до яких належать показники сольового складу й еколого-санітарні. Вони характеризують звичайні, властиві водним екосистемам, інгредієнти, концентрація яких може змінюватись під впливом господарської діяльності.

Специфічні показники характеризують вміст у воді забруднюючих речовин токсичної і радіаційної дії.

Останніми роками пропонуються більш *оновлені підходи*, які базуються на розробці спеціальних індексів, використовуючи доволі різні покажчики. Роботи в даному напрямку проводяться наразі в багатьох країнах світу (з-поміж них Фінляндія, Словаччина та ін.), а отримані на сьогодні результати набули великої популярності при оцінці вразливості середовища. Серед досліджень, які варто згадати є роботи Бакмена Б. й Бодіша Д (1998), в яких наведені розрахункові шляхи для встановлення індексу якості води (WQI) з метою осучаснення процесу моніторингу та оцінки забруднення підземних вод; роботи Саєді М. та Абессі О. (2010), в яких попередня метода була вдосконалена, утворивши цілу систему індексів з урахуванням восьми параметрів якісних характеристик води; та роботи Різвана і Гурдіпа (2010) які трансформували зазначений підхід з метою моніторингу просторово-часових коливань якості вод. Окрім того, на сучасному етапі вченими комбінується застосування індексів із системами ГІС, що значно розширює можливості осягнення стану якості вод й дає більш конкретизовані результати (до відтсотка) щодо площ, які непридатні для питного водокористування (Sadat-Noori et al. 2013).

Загалом, застосування індексів та здійснення класифікації площ на основі суміщення геологічних та гідрогеологічних факторів (Gogu, R.C.б 2000) забезпечує цілісне уявлення про стан якості води, як у річковому басейні, так і підземних вод. В першу чергу це обумовлюється доступними математично-числовими інструментами та активним використанням нечіткої логіки для оцінки рівня забруднення водних об'єктів, визначення пріоритетів стратегій їх відновлення, прогнозування й моделювання опадів й, відповідно, стоку води, часових рядів її споживання та ін. (Azarnivand et al. 2014; Aryafar et al. 2013; Wang and Altunkaynak 2012; Firat et al. 2009).

Як уже згадувалося, специфіка сучасних видів діяльності людської спільноти отримує відображення не лише у погіршенні стану навколишнього середовища, але й збільшенні ряду інших *ризиків*. Останній, зокрема – є можливим значенням втрат, в тому числі і фінансових. Саме тому одною з першочергових задач підприємців є – **розрахунок збитків** за умов розвитку подій за реалізації найбільш ймовірних сценаріїв. Зокрема, від забруднення поверхневих та підземних вод, джерел, внутрішніх морських вод та територіального моря.

Розрахунки даного роду проводяться на основі показника базової ставки відшкодування збитків у частках неоподаткованого мінімуму доходів громадян (НМД) з урахуванням відносної небезпечності забруднюючої речовини та інтенсивності її викиду або загальної маси викинутої речовини відповідно до методики розрахунку розмірів

відшкодування збитків, заподіяних державі внаслідок порушення законодавства про охорону та раціональне використання водних ресурсів.

Збитки від скидання сировини і речовин у чистому вигляді у водне середовище (За) розраховується за наступним алгоритмом:

$$З_a = M \times 0{,}003 \times A_i \times n \times h \quad (7.4)$$

де М – маса скинутої забруднюючої сировини, кг;
A_i – показник відносної небезпечності речовин;

$$A_i = \frac{1}{C_{ГДК}} \quad (7.5)$$

n – величина неоподаткованого мінімуму доходів громадян у національній валюті = ½ прожиткового мінімуму для працездатних осіб;
h – коефіцієнт, що враховує категорію водного об'єкта (табл. 7.2).

Таблиця 7.2

Відповідність коефіцієнтів категоріям водного об'єкта

Категорія водного об'єкта	**h**
Морські та поверхневі водні об'єкти комунально-побутового водокористування	1
Поверхневі об'єкти господарсько-питного використання	1,4
Поверхневі і морські об'єкти рибогосподарського водокористування:	
- II категорії	1,6
- I категорії	2

В свою чергу, ***збитки внаслідок забруднення підземних вод нафтопродуктами – визначаються в розрахунку на 1м³ забруднених вод***

$$З_{п.в.} = Y_n \times n \times V_з \times L \quad (7.6)$$

де Y_n – питома величина збитків, завданих навколишньому природному середовищу, аимірюється в частках НМД;
n – розмір НМД
$V_з$ – об'єм забруднених підземних вод, м³

$$V_з = F \times m \times n_a \quad (7.7)$$

де F – площа забруднення, м²;
m – середня потужність забрудненої частини водоносного горизонту, м
n_a – активна пористість водонасиченої товщі, частка одиниці.

L – коефіцієнт, який враховує природну захищеність підземних вод

- для грунтових вод – 1
- для міжпластових вод – 1,3
- для міжпластових напірних (артезіанських) – 1,6

Завдання: *Відповідно до вказаного варіанту:*

Завдання 1. *Розрахувати екологічний ризик для об'єктів єдиного річкового басейну, відобразити результат на графіку та зробити висновок щодо ступеня порушеності екологічного стану водного середовища у досліджуваному районі.*

Приклад виконання завдання 1:

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
А	Броміди	307	200
	Залізо загальне	452	300
	Миш'як	41	50
	Фториди	1000	1200-1500
	Цинк	4500	5000
	Мідь	2000	1000
	Кадмій	1,7	1

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	$\frac{C_i}{ГДК}$	$\sum n_i = \sum \frac{C_i}{ГДК}$
А	Броміди	1,54	6,74
	Залізо загальне	1,51	
	Мідь	2,00	
	Кадмій	1,70	

$$P = \frac{\sum n_i}{N} = \frac{6,74}{7} = 0,96$$

$$R = -\ln(0,96) = 0,041$$

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Б	Броміди	209	200
	Залізо загальне	260	300
	Миш'як	35	50
	Фториди	900	1200-1500
	Цинк	4000	5000
	Мідь	1800	1000
	Кадмій	2	1

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	$\frac{C_i}{ГДК}$	$\sum n_i = \sum \frac{C_i}{ГДК}$
Б	Броміди	1,045	4,85
	Мідь	1,8	
	Кадмій	2	

$$P = \frac{\sum n_i}{N} = \frac{4,85}{7} = 0,69$$

$$R = -\ln(0{,}69) = 0{,}37$$

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
В	Броміди	250	200
	Залізо загальне	350	300
	Миш'як	30	50
	Фториди	1300	1200-1500
	Цинк	5050	5000
	Мідь	1400	1000
	Кадмій	1,3	1

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	$\frac{C_i}{ГДК}$	$\sum n_i = \sum \frac{C_i}{ГДК}$
В	Броміди	1,25	6,13
	Залізо загальне	1,16667	
	Цинк	1,01	
	Мідь	1,4	
	Кадмій	1,3	

$$P = \frac{\sum n_i}{N} = \frac{6{,}13}{7} = 0{,}87$$

$$R = -\ln(0{,}87) = 0{,}14$$

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Г	Броміди	309	200
	Залізо загальне	450	300
	Миш'як	30	50
	Фториди	1300	1200-1500
	Цинк	3500	5000
	Мідь	850	1000
	Кадмій	0,5	1

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	$\frac{C_i}{ГДК}$	$\sum n_i = \sum \frac{C_i}{ГДК}$
Г	Броміди	1,545	3,55
	Залізо загальне	1,5	
	Кадмій	0,5	

$$P = \frac{\sum n_i}{N} = \frac{3{,}55}{7} = 0{,}51$$

$$R = -\ln(0{,}51) = 0{,}67$$

Екологічний ризик погіршення стану водних об’єктів

Завдання 2. *Розрахувати збитки від скидання сировини і речовин у чистому вигляді у водне середовище та збитки внаслідок забруднення підземних вод нафтопродуктами. Коротко (1-2 речення) підсумуйте отриманий результат.*

Приклад виконання завдання 2:

Маса ксинутоъ забруд-і реч (М) Кг	ГДК	Коеф.,що врах катег. Вод.обєкта h	Пит.вел. збитків завд. НС. В частках НМД Yn	Коеф.,що врах прир. Захищеніст підзем. Вод. (L)	Площа забруднення (F) м2	Сер. потужність забрудненої частини водонос.гориз.(m), м	Активна пористість водонасиченої товщі (n_a), частка 1
акілсульфат 500	0,5	1,4	Вінницька обл 0,0024	для міжпластових 1,3	700	11	0,07

Неоподаткований мінімум доходів громадян у національній валюті	$\frac{прожит.мін.}{2}$	n	1300	грн
Показник відносної небезпечності речовин	$\frac{1}{C_{ГДК}}$	Ai	2	
Збиток від скидання сировини і речовин у чистому вигляді у водне середовище	$M \times 0{,}003 \times A_i \times n \times h$	Зв	5460	грн
Об'єм забруднених підземних вод	$F \times m \times n_a$	Vз	539	м3
Збиток внаслідок забруднення підземних вод нафтопродуктами	$Y_n \times n \times V_з \times L$	Зп.в.	2186,18	грн

Практична робота №7

Варіанти для завдання 1:
Визначення ризику для водних об'єктів в рамках оцінки екологічної якості води.

Варіант №1

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
А	Броміди	150	200
	Марганець	200	100
	Молібден	100	250
	Свинець	110	30
	Хром (VI)	20	50
	Бензапірен	0,01	0,005
	Нафтопродукти (загальні)	110	100
	Тригалометани	70	200
	Феноли леткі	200	250

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Б	Броміди	210	200
	Марганець	150	100
	Молібден	50	250
	Свинець	25	30
	Хром (VI)	40	50
	Бензапірен	0,0003	0,005
	Нафтопродукти (загальні)	125	100
	Тригалометани	250	200
	Феноли леткі	270	250

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
В	Броміди	220	200
	Марганець	130	100
	Молібден	300	250
	Свинець	45	30
	Хром (VI)	55	50
	Бензапірен	0,007	0,005
	Нафтопродукти (загальні)	50	100
	Тригалометани	120	200
	Феноли леткі	200	250

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Г	Броміди	240	200
	Марганець	130	100
	Молібден	220	250
	Свинець	10	30
	Хром (VI)	75	50
	Бензапірен	0,005	0,009
	Нафтопродукти (загальні)	105	100
	Тригалометани	300	200
	Феноли леткі	310	250

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Д	Броміди	300	200
	Марганець	50	100
	Молібден	150	250
	Свинець	10	30
	Хром (VI)	70	50
	Бензапірен	0,0,002	0,005
	Нафтопродукти (загальні)	40	100
	Тригалометани	250	200
	Феноли леткі	300	250

Варіант №2

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
А	Алюміній	750	500
	Барій	110	100
	Берилій	0,25	0,2
	Бор	600	500
	Мідь	600	1000
	Цинк	1500	5000

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Б	Алюміній	700	500
	Барій	20	100
	Берилій	0,5	0,2
	Бор	515	500
	Мідь	900	1000
	Цинк	3000	5000

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
В	Алюміній	2000	500
	Барій	30	100
	Берилій	0,07	0,2
	Бор	200	500
	Мідь	350	1000
	Цинк	4500	5000

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Г	Алюміній	100	500
	Барій	220	100
	Берилій	0,3	0,2
	Бор	130	500
	Мідь	600	1000
	Цинк	3500	5000

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Д	Алюміній	510	500
	Барій	150	100
	Берилій	0,1	0,2
	Бор	450	500
	Мідь	1200	1000
	Цинк	2500	5000

Варіант №3

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
А	Залізо загальне	200	300
	Кадмій	1,5	1
	Ртуть	0,6	0,5
	Селен	14	10
	Синтетичні поверхнево-активні речовини	450	500
	Тетрахлорвуглець	5	6
	Феноли леткі	180	250
	Ліндан	5	2

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Б	Залізо загальне	250	300
	Кадмій	0,4	1
	Ртуть	1,2	0,5
	Селен	13	10
	Синтетичні поверхнево-активні речовини	460	500
	Тетрахлорвуглець	10	6
	Феноли леткі	200	250
	Ліндан	5	2

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
В	Залізо загальне	100	300
	Кадмій	0,5	1
	Ртуть	0,1	0,5
	Селен	5	10
	Синтетичні поверхнево-активні речовини	640	500
	Тетрахлорвуглець	13	6
	Феноли леткі	320	250
	Ліндан	1	2

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Г	Залізо загальне	530	300
	Кадмій	0,3	1
	Ртуть	0,2	0,5
	Селен	4	10
	Синтетичні поверхнево-активні речовини	810	500
	Тетрахлорвуглець	25	6
	Феноли леткі	100	250
	Ліндан	1,4	2

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Д	Залізо загальне	280	300
	Кадмій	0,7	1
	Ртуть	0,4	0,5
	Селен	43	10
	Синтетичні поверхнево-активні речовини	450	500
	Тетрахлорвуглець	2	6
	Феноли леткі	140	250
	Ліндан	3,5	2

Варіант №4

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
А	Барій	130	100
	Миш'як	55	50
	Молібден	345	250
	Фториди	1000	1500
	Бензапірен	0,001	0,005

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Б	Барій	75	100
	Миш'як	53	50
	Молібден	190	250
	Фториди	1000	1500
	Бензапірен	0,01	0,005

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
В	Барій	115	100
	Миш'як	34	50
	Молібден	285	250
	Фториди	1350	1500
	Бензапірен	0,004	0,005

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Г	Барій	69	100
	Миш'як	61	50
	Молібден	253	250
	Фториди	900	1500
	Бензапірен	0,008	0,005

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Д	Барій	190	100
	Миш'як	30	50
	Молібден	145	250
	Фториди	1505	1500
	Бензапірен	0,0054	0,005

Варіант №5

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
А	Молібден	265	250
	Нікель	190	100
	Свинець	35	30
	Хром (VI)	70	50
	Цинк	5060	5000
	Нафтопродукти (загальні)	85	100
	Тригалометани	35	200

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Б	Молібден	300	250
	Нікель	55	100
	Свинець	10	30
	Хром (VI)	25	50
	Цинк	1500	5000
	Нафтопродукти (загальні)	230	100
	Тригалометани	205	200

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
В	Молібден	251	250
	Нікель	105	100
	Свинець	45	30
	Хром (VI)	55	50
	Цинк	4600	5000
	Нафтопродукти (загальні)	105	100
	Тригалометани	210	200

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Г	Молібден	175	250
	Нікель	220	100
	Свинець	35	30
	Хром (VI)	60	50
	Цинк	1400	5000
	Нафтопродукти (загальні)	35	100
	Тригалометани	65	200

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Д	Молібден	140	250
	Нікель	65	100
	Свинець	65	30
	Хром (VI)	10	50
	Цинк	5010	5000
	Нафтопродукти (загальні)	15	100
	Тригалометани	310	200

Варіант №6

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
А	Берилій	0,05	0,2
	Кадмій	1,1	1
	Миш'як	85	50
	Хром (VI)	25	50
	Ціаніди	40	35
	Пестициди хлорганічні	3	2

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Б	Берилій	0,25	0,2
	Кадмій	0,8	1
	Миш'як	40	50
	Хром (VI)	56	50
	Ціаніди	40	35
	Пестициди хлорганічні	1,3	2

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
В	Берилій	0,31	0,2
	Кадмій	1,15	1
	Миш'як	20	50
	Хром (VI)	15	50
	Ціаніди	15	35
	Пестициди хлорганічні	2,95	2

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Г	Берилій	0,3	0,2
	Кадмій	1,75	1
	Миш'як	65	50
	Хром (VI)	60	50
	Ціаніди	10	35
	Пестициди хлорганічні	0,5	2

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Д	Берилій	0,5	0,2
	Кадмій	0,2	1
	Миш’як	30	50
	Хром (VI)	55	50
	Ціаніди	20	35
	Пестициди хлоорганічні	0,6	2

Варіант №7

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
А	Селен	14	10
	Фториди	1000	1200
	Бензапірен	0,0004	0,005
	Бензол	5	10
	Феноли леткі	310	250

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Б	Селен	8	10
	Фториди	1225	1200
	Бензапірен	0,003	0,005
	Бензол	15	10
	Феноли леткі	320	250

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
В	Селен	20	10
	Фториди	400	1200
	Бензапірен	0,008	0,005
	Бензол	11	10
	Феноли леткі	100	250

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Г	Селен	3	10
	Фториди	1400	1200
	Бензапірен	0,009	0,005
	Бензол	5	10
	Феноли леткі	170	250

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Д	Селен	2	10
	Фториди	200	1200
	Бензапірен	0,011	0,005
	Бензол	8	10
	Феноли леткі	256	250

Варіант №8

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
А	Миш'як	71	50
	Ртуть	1,23	0,5
	Цинк	3267	5000
	Бор	243	500
	Бензапірен	0,0002	0,005
	Тетрахлорвуглець	3,9	6
	Феноли леткі	354	250

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Б	Миш'як	53	50
	Ртуть	0,2	0,5
	Цинк	1569	5000
	Бор	562	500
	Бензапірен	9,0042	0,005
	Тетрахлорвуглець	6,8	6
	Феноли леткі	251	250

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
В	Миш'як	51	50
	Ртуть	0,7	0,5
	Цинк	5009	5000
	Бор	512	500
	Бензапірен	0,00003	0,005
	Тетрахлорвуглець	6,8	6
	Феноли леткі	262	250

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Г	Миш'як	68	50
	Ртуть	0,78	0,5
	Цинк	3299	5000
	Бор		500
	Бензапірен	0,0007	0,005
	Тетрахлорвуглець	5,1	6
	Феноли леткі	113	250

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Д	Миш’як	62	50
	Ртуть	0,1	0,5
	Цинк	5033	5000
	Бор	631	500
	Бензапірен	0,007	0,005
	Тетрахлорвуглець	7	6
	Феноли леткі	246	250

Варіант №9

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
А	Алюміній	531	500
	Кадмій	2	1
	Селен	3,8	10
	Бензол	7,1	10
	Пестициди хлоорганічні	2,8	2

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Б	Алюміній	231	500
	Кадмій	0,05	1
	Селен	6,34	10
	Бензол	15	10
	Пестициди хлоорганічні	4,5	2

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
В	Алюміній	198	500
	Кадмій	0,002	1
	Селен	23	10
	Бензол	4,33	10
	Пестициди хлоорганічні	3,22	2

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Г	Алюміній	613	500
	Кадмій	2	1
	Селен	2,67	10
	Бензол	12	10
	Пестициди хлоорганічні	1,17	2

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Д	Алюміній	149	500
	Кадмій	1,2	1
	Селен	1,15	10
	Бензол	18	10
	Пестициди хлоорганічні	3,75	2

Варіант №10

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
А	Фториди	988	1200-1500
	Ціаніди	40	35
	Нафтопродукти (загальні)	150	100
	Бензол	20	10
	Феноли леткі	255	250
	Тетрахлорвуглець	2,18	6

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Б	Фториди	1555	1200-1500
	Ціаніди	50	35
	Нафтопродукти (загальні)	35	100
	Бензол	4,5	10
	Феноли леткі	275	250
	Тетрахлорвуглець	2,8	6

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
В	Фториди	488	1200-1500
	Ціаніди	15	35
	Нафтопродукти (загальні)	550	100
	Бензол	1,99	10
	Феноли леткі	205	250
	Тетрахлорвуглець	3,8	6

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Г	Фториди	2050	1200-1500
	Ціаніди	70	35
	Нафтопродукти (загальні)	50	100
	Бензол	4,5	10
	Феноли леткі	155	250
	Тетрахлорвуглець	5,8	6

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Д	Фториди	1579	1200-1500
	Ціаніди	20	35
	Нафтопродукти (загальні)	234	100
	Бензол	6,2	10
	Феноли леткі	205	250
	Тетрахлорвуглець	9,1	6

Варіант №11

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
А	Марганець	105	100
	Мідь	367	1000
	Свинець	25	30
	Барій	125	100
	Залізо загальне	450	300
	Ртуть	0,08	0,5
	Бор	287	500
	Хром (VI)	72	50

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Б	Марганець	214	100
	Мідь	625	1000
	Свинець	15	30
	Барій	165	100
	Залізо загальне	530	300
	Ртуть	0,2	0,5
	Бор	700	500
	Хром (VI)	45	50

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
В	Марганець	49	100
	Мідь	569	1000
	Свинець	75	30
	Барій	35	100
	Залізо загальне	165	300
	Ртуть	0,95	0,5
	Бор	875	500
	Хром (VI)	15	50

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Г	Марганець	75	100
	Мідь	675	1000
	Свинець	85	30
	Барій	40	100
	Залізо загальне	811	300
	Ртуть	0,85	0,5
	Бор	411	500
	Хром (VI)	12	50

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Д	Марганець	342	100
	Мідь	287	1000
	Свинець	33	30
	Барій	29	100
	Залізо загальне	933	300
	Ртуть	0,03	0,5
	Бор	328	500
	Хром (VI)	48	50

Варіант №12

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
А	Залізо загальне	634	300
	Молібден	411	250
	Цинк	5010	5000
	Ціаніди	10	35
	Синтетичні поверхнево-активні речовини	125	500
	Тригалометани	202	200
	Феноли леткі	275	250

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Б	Залізо загальне	179	300
	Молібден	205	250
	Цинк	5050	5000
	Ціаніди	55	35
	Синтетичні поверхнево-активні речовини	613	500
	Тригалометани	95	200
	Феноли леткі	230	250

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
В	Залізо загальне	305	300
	Молібден	302	250
	Цинк	5105	5000
	Ціаніди	32	35
	Синтетичні поверхнево-активні речовини	530	500
	Тригалометани	245	200
	Феноли леткі	290	250

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Г	Залізо загальне	350	300
	Молібден	501	250
	Цинк	5065	5000
	Ціаніди	19	35
	Синтетичні поверхнево-активні речовини	321	500
	Тригалометани	109	200
	Феноли леткі	205	250

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Д	Залізо загальне	495	300
	Молібден	235	250
	Цинк	2356	5000
	Ціаніди	27	35
	Синтетичні поверхнево-активні речовини	704	500
	Тригалометани	95	200
	Феноли леткі	355	250

Варіант №13

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
А	Берилій	0,1	0,2
	Кадмій	1,85	1
	Миш'як	38	50
	Хром (VI)	14	50
	Синтетичні поверхнево-активні речовини	508	500

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Б	Берилій	0,04	0,2
	Кадмій	0,3	1
	Миш'як	57	50
	Хром (VI)	65	50
	Синтетичні поверхнево-активні речовини	875	500

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
В	Берилій	0,45	0,2
	Кадмій	1,3	1
	Миш'як	37	50
	Хром (VI)	62	50
	Синтетичні поверхнево-активні речовини	439	500

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Г	Берилій	0,07	0,2
	Кадмій	0,66	1
	Миш'як	38	50
	Хром (VI)	91	50
	Синтетичні поверхнево-активні речовини	653	500

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Д	Берилій	0,34	0,2
	Кадмій	0,82	1
	Миш’як	53	50
	Хром (VI)	41	50
	Синтетичні поверхнево-активні речовини	411	500

Варіант №14

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
А	Бензапірен	0,02	0,009
	Нафтопродукти (загальні)	74	100
	Феноли леткі	311	250
	Свинець	33	30
	Броміди	168	200
	Цинк	5210	5000

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Б	Бензапірен	0,0002	0,009
	Нафтопродукти (загальні)	72	100
	Феноли леткі	185	250
	Свинець	33	30
	Броміди	356	200
	Цинк	5090	5000

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
В	Бензапірен	0,0004	0,009
	Нафтопродукти (загальні)	194	100
	Феноли леткі	411	250
	Свинець	15	30
	Броміди	182	200
	Цинк	5210	5000

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Г	Бензапірен	0,015	0,009
	Нафтопродукти (загальні)	115	100
	Феноли леткі	263	250
	Свинець	11	30
	Броміди	321	200
	Цинк	3765	5000

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Д	Бензапірен	0,01	0,009
	Нафтопродукти (загальні)	48	100
	Феноли леткі	207	250
	Свинець	28	30
	Броміди	401	200
	Цинк	2559	5000

Варіант №15

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
А	Барій	163	100
	Бор	644	500
	Кадмій	0,33	1
	Миш'як	39	50
	Мідь	1302	1000
	Селен	8,2	10
	Ціаніди	28	35
	Пестициди хлоорганічні	1,44	2
	Тетрахлорвуглець	11,1	6

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Б	Барій	165	100
	Бор	412	500
	Кадмій	0,27	1
	Миш'як	22	50
	Мідь	1406	1000
	Селен	13	10
	Ціаніди	37	35
	Пестициди хлоорганічні	5,2	2
	Тетрахлорвуглець	1,7	6

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
В	Барій	111	100
	Бор	631	500
	Кадмій	1,23	1
	Миш'як	15	50
	Мідь	1457	1000
	Селен	19	10
	Ціаніди	36	35
	Пестициди хлоорганічні	1,55	2
	Тетрахлорвуглець	2,34	6

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Г	Барій	119	100
	Бор	321	500
	Кадмій	1,82	1
	Миш’як	76	50
	Мідь	1009	1000
	Селен	3,5	10
	Ціаніди	27,1	35
	Пестициди хлоорганічні	2,9	2
	Тетрахлорвуглець	10,5	6

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Д	Барій	72	100
	Бор	701	500
	Кадмій	1,31	1
	Миш’як	15	50
	Мідь	465	1000
	Селен	4,3	10
	Ціаніди	27,2	35
	Пестициди хлоорганічні	3,2	2
	Тетрахлорвуглець	7,5	6

Варіант №16

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
А	Бор	541	500
	Хром (VI)	77	50
	Мідь	1410	1000
	Молібден	255	250
	Свинець	12	30
	Тригалометани	132	200
	Ліндан	3,1	2

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Б	Бор	755	500
	Хром (VI)	35	50
	Мідь	653	1000
	Молібден	180	250
	Свинець	15	30
	Тригалометани	711	200
	Ліндан	2,5	2

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
В	Бор	505	500
	Хром (VI)	71	50
	Мідь	1050	1000
	Молібден	300	250
	Свинець	32	30
	Тригалометани	215	200
	Ліндан	0,5	2

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Г	Бор	322	500
	Хром (VI)	112	50
	Мідь	265	1000
	Молібден	544	250
	Свинець	25	30
	Тригалометани	115	200
	Ліндан	4,2	2

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Д	Бор	401	500
	Хром (VI)	35	50
	Мідь	365	1000
	Молібден	705	250
	Свинець	10	30
	Тригалометани	205	200
	Ліндан	3,1	2

Варіант №17

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
А	Алюміній	1100	500
	Берилій	0,02	0,2
	Залізо загальне	121	300
	Нафтопродукти (загальні)	85	100
	Пестициди хлорорганічні	5,1	2

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Б	Алюміній	407	500
	Берилій	0,32	0,2
	Залізо загальне	234	300
	Нафтопродукти (загальні)	167	100
	Пестициди хлорорганічні	2,5	2

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
В	Алюміній	345	500
	Берилій	0,32	0,2
	Залізо загальне	345	300
	Нафтопродукти (загальні)	215	100
	Пестициди хлорорганічні	1,2	2

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Г	Алюміній	300	500
	Берилій	0,01	0,2
	Залізо загальне	85	300
	Нафтопродукти (загальні)	311	100
	Пестициди хлорорганічні	2,1	2

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Д	Алюміній	701	500
	Берилій	0,32	0,2
	Залізо загальне	222	300
	Нафтопродукти (загальні)	25	100
	Пестициди хлоорганічні	1,12	2

Варіант №18

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
А	Кадмій	1,3	1
	Ртуть	0,8	0,5
	Селен	12	10
	Ціаніди	30	35
	Пестициди хлоорганічні	1,7	2
	Синтетичні поверхнево-активні речовини	644	500

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Б	Кадмій	0,005	1
	Ртуть	0,65	0,5
	Селен	8	10
	Ціаніди	52	35
	Пестициди хлоорганічні	2,8	2
	Синтетичні поверхнево-активні речовини	426	500

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
В	Кадмій	0,65	1
	Ртуть	0,005	0,5
	Селен	1,25	10
	Ціаніди	27	35
	Пестициди хлоорганічні	3,3	2
	Синтетичні поверхнево-активні речовини	355	500

Г	Кадмій	0,06	1
	Ртуть	0,07	0,5
	Селен	5,3	10
	Ціаніди	55	35
	Пестициди хлоорганічні	1,3	2
	Синтетичні поверхнево-активні речовини	624	500

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Д	Кадмій	1,1	1
	Ртуть	0,78	0,5
	Селен	2,8	10
	Ціаніди	26	35
	Пестициди хлоорганічні	1,4	2
	Синтетичні поверхнево-активні речовини	811	500

Варіант №19

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
А	Цинк	4333	5000
	Ціаніди	29	35
	Кадмій	0,2	1
	Ртуть	0,78	0,5
	Селен	2,55	10
	Пестициди хлорорганічні	0,65	2
	Синтетичні поверхнево-активні речовини	832	500
	Тетрахлорвуглець	9,4	6
	Ліндан	5,22	2

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Б	Цинк	4221	5000
	Ціаніди	36	35
	Кадмій	1,05	1
	Ртуть	0,005	0,5
	Селен	4,33	10
	Пестициди хлорорганічні	2,9	2
	Синтетичні поверхнево-активні речовини	525	500
	Тетрахлорвуглець	7,3	6
	Ліндан	1,11	2

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
В	Цинк	8544	5000
	Ціаніди	20	35
	Кадмій	0,003	1
	Ртуть	0,95	0,5
	Селен	2,4	10
	Пестициди хлорорганічні	0,55	2
	Синтетичні поверхнево-активні речовини	85	500
	Тетрахлорвуглець	0,25	6
	Ліндан	0,005	2

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Г	Цинк	5010	5000
	Ціаніди	40	35
	Кадмій	0,0043	1
	Ртуть	0,001	0,5
	Селен	1,5	10
	Пестициди хлоорганічні	3,2	2
	Синтетичні поверхнево-активні речовини	520	500
	Тетрахлорвуглець	6,05	6
	Ліндан	3,3	2

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Д	Цинк	4379	5000
	Ціаніди	53	35
	Кадмій	0,66	1
	Ртуть	0,3	0,5
	Селен	13	10
	Пестициди хлоорганічні	5,1	2
	Синтетичні поверхнево-активні речовини	503	500
	Тетрахлорвуглець	5,4	6
	Ліндан	0,09	2

Варіант №20

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
А	Фториди	950	1500
	Бензапірен	0,008	0,005
	Кадмій	1,15	1
	Свинець	10	30
	Броміди	235	200
	Бензол	12	10

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Б	Фториди	1020	1500
	Бензапірен	0,0005	0,005
	Кадмій	1,5	1
	Свинець	71	30
	Броміди	301	200
	Бензол	7,5	10

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
В	Фториди	2150	1500
	Бензапірен	0,0007	0,005
	Кадмій	0,59	1
	Свинець	9	30
	Броміди	397	200
	Бензол	7,5	10

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм3	ГДК, мкг/дм3
Г	Фториди	988	1500
	Бензапірен	0,0001	0,005
	Кадмій	0,2	1
	Свинець	55	30
	Броміди	195	200
	Бензол	16	10

Назва водного обєкта:	Забруднююча речовини	Концентрація, мкг/дм^3	ГДК, мкг/дм^3
Д	Фториди	550	1500
	Бензапірен	0,01	0,005
	Кадмій	0,25	1
	Свинець	10	30
	Броміди	288	200
	Бензол	21	10

Варіанти для завдання 2

Розрахунок збитків від скидання сировини і речовин у чистому вигляді у водне середовище та збитки внаслідок забруднення підземних вод нафтопродуктами

Параметр / Варіант	Маса ксинутоъ забруд-і реч (М) Кг	ГДК	врах катег. Вод.обєкта	Пит.вел. збитків завд. НС. В частках НМД Уп	Коеф.,що врах прир. Захищені ст підзем. Вод. (L)	Площа забруднення (F)	потужність забруднення ї частини водонос.г	пористість водонасиченої товщі (n)
1	Алюминій оксихлорид 103	1,5	2	Волинська обл 0,0009	для міжпластових напірних 1,6	500	10	0,19
2	Ацетилацетонат заліза 53	2	1,4	Дніпропетровська обл 0,0051	для міжпластових 1,3	379	16	0,24
3	Ацетон 34	2,2	1	Житомирська обл 0,0047	для грунтових 1	652	16	0,26
4	Бензин 464	0,1	1,6	Закарпатська обл 0,0024	для міжпластових 1,3	109	11	0,1
5	Бензол 282	0,5	1,4	Запорізька обл 0,0036	для міжпластових напірних 1,6	97	7	0,15
6	Бромтолуїн 94	0,05	1	Івано-Франківська обл 0,0051	для грунтових 1	54	14	0,1

7	Гексахромбензон 41	0,05	2	Київська обл 0,0006	для грунтових 1	27	10	0,3
8	Диметилдисульфід 51	0,04	1,4	Кіровоградська обл 0,0069	для міжпластових 1,3	113	12	0,08
9	Ізопропилбензон 14	0,10	1,6	Львівська обл 0,0007	для міжпластових напірних 1,6	62	8	0,15
10	Ксилол 16	0,05	1	Миколаївська обл 0,0043	для грунтових 1	154	5	0,15
11	Бромтолуїн 53	0,05	2	Волинська обл 0,0009	для грунтових 1	402	9	0,08
12	Ацетилацетонат заліза 103	2	1,4	Закарпатська обл 0,0024	для міжпластових напірних 1,6	211	15	0,24
13	Бензин 378	0,1	1,6	Івано-Франківська обл 0,0051	для міжпластових 1,3	300	8	0,15
14	Диметилдисульфід 36	0,04	1	Київська обл 0,0006	для міжпластових напірних 1,6	111	13	0,19
15	Ксилол 20	0,05	1,6	Дніпропетровська обл 0,0051	для грунтових 1	47	12	0,26

16	Алюміній оксихлорид 91	1,5	1,4	Запорізька обл 0,0036	для міжпластових 1,3	403	16	0,3
17	Ізопропилбензон 23	0,10	1,4	Львівська обл 0,0007	для міжпластових 1,3	100	11	0,15
18	Бензол 377	0,5	2	Житомирська обл 0,0047	для міжпластових напірних 1,6	76	9	0,3
19	Ацетон 24	2,2	1,6	Миколаївська обл 0,0043	для міжпластових напірних 1,6	493	20	0,1
20	Гексахромбензон 52	0,05	1,4	Кіровоградська обл 0,0069	для міжпластових 1,3	69	14	0,07

Використана література:

- Водний кодекс України : Закон України від 6 червня 1995 року, № 213/95-ВР Електронний ресурс / Верховна Рада України. – Остання редакція від 27.07.2013. – Режим доступу: http://zakon4.rada.gov.ua/laws/ show/213/95-%D0%B2%D1%80
- Кофанов В. І., Огняник М. С. (2008) Нормативно-методичне забезпечення визначення якості води при оцінці впливу на навколишнє середовище. Екологія довкілля та безпека життєдіяльності, №4, 15–23
- Методика екологічої оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. (2012). Міністерство екології та природнії ресурсів України.
- Мітрясова О. П., Селіванова А. М. (2014) Оцінка екологічного стану поверхневих водних ресурсів Миколаївської області. Наукові праці. Екологія, 232 (220), 92–96
- Юрасов С.М., Кур'янова С.О., Юрасов М.С. (2009) Комплексна оцінка якості вод за різними методиками та шляхи її вдосконалення Український гідрометеорологічний журнал, №5, 42–53
- Amato, D.W.; Bishop, J.M.; Glenn, C.R.; Dulai, H., and Smith, C.M., 2016. Impact of submarine groundwater discharge on marine water quality and reef biota of Maui. *Public Library of Science One*, 11(11), e0165825
- Araghinejad S (2014) Data-driven modeling: using MATLAB in water resources and environmental engineering. Springer, New York
- Aryafar A, Yousefi S, Doulati Ardejani F (2013) The weight of interaction of mining activities: groundwater in environmental impact assessment using fuzzy analytical hierarchy process (FAHP). Environ Earth Sci 68(8):2313–2324
- Backman B, Bodisˇ D, Lahermo P, Rapant S, Tarvainen T (1998) Application of a groundwater contamination index in Finland and Slovakia. Environ Geol 36(1–2):55–64
- Boyacioglu H (2007) Development of a water quality index based on a European classification scheme. Water SA 33:101–106
- Cashmore, M.; Bond, A., and Cobb, D., 2008. The role and functioning of environmental assessment: Theoretical reflections upon an empirical investigation of causation. *Journal of Environmental Management*, 88(4), 1233-1248
- Chu, P.C.; Margolina, T.; Rodriguez, D.; Fan, C., and Ivanov, L.M., 2018. Spatial and temporal variability of the California Current identified from the synoptic monthly gridded World Ocean Database (WOD). *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 151, 37-48
- European Commission (EC). Groundwater Protection in Europe; European Commission: Brussels, Belgium, 2008; p. 35.
- Firat M, Turan ME, Yurdusev MA (2009) Comparative analysis of fuzzy inference systems for water consumption time series prediction. J Hydrol 374:235–241
- Gogu, R.C.; Dassargues, A. Current trends and future challenges in groundwater vulnerability assessment using overlay and index methods. Environ. Geol. 2000, 39, 549–559. [CrossRef]
- Hosseini-Moghari S-M., Kumars E., Azarnivand A. (2015) Groundwater quality assessment with respect to fuzzy water quality index (FWQI): an application of expert systems in environmental monitoring. Environ Earth Sci 74,7229-7238 DOI 10.1007/s12665-015-4703-1
- Ielpo, P.; Cassano, D.; Lopez, A.; Pappagallo, G.; Uricchio, V.F.; De Napoli, P.A. Source apportionment of groundwater pollutants in Apulian agricultural sites using multivariate statistical analyses: Case study of Foggia province. Chem. Cent. J. 2012, 6, S5. [CrossRef] [PubMed]
- Johari, A. and Akhir, M.F., 2019. Exploring thermocline and water masses variability in southern South China Sea from the World Ocean Database (WOD). *Acta Oceanologica Sinica*, 38(1), 38-47
- Middelboe AL, Markager S (2003) Depth limits and minimum light requirements of freshwater macrophytes. Freshwat Biol 37: 553–568

- Milovanovic M (2007) Water quality assessment and determination of pollution sources along the Axios/Vardar River, South-eastern Europe. Desalination 213(1):159–173
- Nilsson C, Renofalt BM (2008) Linking flow regime and water quality in rivers: a challenge to adaptive catchment management. Ecol Soc 13: 18.
- Palmer C, Rossouw N, Muller W, Scherman P (2007) The development of water quality methods within ecological Reserve assessments, and links to environmental flows. Water SA 31: 161–170
- Poff NLR, Allan JD, Bain MB, Karr JR, Prestegaard KL, et al. (1997) The natural flow regime. Bioscience 47: 769–784.
- Rizwan R, Gurdeep S (2010) Assessment of ground water quality status by using water quality index method in Orissa, India. World Appl Sci J 9(12):1392–1397
- Sadat-Noori SM, Ebrahimi K, Liaghat AM (2013) Groundwater quality assessment using the water quality index and GIS in Saveh-Nobaran aquifer, Iran. Environ Earth Sci 71(9): 3827–3843
- Saeedi M, Abessi O, Sharifi F, Meraji H (2010) Development of groundwater quality index. Environ Monit Assess 163(1–4): 327–335
- Said A, Stevens D, Selke G (2004) An innovative index for evaluating water quality in streams. Environ Manage 34:406–414
- Seidov, D.; Mishonov, A.; Reagan, J., and Parsons, R., 2019. Eddy-resolving *in situ* ocean climatologies of temperature and salinity in the Northwest Atlantic Ocean. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 124(1), 41-58
- Wang K-H, Altunkaynak A (2012) a comparative case study of rainfall-runoff modeling between SWMM and FUZZY logic approach. J Hydrol Eng 17(2):283–291
- Wu, J.; Li, P.; Qian, H. Study on the hydrogeochemistry and noncarcinogenic health risk induced by fluoride in Pengyang County, China. Int. J. Environ. Sci. 2012, 2, 1127–1134

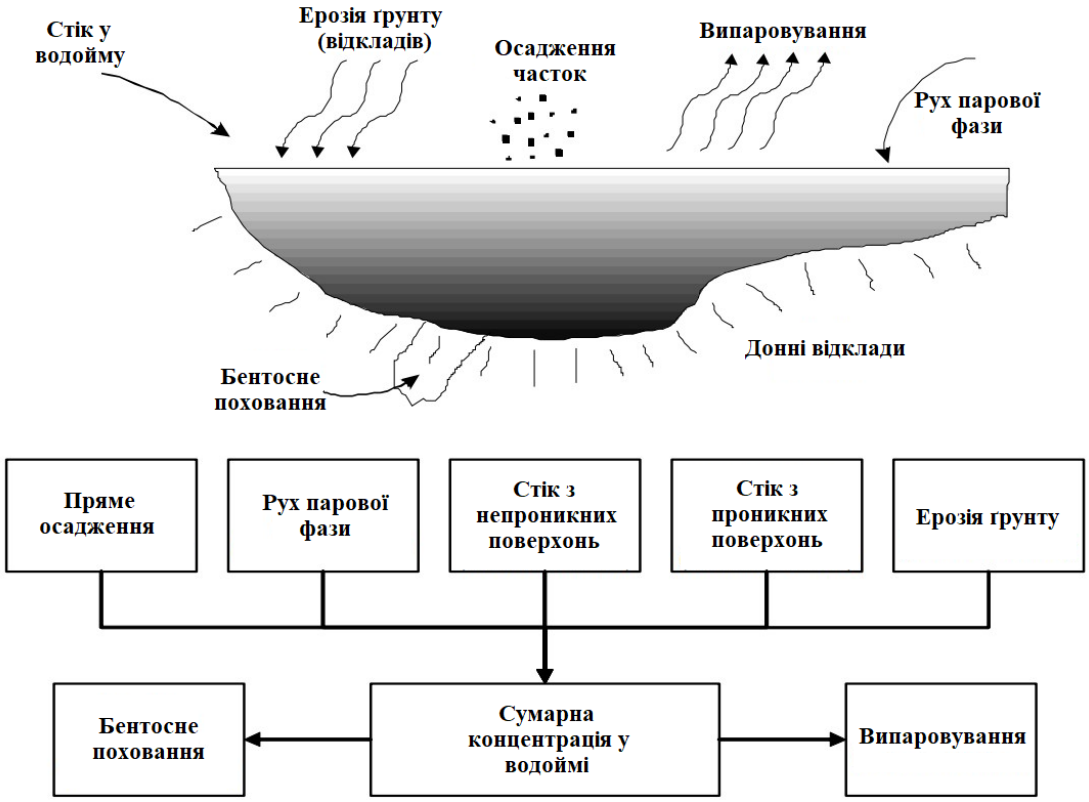
8. Визначення загального навантаження, що створюється потенційно небезпечною речовиною на водний об’єкт

В рамках проведення оцінки ризику водного середовища на окремо узятій території рекомендується проведення розрахунку концентрації небезпечної забруднюючої речовини у поверхневих водах для всіх наявних водних об’єктів. Зокрема, тих які розглядаються як потенційні джерела питної води.

До переліку механізмів, що застосовуються при визначенні навантаження, яке створюється потенційно небезпечною речовиною на водний об’єкт включають:

- нагляд за прямим осадженням забрудника у водоймі;
- контроль за стоком з непроникних та проникних поверхонь у межах вододілу;
- моніторинг ерозійних процесів у ґрунті по площі усього вододілу;
- відслідковування прямої дифузії парової фази забрудника із поверхневими водами.

Використання інших механізмів вважається за доцільне у випадку наявності додаткових специфічних умов (наприклад, коли значний вплив на оцінку справляють припливні процеси). Але зазвичай припускається, що суттєва частка цих додаткових механізмів є незначною.



Малюнок 8.1 Навантаження, що створюється потенційно небезпечною речовиною на водний об’єкт (US EPA Document Estimating Media Concentrations)

Загальна концентрація будь-якого забруднюючого компоненту розподіляється між осадженнями та товщею води. Цей розподіл в першу чергу залежить від самого забрудника.

У багатьох країнах світу протоколи оцінки ризику для здоров’я людини використовують універсальне рівняння втрат ґрунту (USLE) та коефіцієнт транспортування (доставки) відкладень для оцінки швидкості ерозії ґрунту в межах вододілу.

В даній роботі розглядається методика оцінки концентрації забрудника поверхневих вод, яка базується на врахуванні масового балансу осаду, де кількість похованих осаджень дорівнює різниці між кількістю ґрунту, що надійшов у водойму внаслідок ерозії, та

кількістю зважених твердих часток, втрачених нижче за течією. У результаті припускається, що відклади не накопичуються у водоймі з часом, і підтримується своєрідна рівновага між поверхневим шаром відкладень і товщою води. Загальна концентрація забруднюючої речовини у водній колоні є сумою концентрації забрудника, розчиненого у воді, і його ж концентрації, пов'язаної зі зваженими речовинами.

Описувана методика представляє собою просту стаціонарну модель, що доцільно застосовувати відносно водної товщі, яка знаходиться в рівновазі з верхнім шаром осаду. За таких умов динамічний обмін забрудника між водоймою та відкладеннями після змін у зовнішніх навантаженнях не розглядається.

За потреби проведення оцінки складних водних об'єктів або розгляду короткострокових сценаріїв навантаження, можливе застосування динамічного моделювання. Наприклад за допомогою:

- програми моделювання якості води (*WASP*) фбо
- системи моделювання аналізу впливів (*EXAMS*), що дозволяє виконувати обчислення для кожного визначеного сегменту водойми або потоку. Ці сегменти вважаються фізично однорідними і з'єднані за допомогою адвективних і дисперсійних потоків. Водночас, такий поділ дає можливість визначити місцерозташування рецепторів, специфічних для певних частин водного об'єкта, де оцінка впливу представляє найбільший інтерес.

Адвекція – перенесення повітря та його властивостей (температура, вологість) в горизонтальному напрямку, на противагу конвекції (вертикальному переносу). Адвекція холодних і теплих, сухих і вологих повітряних мас грає важливу роль в метеорологічних процесах, вона важливий погодоутворюючий чинник. Атмосферні явища, що виникають внаслідок адвекції, називають адвективними (адвективні тумани, грози, приморозки та інше).

Вибір між застосуванням системи динамічного моделювання або імітаційної моделі для оцінки водних об'єктів робиться відштовхуючись від відповідей на наступні запитання:

- Чи дасть комплексне моделювання поверхневих вод кращі результати порівняно з використанням більш спрощених методик із застосуванням рівнянь усталеного типу?
- Чи є виправданим залучення визначеного обсягу ресурсів, для проведення більш складного моделювання в результаті якого отримуються більш точні результати?
- Чи використовувалася дана модель раніше для врегулювання аналогічних проблем? Та чи є в наявності документація, що підтверджує її ефективність?
- Чи можливо за допомогою моделі виконувати як стаціонарний так і динамічний аналіз?
- Чи вимагає модель калібрування з польовими даними, і якщо так, чи є достатня кількість та якість даних відносно конкретної території для виконання цього калібрування?

З метою розрахунку загального навантаження, що створюється потенційно небезпечною речовиною на водний об'єкт рекомендовано застосування рівняння 8.1:

$$\mathbf{L_T = L_{dep} + L_{dif} + L_{ri} + L_r + L_e + L_I} \qquad (8.1)$$

де $\mathbf{L_T}$ – загальне навантаження на водний об'єкт, г/рік;

$\mathbf{L_{dep}}$ – сумарна (волога, суха, пара) фаза часток небезпечної речовини, що осаджується у водний об'єкт, г/рік;

$\mathbf{L_{dif}}$ – дифузійне навантаження парової фази небезпечної речовини на водний об'єкт, г/рік;

$\mathbf{L_{ri}}$ – навантаження, що створюється стоком з непроникних поверхонь, г/рік;

$\mathbf{L_r}$ – навантаження, що створюється стоком з інших поверхонь, г/рік;

$\mathbf{L_e}$ – ерозійне навантаження грунту, г/рік.

Через обмеженість даних і невизначеність, пов'язану з хімічною або біологічною внутрішньою трансформацією сполук у продукти розпаду ($\mathbf{L_I}$), дане значення за замовчуванням приймається за нульове.

$$L_{dep} = Q \times \left(F_v \times D_{ywbwv} + \left(1 - F_v\right) \times D_{ywbtp} \right) \times WA_w \qquad (8.2)$$

де Q – швидкість викиду (скиду) потенційно небезпечної речовини на водний об'єкт, г/с;
F_v – частка повітря в паровій фазі небезпечної речовини (безрозмірне);
D_{ywbwv} – нормоване середньорічне вологе осадження з парової фази, с/м^2 за рік;
D_{ywbtp} – нормоване середньорічне загальне (вологе й сухе) осадження з твердої фази часток, с/м^2 за рік;
WA_w – площа поверхні водного об'єкта, м^2.

$$L_{dif} = \frac{K_v \times Q \times F_v \times C_{ywbv} \times WA_w \times 10^{-6}}{\frac{H}{R_{gc} \times T_w}} \qquad (8.3)$$

де K_v – загальна швидкість переміщення небезпечної речовини, м/рік;
C_{ywbv} – нормована середньорічна концентрація парової фази у повітрі водного об'єкта, мкг-с/г-м^3;
H – константа закону Генрі, атм-м^3/моль;
R_{gc} – універсальна газова константа, атм-м^3/моль-К;
T_w – температура водного об'єкта.

$$L_{ri} = Q \times \left(F_v \times D_{ywswv} + \left(1 - F_v\right) \times D_{ywstp} \right) \times WA_i \qquad (8.4)$$

де D_{ywswv} – нормалізоване середньорічне вологе осадження з парової фази по вододілу, с/м^2 за рік;
D_{ywstp} – нормалізоване середньорічне загальне (вологе та сухе) осадження з фази частинок по вододілу, с/м^2 за рік;
WA_i – водонепроникна зона водозбору, на якій осаджується небезпечна забруднююча речовина, м^2.

$$L_r = R_{an} \times \left(WA_L - WA_i \right) \times \frac{Sc \times BD}{\theta_s + Kd_s \times BD} \times 0{,}01 \qquad (8.5)$$

де R_{an} – середньорічний поверхневий стік, см/рік;
WA_L – загальна площа водозбору, на якій осаджується небезпечна забруднююча речовина,м^2;
S_c – концентрація забруднюючої речовини у ґрунтах вододілу, мг/кг;
BD – об'ємна щільність ґрунту, г/см^3;
θ_s – об'ємна вологість ґрунту, см^3/см^3;
Kd_s – коефіцієнт розподілу грунт-вода, л/кг.

$$Kd_s = f_{oc} \times K_{oc} \qquad (8.6)$$

де f_{oc} – фракція органічного вуглецю в ґрунті;
K_{oc} – коефіцієнт розподілу органічного вуглецю, мл/г.

$$L_e = X_e \times \left(WA_L - WA_i \right) \times SD \times ER \times \left(\frac{Sc \times Kd_s \times BD}{\theta_s + Kd_s \times BD} \right) \times 0{,}001 \qquad (8.7)$$

де ER – коефіцієнт збагачення грунту
SD – коефіцієнт доставки наносів вододілу

$$SD = a \times \left(WA_L\right)^{-b} \tag{8.8}$$

a – емпіричний коефіцієнт перехоплення;
b – емпіричний коефіцієнт ухилу.

$$X_e = RF \times K \times LS \times C \times P \times \frac{907{,}18}{4047} \tag{8.9}$$

X_e – одиниця втрати ґрунту, кг/м^2 за рік
RF – коефіцієнт кількості опадів;
K – коефіцієнт розмивання;
LS – коефіцієнт довжини схилу;
C – коефіцієнт управління поверхневим шаром грунту;
P – допоміжний практичний фактор.

<u>Завдання:</u> *Відповідно до вказаного варіанту розрахувати загальне навантаження на два окремих водних об'єкти – ставок та річку. Занести отримані результати у відповідну таблицю (табл.1).*

Таблиця 1

Ldep		Ldif		Lri		Kds	Lr		SD		Xe		Le		Lt	
г/рік		г/рік		г/рік		л/кг	г/рік				кг/м^2 за рік		г/рік		г/рік	

Приклад виконання завдання:

Параметр	*Од.вимір*	Спільна задача
Q	г/с	1,47E-08
Fv		0,3
Dywbwv	с/м2 за рік	0,00862
		0,000734
Dywbtp	с/м2 за рік	0,055329
		0,00204
WAw	м2	2023,5
		2087317,44
Kv	м/рік	98,6
		10,46
Cywbv	µg-s/g за m3	0,194537
		0,016494
H	м2	0,0000062
Rgc	тм-м3/моль-1	0,00008205

Параметр	*Од.вимір*	Спільна задача
Tw	K	298
Dywswv	с/м2 за рік	0,00862
		0,00028
Dywstp	с/м2 за рік	0,055329
		0,000952
WAi	м2	161,88
		40430720
Ran	см/рік	7,6
Wal	м2	4047
		1010768000
Sc	мг/кг	1,158E-07
		1,135E-08
BD	г/см3	1,5
θs	см3/см3	0,216

Параметр	*Од.вимір*	Спільна задача
foc		0,006
Koc	мл/г	5100000
a		2,1
		0,6
b		0,125
RF		250
K	т/акр	0,29
		0,34
LS		1,45
		0,3276
C		0,08
		0,0757
P		1
		0,5398
ER		3

Ldep		Ldif		Lri		Kds	Lr		SD		Xe		Le		Lt	
г/рік		г/рік		г/рік		л/кг	г/рік				кг/м2 за рік		г/рік		г/рік	
1,23E-06	0,000051	6,75E-07	6,26E-06	9,83E-08	4,46E-04	30600	1,12E-09	2,74E-05	0,7436	0,0449	1,885	0,255	1,89E-06	3,79E-04	3,90E-06	0,00091

Практична робота №8
Визначення загального навантаження, що створюється потенційно небезпечною речовиною на водний об’єкт

Параметр	*Од.вимір*	Варіант №1	Варіант №2	Варіант №3	Варіант №4	Варіант №5	Варіант №6	Варіант №7	Варіант №8	Варіант №9	Варіант №10	Варіант №11	Варіант №12	Варіант №13	Варіант №14	Варіант №15	Варіант №16	Варіант №17	Варіант №18	Варіант №19	Варіант №20
Q	г/с	2,54E-07	3,17E-07	6,32E-08	9,03E-06	8,77E-08	4,34E-07	5,5E-08	0,00000167	0,0000089	9,54E-08	0,0000885	3,89E-07	2,53E-08	0,000699	8,76E-08	5,2E-08	0,0000672	5,54E-08	0,0000877	6,63E-08
Fv		0,25	0,33	0,4	0,28	0,39	0,41	0,35	0,29	0,44	0,32	0,41	0,3	0,26	0,31	0,43	0,27	0,25	0,4	0,37	0,31
Dywbwv	с/м2 за рік	0,00734	0,00801	0,00298	0,00658	0,00349	0,00885	0,00599	0,00723	0,00831	0,00359	0,00693	0,00785	0,00827	0,00632	0,00788	0,00845	0,00694	0,00841	0,00705	0,00587
		0,000549	0,000699	0,000711	0,000658	0,000586	0,000559	0,000873	0,000547	0,000735	0,000677	0,000822	0,0007	0,000677	0,000739	0,00084	0,000668	0,000748	0,000793	0,000678	0,000741
Dywbtp	с/м2 за рік	0,050211	0,051876	0,058218	0,048552	0,050799	0,049617	0,047955	0,050945	0,047633	0,050751	0,047006	0,051194	0,048759	0,05193	0,054635	0,048655	0,053977	0,052859	0,047558	0,054722
		0,00198	0,00232	0,00301	0,00189	0,00267	0,00347	0,00189	0,00236	0,00201	0,00344	0,00193	0,00272	0,00327	0,00275	0,00177	0,00255	0,00351	0,00223	0,00192	0,0033
WAw	м2	2034,1	2044,25	2005,2	281,1	1999,5	2015,8	2020	2041,1	2000,6	2039,8	1995,3	2008,25	2041,2	2036,6	2030	2025,8	2011,9	1996,4	2003,4	2012
		2116522,1	2013925,4	1998144,5	2009157,5	1983059,81	2710043,3	2723865,5	1993655,72	2042566,9	2205277,95	1984410,55	2478210,11	2309415,1	1895632,21	2338155,95	1992273,73	2523385,44	2131944,39	2502153,92	1982978,16
Kv	м/рік	91,1	95,4	90,05	99,3	93,2	89,9	97,6	88,85	97,7	89,35	90,8	98,5	87,9	96,7	92,3	89,4	99,2	100,05	97,7	89,2
		13,13	9,3	11,65	15,9	12,4	10,39	13,47	8,9	14,33	16,36	10,14	15,83	9,95	12,09	17,44	13,27	8,88	18,52	11,29	15,2
Cywbv	µg-s/g за m3	0,155873	0,188721	0,15955	0,183494	0,198119	0,174008	0,190396	0,197491	0,182944	0,18511	0,190002	0,162534	0,171883	0,16003	0,192032	0,173584	0,169433	0,1804	0,160003	0,182233
		0,021655	0,018581	0,020497	0,017663	0,022885	0,016004	0,019766	0,021811	0,015711	0,021948	0,018433	0,0151	0,020062	0,024501	0,017119	0,022449	0,014989	0,019775	0,018799	0,024006
H	м2	0,0000062	0,0000062	0,0000062	0,0000062	0,0000062	0,0000062	0,0000062	0,0000062	0,0000062	0,0000062	0,0000062	0,0000062	0,0000062	0,0000062	0,0000062	0,0000062	0,0000062	0,0000062	0,0000062	0,0000062
Rgc	атм-м3/моль-К	8,205E-05	8,205E-05	8,205E-05	8,205E-05	0,00008205	8,205E-05	8,205E-05	0,00008205	8,205E-05	0,00008205	0,00008205	0,00008205	0,00008205	0,00008205	0,00008205	0,00008205	0,00008205	0,00008205	0,00008205	0,00008205
Tw	K	290	300	276	284	290	283	275	297	285	274	301	293	305	279	296	283	294	303	280	299
Dywswv	с/м2 за рік	0,00798	0,00803	0,00813	0,00788	0,0095	0,00838	0,00699	0,00731	0,00825	0,00902	0,00794	0,00817	0,00896	0,00737	0,00892	0,00779	0,00856	0,0091	0,00804	0,00739
		0,00041	0,00021	0,00032	0,00039	0,00029	0,0004	0,0003	0,00043	0,00025	0,00036	0,00043	0,00033	0,00038	0,00044	0,00038	0,00027	0,00038	0,00046	0,00027	0,00034
Dywstp	с/м2 за рік	0,050663	0,048994	0,053738	0,052493	0,054711	0,053558	0,048651	0,056226	0,049885	0,047332	0,052774	0,051229	0,049233	0,047101	0,05299	0,050011	0,047833	0,049115	0,051071	0,052414
		0,000878	0,000901	0,000892	0,000942	0,000867	0,000755	0,000914	0,000994	0,000788	0,0009	0,000896	0,00079	0,000909	0,000982	0,000855	0,000729	0,000928	0,000901	0,000779	0,000944
WAi	м2	155,9	169,3	148,6	173,1	163,2	159,4	161,9	180,7	166,3	184,05	158,8	200,05	191,2	188,4	157,8	180,7	166,5	172,1	188,6	159,9
		37689007	39833505	41007228	36767080	40558911	37669543	42383497	39778004	41900745	44000663	39833087	40548330	37646773	41292369	39223485	43510001	34005636	36734595	38622101	35699891
Ran	см/рік	7,1	8	7,4	6,6	7,3	8,2	6,9	7,7	8,3	6,5	7,2	8,1	7,5	8	7,6	6,6	7	6,8	8,3	7,8
Wal	м2	4047	4000	4032	3997	4050	4003	3978	4111	4072	4091	4010	3959	4024	4088	3958	4100	4039	4044	3980	4033
		1,002E+09	1,026E+09	1,007E+09	1,03E+09	1008101065	1,005E+09	1,011E+09	1010911320	1,007E+09	1000922010	1015119092	1022104150	1009491007	1011772046	1002933090	1023122300	1020099002	1016367250	1010885065	1014788120
Sc	мг/кг	1,399E-07	1,006E-06	9,97E-06	2,451E-06	4,511E-07	6,211E-05	5,992E-06	0,00006287	3,544E-07	6,277E-06	0,00009125	5,355E-07	6,322E-06	8,852E-07	9,064E-06	0,00009343	1,572E-06	4,427E-07	4,112E-07	0,00001944
		1,455E-08	3,111E-08	6,155E-07	2,216E-07	4,312E-08	2,788E-07	1,718E-08	1,516E-08	1,344E-07	5,111E-07	0,00000071	1,833E-08	2,009E-07	1,101E-07	1,562E-08	1,01E-07	5,932E-07	2,231E-08	4,221E-08	0,00000031
BD	г/см3	1,7	1,4	1,9	1,2	2	1,6	2,1	1,2	1,5	2	2,2	1,3	1,7	1,9	1,4	1,8	2,2	1,9	1,6	1,3
θs	см3/см3	0,202	0,223	0,199	0,253	0,271	0,195	0,244	0,252	0,247	0,219	0,282	0,194	0,231	0,212	0,229	0,199	0,233	0,263	0,218	0,209
foc		0,004	0,009	0,01	0,007	0,003	0,009	0,011	0,005	0,006	0,013	0,005	0,014	0,007	0,004	0,008	0,003	0,015	0,011	0,008	0,013
Koc	мл/г	5090440	4999099	5112021	5102290	5013129	5154875	5133980	5201025	5059799	5126575	5140000	5110005	5055565	5164588	5144000	4978650	5102299	5151010	5000005	5073567
a		2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
		0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
b		0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125	0,125
RF		265	169	245	235	240	255	260	245	230	260	245	250	255	230	245	240	265	255	260	240
K	т/акр	0,25	0,3	0,27	0,35	0,21	0,42	0,26	0,33	0,31	0,24	0,28	0,34	0,29	0,4	0,25	0,29	0,27	0,34	0,44	0,29
		0,37	0,41	0,38	0,42	0,39	0,48	0,36	0,39	0,4	0,35	0,38	0,41	0,38	0,46	0,35	0,37	0,35	0,41	0,48	0,37
LS		1,21	1,32	1,5	1,19	1,45	1,51	1,36	1,48	1,34	1,54	1,44	1,17	1,24	1,3	1,28	1,43	1,37	1,54	1,29	1,47
		0,3255	0,2989	0,318	0,3317	0,5011	0,2988	0,3677	0,3985	0,2977	0,3746	0,4095	0,5122	0,4421	0,3561	0,3475	0,2199	0,4231	0,52	0,6001	0,4432
C		0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
		0,0757	0,0757	0,0757	0,0757	0,0757	0,0757	0,0757	0,0757	0,0757	0,0757	0,0757	0,0757	0,0757	0,0757	0,0757	0,0757	0,0757	0,0757	0,0757	0,0757
P		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
		0,6511	0,6511	0,6511	0,6511	0,6511	0,6511	0,6511	0,6511	0,6511	0,6511	0,6511	0,6511	0,6511	0,6511	0,6511	0,6511	0,6511	0,6511	0,6511	0,6511
ER		2,7	3,1	2,9	3,2	2,8	2,5	3	3,3	2,7	3,2	2,9	3,4	2,5	3	2,9	2,5	3,3	3,1	2,7	3,2

Використана література:

– Hazardous Waste Combustion (HWC) National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants (NESHAP) Final Rule Fact Sheet: Resource conservation and recovery act site-specific risk assessment policy for hazardous waste combustion facilities. US EPA 2000. Available at: https://archive.epa.gov/epawaste/hazard/tsd/td/web/pdf/ssrapofs.pdf
– Human Health Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion Facilities EPA530-R-05-006, 2005
– Memorandum: Sample Calculation for Dioxin in Support of the HWC Background Document, 1999.
– Standards for the management of specific hazardous wastes and specific types of hazardous waste management facilities. Available at: https://www.ecfr.gov/current/title-40/chapter-I/subchapter-I/part-266
– US EPA Document Estimating Media Concentrations

9. Методи визначення екологічного ризику погіршення стану поверхневих вод на державному рівні

Проведення оцінки екологічного ризику погіршення стану поверхневих вод є основним робочим інструментом в процесі *визначення рівня небезпеки сучасного стану водокористування та ідентифікації басейнів великих річок, які знаходяться в найгіршому екологічному стані*

Узагальнена оцінка екологічного ризику як «макроекологічного показника» здійснюється при дослідженнях в масштабах **регіону**, області, або для прийняття передпланових, узагальнених управлінських рішень.

Оцінку екологічного ризику погіршення стану поверхневих вод в першу чергу **виконують з метою** ідентифікації рівня небезпеки антропогенного навантаження. Такий підхід спрямовано на визначення пріоритетності впровадження і фінансування природоохоронних заходів в басейнах річок (перший етап управління водоохоронною діяльністю). В Україні необхідність проведення таких робіт по областям обумовлена державною екологічною політикою за регіональним принципом, яка здійснюється на місцях обласними управліннями охорони навколишнього природного середовища.

Екологічний ризик (*Pw*) як ймовірність порушення стійкості водної екосистеми **залежить від** існуючого стану поверхневих вод та впливу антропогенного навантаження і може бути виражений функцією:

$$P_w = f\left(I_w AP_w\right) \tag{9.1}$$

де *Iw* – інтегральний показник стану поверхневих вод, безрозмірна величина; *APw* – інтегральний показник антропогенного навантаження на стан поверхневих вод, безрозмірна величина.

Досягнення критичного стану поверхневих вод може відбутися за декількома сценаріями:

1. Коли сучасний стан поверхневих вод є дуже поганим, тоді навіть незначний антропогенний тиск може призвести до інтенсивного розвитку деградаційних процесів.
2. Коли антропогенний тиск перевищує допустимі обсяги (табл. 9.1).

Таблиця 9.1

Характеристика екологічного ризику погіршення стану поверхневих вод за значеннями інтегрального показника стану поверхневих вод (*Iw*) і значеннями інтегрального показника антропогенного навантаження (*APw*)

Стан поверхневих вод за значенням інтегрального показника стану поверхневих вод (*Iw*)	Показник антропогенного навантаження (***APw***)				
	Незначний тиск	Підвищенний тиск	Значний тиск	Високий тиск	Небезпечний тиск
	Екологічний ризик погіршення стану поверхневих вод (***Pw***)				
Дуже поганий	Значний	Значний	Високий	Критичний	Критичний
Поганий	Підвищений	Значний	Значний	Високий	Критичний

Задовільний	Підвищений	Підвищений	Значний	Високий	Високий
Гарний	Незначний	Підвищений	Значний	Значний	Високий
відмінний	Незначний	Незначний	Підвищений	Значний	Значний

Аналіз стану водних об'єктів виконується на основі офіційних даних моніторингу поверхневих вод України.

Показник екологічного стану поверхневих вод ***визначається*** за величиною екологічного індексу (Ie) відповідно до «Методики встановлення й використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші й естуаріїв України» [19]. Відповідно до цієї методики, за величиною екологічного індексу (Ie) водним об'єктам привласнюється одна з 7 категорій якості вод і один з п'яти класів якості (табл. 9.2).

Таблиця 9.2

Категорії та класи якості води

Клас якості	I – відмінні	II - добрі		III - задовільні		IV - погані	V – дуже погані
Категорія	1 – відмінні	2 – дуже добрі	3- добрі	4- задовільні	5 - посередні	6 - брудні	7 – дуже брудні

Загальна екологічна оцінка стану вод здійснюється за **басейновим принципом**. Для цього отримуються блокові індекси екологічної оцінки по кожному пункту за двома варіантами:

1) шляхом усереднення категорій показників у блоці

2) шляхом вибору найгіршої у блоці категорії.

Індекс загальної екологічної оцінки знаходиться як середнє блокових індексів по кожному пункту (*кожен досліджуваний пункт розбивається на блоки і по кожному блоку визначають його індекс, потім знаходять середнє значення*). Після цього отримані індекси усереднюються по всіх пунктах басейну. Оцінка проводиться за середніми величинами й за середніми з найгірших величин по пунктах басейну.

Значення екологічного індексу якості води визначається по формулі:

$$I_e = \frac{(I_1 + I_2 + I_3)}{3} \qquad (9.2)$$

де *I*1 – індекс забруднення компонентами сольового складу; *I*2 – індекс трофосапробіологічних (еколого-санітарних) показників; *I*3 – індекс специфічних показників токсичної й радіаційної дії.

На сьогоднішній день, керівним документом ЄС «Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC), Guidance document № 10» створено спеціалізовану градацію індексу *EQI* (табл. 9.3) відповідно до класів якості вод:

Таблиця 9.3

Градація індексу *EQI*

Клас якості вод	1	2	3	4	5
	Відмінна (high)	Добра (good)	Посередня (moderate)	Низька (poor)	Погана (bad)
Значення *EQI*	1-0,83	0,82-0,62	0,61-0,41	0,40-0,20	<0,20

Для приведення індексу екологічної оцінки якості вод (I_E) до діапазону від 1 до 0, який прийнято для *EQI*, можна використати відношення:

$$I_{Enp} = 1 - \left(\frac{I_e}{7} \right) \tag{9.3}$$

Інтегральний показник стану поверхневих вод (*Iw*) можливо визначати за значеннями екологічного індексу (*Ie*) за формулою:

$$I_w = 1 - \left(\frac{n - K_{ie}}{n} \right) \tag{9.4}$$

де *Kie* – відповідний клас за значеннями екологічного індексу (*Ie*); *n* – загальна кількість класів за «Методикою встановлення й використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суши й естуаріїв України» (5 класів) [19].

Для розрахунку показників антропогенного навантаження на стан поверхневих вод використовуються офіційні дані Національної доповіді про стан навколишнього природного середовища України.

Для визначення узагальненого показника антропогенного навантаження на стан поверхневих вод аналізують дані щодо обсягу скинутих зворотних вод та обсягу скинутих забруднюючих речовин.

Важливо знати рівень забруднення стічних вод, які скидають в поверхневі водні об'єкти підприємства промисловості, житлово-комунального і сільського господарства.

Тому для визначення рівня антропогенного навантаження на поверхневі води варто застосовувати *показник середньої забрудненості стічних вод* (IP):

$$IP = \frac{VP}{Vs} \tag{9.5}$$

де *VP* – обсяг забруднюючих речовин, які скидаються у водні об'єкти, тис. т;
VS – обсяг стічних вод, які скидаються у водні об'єкти, тис. м^3.

Показник впливу забруднених стічних вод на річковий стік (*IW*) пропонуємо розраховувати за формулою:

$$IW = \frac{1000 \times VCS}{Rm} \tag{9.6}$$

де *VCS* – обсяг забруднених стічних вод, які скидаються у водні об'єкти, м^3; *RM* – річковий стік в середній за водністю рік, м^3.

Всі показники є безрозмірними, бо вони є приведеними до середньої величини по країні, та за значенням їм привласнюється клас відповідно дотабл. 9.4.

Таблиця 9.4

Характеристика антропогенного навантаження на водні екосистеми

Клас	Значення показника антропогенного тиску	Рівень небезпеки антропогенного тиску на водні екосистеми
0	<0,01	Антропогенний тиск відсутній
1	0,01 – 0,4	Незначний тиск
2	0,41 – 0,8	Підвищений тиск
3	0,81 – 1	Значний тиск
4	1,01 – 1,8	Високий тиск
5	>1,8	Небезпечний тиск

Потім класи усереднюють і визначають рівень небезпеки сучасного стану водокористування за формулою:

$$AP_w = 1 - \left(\frac{m - K_m}{m} \right) \quad (9.7)$$

де *APw* – інтегральний показник антропогенного навантаження на стан поверхневих вод, безрозмірна величина; *Km* – узагальнений клас небезпеки сучасного антропогенного тиску на водні екосистеми; *m* – загальна кількість класів за характеристикою антропогенного навантаження на водні екосистеми (табл. 9.4).

Виходячи з усього вищенаведеного, **екологічний ризик погіршення стану водних екосистем** (*Pw*) доцільно визначати за формулою:

$$P_w = I_w \times AP_w \quad (9.8)$$

Характеристику екологічного ризику за величиною його значення наведено в табл. 9.5.

Таблиця 9.5

Характеристика екологічного ризику погіршення стану водних екосистем

Клас	Значення показника екологічного ризику	Якісна оцінка екологічного ризику
1	0,01 – 0,19	Незначний тиск
2	0,2 – 0,39	Підвищений тиск
3	0,4 – 0,59	Значний тиск
4	1,6 – 0,79	Високий тиск
5	0,8 – 1,0	Критичний тиск

Завдання: *Відповідно до вказаного варіанту:*

Приклад виконання завдання:

Індекс забруднення компонентами сольового складу (I1)	Індекс еколого-санітарних показників (I2)	Індекс специфічних показників токсичної й радіаційної дії (I3)	Обсяг забруднюючих речовин, які скидаються у водні об’єкти,, т (*VP*)	Обсяг стічних вод, які скидаються у водні об’єкти, тис. м^3(*VS*)	Обсяг забруднених стічних вод, які скидаються у водні об’єкти, м^3 (*VCS*)	Річковий стік в середній за водністю рік, м^3 (*RM*)
0,294	1	0,215	180 000	169 000 000	18 777,78	28 200 000

1. Знайти показник екологічного стану поверхневих вод шляхом визначення екологічного індксу.

$$I_e = \frac{(I_1 + I_2 + I_3)}{3}$$

$$I_e = \frac{(I_1 + I_2 + I_3)}{3} = \frac{(0{,}294 + 1 + 0{,}215)}{3} = \frac{1{,}509}{3} = 0{,}503$$

2. ***Привести індекс екологічної оцінки якості вод (Ie) до діапазону від 1 до 0, відповідно до Європейської градації індексу EQI та визначити відповідний клас якості.***

$$I_{Enp} = 1 - \left(\frac{I_e}{7}\right)$$

Клас якості вод	1	2	3	4	5
	Відмінна (high)	Добра (good)	Посередня (moderate)	Низька (poor)	Погана (bad)
Значення *EQI*	1-0,83	0,82-0,62	0,61-0,41	0,40-0,20	<0,20

$$I_{Enp} = 1 - \left(\frac{I_e}{7}\right) = 1 - \left(\frac{0{,}503}{7}\right) = 1 - 0{,}07 = 0{,}93$$

$$I_{Enp} = 0{,}93$$

Клас якості вод	1	2	3	4	5
	Відмінна (high)	Добра (good)	Посередня (moderate)	Низька (poor)	Погана (bad)
Значення *EQI*	1-0,83	0,82-0,62	0,61-0,41	0,40-0,20	<0,20

3. ***Встановити інтегральний показник стану поверхневих вод (Iw):***

$$I_w = 1 - \left(\frac{n - K_{ie}}{n}\right)$$

$$I_w = 1 - \left(\frac{n - K_{ie}}{n}\right) = 1 - \left(\frac{5 - 1}{5}\right) = 1 - \frac{4}{5} = 1 - 0{,}8 = 0{,}2$$

$$I_w = 0{,}2$$

4. ***Визначити показник середньої забрудненості стічних вод (IP)***

$$IP = \frac{VP}{Vs}$$

Клас	Значення показника антропогенного тиску	Рівень небезпеки антропогенного тиску на водні екосистеми
0	<0,01	Антропогенний тиск відсутній
1	0,01 – 0,4	Незначний тиск
2	0,41 – 0,8	Підвищений тиск
3	0,81 – 1	Значний тиск
4	1,01 – 1,8	Високий тиск
5	>1,8	Небезпечний тиск

$$IP = \frac{VP}{Vs} = \frac{180000}{169000000} = 0{,}001$$
$$IP = 0{,}001$$

Клас	Значення показника антропогенного тиску	Рівень небезпеки антропогенного тиску на водні екосистеми
0	<0,01	Антропогенний тиск відсутній
1	0,01 – 0,4	Незначний тиск
2	0,41 – 0,8	Підвищений тиск
3	0,81 – 1	Значний тиск
4	1,01 – 1,8	Високий тиск
5	>1,8	Небезпечний тиск

5. Розрахувати показник впливу забруднених стічних вод на річковий стік (IW)

$$IW = \frac{1000 \times VCS}{Rm}$$

Клас	Значення показника антропогенного тиску	Рівень небезпеки антропогенного тиску на водні екосистеми
0	<0,01	Антропогенний тиск відсутній
1	0,01 – 0,4	Незначний тиск
2	0,41 – 0,8	Підвищений тиск
3	0,81 – 1	Значний тиск
4	1,01 – 1,8	Високий тиск
5	>1,8	Небезпечний тиск

$$IW = \frac{1000 \times VCS}{Rm} = \frac{1000 \times 18777{,}78}{28200000} = 0{,}67$$
$$IW = 0{,}67$$

Клас	Значення показника антропогенного тиску	Рівень небезпеки антропогенного тиску на водні екосистеми
0	<0,01	Антропогенний тиск відсутній
1	0,01 – 0,4	Незначний тиск
2	0,41 – 0,8	Підвищений тиск
3	0,81 – 1	Значний тиск
4	1,01 – 1,8	Високий тиск
5	>1,8	Небезпечний тиск

6. ***Визначити рівень небезпеки сучасного стану антропогенного навантаження***

$$AP_w = 1 - \left(\frac{m - K_m}{m} \right)$$

$$AP_w = 1 - \left(\frac{m - K_m}{m} \right) = 1 - \left(\frac{6 - 1}{6} \right) = 0{,}17$$

$$AP_w = 0{,}17$$

7. ***Встановити показник екологічного ризику погіршення стану водних екосистем (P_w) та навести його відповідну характеристику***

$$P_w = I_w \times AP_w$$

Клас	Значення показника екологічного ризику	Якісна оцінка екологічного ризику
1	0,01 – 0,19	Незначний тиск
2	0,2 – 0,39	Підвищений тиск
3	0,4 – 0,59	Значний тиск
4	1,6 – 0,79	Високий тиск
5	0,8 – 1,0	Критичний тиск

$$P_w = I_w \times AP_w = 0{,}2 \times 0{,}17 = 0{,}03$$

$$P_w = 0{,}03$$

Клас	Значення показника екологічного ризику	Якісна оцінка екологічного ризику
1	0,01 – 0,19	Незначний тиск
2	0,2 – 0,39	Підвищений тиск
3	0,4 – 0,59	Значний тиск
4	1,6 – 0,79	Високий тиск
5	0,8 – 1,0	Критичний тиск

8. ***Усі отримані результати коротко представити у вигляді висновку.***

Практична робота №9

Методи визначення екологічного ризику погіршення стану поверхневих вод на державному рівні

Варіант №	Індекс забруднення компонентами сольового складу (I_1)	Індекс еколого-санітарних показників (I_2)	Індекс специфічних показників токсичної й радіаційної дії (I_3)	Обсяг забруднюючих речовин, які скидаються у водні об'єкти, т (*VP*)	Обсяг стічних вод, які скидаються у водні об'єкти, $м^3$(*VS*)	Обсяг забруднених стічних вод, які скидаються у водні об'єкти, $м^3$ (*VCS*)	Річковий стік в середній за водністю рік, $м^3$ (*RM*)
1	1,819	3,100	0,229	180000	169000000	143650000	298000000000
2	1,364	4,700	0,155	171000	171000000	153900000	413000000000
3	0,785	8,230	0,463	160000	162000000	153900000	48700000000
4	0,723	4,300	0,377	183000	159000000	95400000	404000000000
5	0,755	3,150	0,231	177000	173000000	129750000	52800000000
6	1,277	7,320	0,524	189000	189000000	103950000	401000000000
7	1,819	3,100	0,229	163000	165000000	148500000	39800000000
8	1,364	4,700	0,155	162000	177000000	132750000	423000000000
9	0,785	1,480	0,463	184000	174000000	87000000	10900000000
10	0,497	0,650	0,238	188000	185000000	157250000	225000000000
11	0,627	1,000	0,206	190000	194000000	155200000	27600000000
12	0,573	3,440	0,987	168000	161000000	144900000	521000000000
13	0,844	7,900	0,503	164000	158000000	150100000	47500000000
14	0,701	8,100	0,399	179000	182000000	136500000	35700000000
15	1,107	4,600	0,423	174000	161000000	136850000	23800000000
16	1,244	7,120	0,298	176000	182000000	136500000	107000000000
17	0,865	0,851	0,425	180000	173000000	147050000	304000000000
18	0,906	8,450	0,502	167000	191000000	181450000	37400000000
19	1,005	5,340	0,325	191000	160000000	120000000	399000000000
20	1,440	7,780	0,498	187000	159000000	87450000	475000000000

Використана література:

- Лосєв М.Ю., Мілька І.В. (2011) Оцінка якості поверхневих вод басейну річки Салгир. Системи обробки інформації. Інформаційні технології в медицині, економіці та екології. 3(93), 199-202
- Методики встановлення й використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші й естуаріїв України.
- Нетробчук І.М. (2007) Оцінка якості поверхневих вод правобережних приток басейну Прип'яті у Волинській області. Науковий Вісник Волинського держ. універ. Ім. Л.Українки. 2, 260-265
- Рибалова О. В., Артем'єв С. Р., Сарапіна М. В. та ін. (2018) Розробка методів оцінки екологічного ризику погіршення стану поверхневих вод. Східноєвропейський журнал передових технологій. 2(10), 4-17
- Скок С.В. (2020) Методичні аспекти оцінки впливу міських стічних вод на якість річки Дніпро. Водні біоресурси та аквакультура. 2(8), 251-267
- Смалій О.В. (2016) Стан використання водних ресурсів басейну річки Сіверський Донець. Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. 1(225), 214-218
- Цьось О.О. (2017) Екологічна оцінка якості поверхневих вод річки Цир за категоріями. Людина та довкілля. Проблеми неоекології. 1-2(27), 71-76

10. Прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах та визначення ступеню небезпеки хімічного забруднення

Сучасні темпи розвитку індустрії різної направленості вимагає відповідального підходу до своєї організації та регулярного здійснення та забезпечення заходів із запобігання надзвичайним ситуаціям, ліквідації будь-яких аварій, пов'язаних з виливами (викидами) небезпечних хімічних речовин (НХР). Вдосконалення порядку оцінки хімічної обстановки шляхом прогнозування можливих наслідків (масштабів забруднення) в разі виникнення аварії з виливом (викидом) НХР із технологічних ємностей є одною з пріоритетних задач при роботі на *хімічно небезпечних об'єктах* (ХНО).

Останні визначаються як об'єкт, на якому використовують, переробляють, зберігають або транспортують НХР, у разі аварії на якому чи під час руйнування якого можуть загинути чи отримати ушкодження люди, а також це може призвести до хімічного забруднення навколишнього середовища.

Прогнозування передбачає завчасне визначення ймовірності виникнення і динаміки розвитку надзвичайних ситуацій на підставі аналізу можливих причин їх виникнення, які зумовлені дією джерел надзвичайних ситуацій у минулому і на тепер, та оцінювання можливих наслідків. Іншими словами проведення ризик-аналізу є невід'ємною частиною процесу.

Даний підхід вдало застосовується для:

- ✓ встановлення порядку дій в зоні можливого зараження;
- ✓ здійснення заходів щодо захисту людей;
- ✓ визначення ступеня хімічної небезпеки:
  - об'єктів які зберігають або використовують сильнодіючі отруйні речовини
  - адміністративно-територіальних одиниць (АТО), у межах яких живе населення
- ✓ завчасного складання планів здійснення заходів щодо захисту населення і ліквідації наслідків аварій (довгострокове прогнозування).

Першочергово, сучасні підходи поширюються на НХР, які в разі виникнення аварії переходять у навколишнє середовище в газоподібному, пароподібному та аерозольному агрегатних станах із утворенням первинної та/або вторинної хмари.

Первинна хмара небезпечних хімічних речовин – є хмарою НХР, яка утворюється внаслідок миттєвого (1-2 хв) переходу в атмосферу всього об'єму ємності з НХР або її частини.

Вторинна хмара – це хмара НХР, яка утворюється внаслідок випаровування розлитої НХР з поверхні.

Як вже зазначалося раніше основними показниками, що визначають масштаб хімічного забруднення, є: радіус R_A, (км) та площа S_A (км-^{2}) району аварії, а також глибина $Г_{1(2)}$ (км) та площа $S_{1(2)}$ (км-^{2}) поширення первинної / вторинної хмар НХР.

Глибиною зони хімічного зараження (ЗХЗ) вважається відстань від навітряної (з того боку, *з якого* дме вітер) сторони регіону (певної локації) у бік руху вітру, до тієї межі, де концентрація отруйних речовин стає безпечною для перебування там незахищених людей, тварин. Ці відстані можуть бути до кількох кілометрів, інколи навіть кількох десятків кілометрів від місця безпосереднього застосування чи аварійного потрапляння в навколишнє середовище небезпечних хімічних речовин.

Радіус району аварії R_A (радіус кола, що визначає зовнішні кордони району аварії) залежить від виду НХР й умов її зберігання (використання).

Якщо можливе утворення різних типів хмар, небезпечні хімічні речовини певною мірою кількісно розподіляються між первинною і вторинною. Кількість НХР, що перейшла в первинну хмару Q_1, визначається за формулою:

$$Q_1 = \frac{Q \times C_u \times (t_a - t_k)}{\lambda} \quad (10.1)$$

Q – загальна кількість НХР у ємності (т (іноді розрахунок може використовувати кг);
C_u – питома теплоємність рідини (кДж/кг × °С);
t_a – температура НХР у рідкому стані до руйнування ємності (°С);
t_k – температура кипіння НХР (°С);
λ – питома теплота випаровування (кДж/кг).

Кількість НХР, що перейшла у вторинну хмару Q_2 отримується шляхом знаходження різниці між її загальним обсягом та Q_1:

$$Q_2 = Q - Q_1 \quad (10.2)$$

Глибина поширення первинної хмари НХР встановлюється на основі використання опанованої, в рамках попередніх робіт, методики, де:

$$Г_{1p} = b_1 \times \left(\frac{Q_1}{u_1 \times PC_{t50}} \right)^a \quad (10.3)$$

де Q_1 – кількість НХР, що переходить у первинну хмару (т);
u_1 – швидкість вітру на висоті 1-10 м (м/с);
PC_{t50} – значення порогової токсодози (г × с/м$^{-2}$). Це найменша інгаляційна токсодоза НХР, що викликає в людини, яка не забезпечена засобами захисту органів дихання, початкові симптоми ураження Фізико-хімічні властивості деяких НХР зазначені в таблиці 10.1.
а та b_1 – коефіцієнти, що залежать від вертикальної стійкості повітря в приземному шарі:

$$a = 0{,}57 \times \exp(0{,}86 \times \varepsilon) \quad (10.4)$$

$$b_1 = 15{,}4 \times \exp(6{,}96 \times \varepsilon) \quad (10.5)$$

де ε – параметр вертикальної стійкості повітря (ВСП) в приземному шарі. Відповідно, для:

- ✓ *ізотермії*, що є ступінню ВСП, за якого температура поверхні ґрунту дорівнює температурі повітря на висоті 1-10 м від поверхні й яка зазвичай спостерігається в хмарну погоду і за снігового покриву, цей параметр **= 0**;
- ✓ *інверсії*, за якої температура поверхні ґрунту менша за температуру повітря на висоті 1-10 м від поверхні і яка виникає в ясну погоду за малої швидкості вітру (до 4 м/с) приблизно за годину до заходу сонця та зникає впродовж години після сходу сонця, він коливається **від 0,1 до 0,2**;
- ✓ *конвекції* – за якої температура поверхні ґрунту більша за температуру повітря на висоті 1-10 м від поверхні та яка виникає в ясну погоду за малої швидкості вітру (до 4 м/с) приблизно через 2 години після сходу сонця і руйнується приблизно за 2-2,5 години до заходу сонця, цей показник становить **від -0,1 до -0,2**.

Таблиця 10.1

ЗНАЧЕННЯ
фізико-хімічні властивості деяких НХР
(Методики прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті)

№ з/п	Назва НХР	Молекулярна маса, М (г/моль)	Густина ρ, (кг/м$^{-3}$)		Температура кипіння tк/Тк, (°С / К)		Питома теплота випаровування λ, (кДж/кг)	Питома теплоємність рідини Cυ (кДж/кг × °С)	Порогова токсодоза PCt50 (г × с/м$^{-3}$)
			Газ	Рідина					
1	Акрилонітрил	53,06	2,24	813	77,3	350,3	575	2,03	45
2	Акролеїн	56,07	2,37	839	52,7	325,7	542,2	2,15	12
3	Ацетонітрил	41,05	-	786	82	355	724,7	-	1296
4	Ацетонціан-гідрін	85,11	-	932	120	393	558,1	-	114
5	Бензол	78	3,5	883	80	353	396	1,8	3600
6	Бромоводень	80,9	3,5	1490	-67,8	205,2	217	0,74	144
7	Бромометан	94,94	-	1732	4	276,6	253	0,428	72
8	Диметиламін	45	1,95	661	7	280	591	3	60
9	Етиленімін	43,01	-	832	57	330	389,2	-	288
10	Етиленсуль-фід	60,12	-	1005	55	328	-	-	6
11	Етилмеркап-тан (етантіол)	62,13	-	839	35	308	431	-	132
12	Метантіол (метилмеркап-тан)	48,1	-	867	6	279	511,12	1,85	102
13	Метиламін	31,06	1,4	699	-6,3	266,9	824,2	-	72
14	Метилакри-лат	86,09	-	953	80,2	353,2	384,5	2,01	360

15	Миш’якови с-тий водень	77,94	3,5	1640	-62,5	210,5	214	0,494	12
16	Монооксид вуглецю	28,01	0,968	1000	-191,5	81,5	216,5	2,19	1620
17	Оксид азоту	46,01	-	1490	21	294	272	0,817	90
18	Оксид етилену	44,05	1,7	887	10,7	283,7	554,2	1,096	3600
19	Оксихлорид фосфору	153,33	-	1645	105,8	378,7	100	1	3,6
20	Сірководень	34,1	1,5	964	-60,4	212,6	310	2,01	966
21	Сірковуглець	76,14	6	1263	46,2	319,2	377,8	0,991	2592
22	Сірчистий ангідрид (діоксин сірки)	64,07	2,9	1462	-10,1	262,9	361,3	1,45	194
23	Синильна кислота (ціаністий водень)	27	0,9	689	25,6	298,6	933	2,62	12
24	Соляна кислота (хлористий водень)	36,5	1,64	1191	-85,1	187,9	300	1,75	120
25	Триметиламін	59,11	-	671	2,9	275,9	388	-	360
26	Трихлорид фосфору	137,33	-	1574	76	349	100	1	180
27	Формальдегід (формалін)	30	1,03	815	-19,3	253,7	273	2,34	36
28	Фосген	98,9	3,48	1420	8,2	281.2	158	1,02	33
29	Фтороводень	20,01	0,92	980	19,5	292,5	1560	2,49	240
30	Фтор	38	1,7	1512	-188	85	727	1,51	12
31	Хлор	70,91	3,2	1557	-34,6	238,5	288,5	0,876	36
32	Хлорпікрін	164,38	-	1658	112,3	385,3	359	1,36	1,2
33	Хлорціан	61,5	2,5	1258	12,6	285,6	208	1,49	45

			2						
34	Хлорометан	50,49	2,3	983	24,2	248,8	424	1,607	648

Вплив типу місцевості на значення глибини поширення первинної хмари НХР вираховується шляхом множення величини $Г_{1р}$ на коефіцієнт впливу місцевості $К_м$ (табл 3), що в свою чергу базується на визначеному комплексному показнику $К_р$ (табл. 10.2).

$$Г = Г_{1р} \times К_м \quad (10.6)$$

Таблиця 10.2

ЗНАЧЕННЯ
комплексного показника Кр
(Методики прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті)

Вид рослинності	Тип лісу	Вид рельєфу					
		рівнинний	рівнинно-хвилястий	рівнинно-горбистий	горбисто-балочний	горбистий	передгір'я
Літо							
Лісиста	хвойні	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6
	змішані	0,6	0,8	0,9	0,9	1	1,2
Лісисто-степова	хвойні	0,6	0,8	1	1,1	1,2	1,5
	листяні	0,4	0,6	0,8	0,9	0,9	1,1
Степова		0,3	0,4	0,7	0,8	0,8	1
Напівпустинна		0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8
Зима							
Лісиста	хвойні	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6
	змішані	0,4	0,6	0,7	1	0,9	1,1
Лісисто-степова	хвойні	0,5	0,7	0,8	0,9	1	1,3
	листяні	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	1
Степова		0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,9
Напівпустинна		0,05	0,1	0,3	0,5	0,6	0,8

Таблиця 10.3

ЗНАЧЕННЯ
коефіцієнта впливу місцевості Км
(Методики прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті)

Значення комплексного показника Кр	Стан атмосфери в приземному шарі повітря		
	конвекція	ізотермія	інверсія
0,05	1,0	1,0	1,0
0,1	0,8	0,8	0,9
0,2	0,5	0,6	0,6
0,3	0,4	0,5	0,5
0,4	0,3	0,4	0,5
0,5	0,3	0,4	0,4
0,6	0,3	0,3	0,4
0,7	0,2	0,3	0,4
0,8	0,2	0,3	0,4
0,9	0,2	0,2	0,3
1,0	0,1	0,2	0,3
1,1	0,1	0,2	0,2
1,2	0,1	0,1	0,1
1,3	0,1	0,1	0,1
1,4	0,05	0,05	0,05
1,5	0,05	0,05	0,05
1,6	0,05	0,05	0,05

Алгоритм визначення глибини поширення вторинної хмари НХР ($Г_{2р}$) (км) має дещо відмінний вигляд. Загальний принцип її розрахунку описується рівнянням:

$$Г_{2p} = b_2 \times \tau^{-0,5} \times \left(\frac{Q_2}{u_1 \times PC_{t50}(\tau)} \right)^a \qquad (10.7)$$

$Q_2(\tau)$ – кількість НХР (т), що випарувалася за час τ;
а та b_2 – розмірні коефіцієнти, що залежать від вертикальної стійкості повітря: коефіцієнт а визначається за формулою (4), а коефіцієнт b_2:

$$b_2 = 16,84 \times \exp(6,87 \times \varepsilon) \qquad (10.8)$$

u_1 – швидкість вітру на висоті 1-10 м (м/с);
τ – час (год), за який визначається глибина поширення вторинної хмари НХР. У разі оцінювання максимальної глибини поширення вторинної хмари НХР:

$\tau = \tau_{вип}$, якщо $\tau_{вип} \leq 24$ год

$\tau = 24$ год, якщо $\tau_{вип} > 24$ год

Час випаровування НХР $\tau_{вип}$ (год) з площі виливу розраховується за формулою:

$$\tau_{вип} = \frac{Q_2}{3600 \times E \times S_{пр}} \quad (10.9)$$

де Е – питома швидкість випаровування (кг/м-2 × с);
$S_{пр}$ – площа поверхні виливу НХР ($м^2$)

$$E = 0{,}041 \times \left(\frac{u_1 \times M}{d_{пр}^{0{,}14} \times T_в} \right) \times \exp\left[\frac{\lambda \times M}{K} \times \left(\frac{1}{T_к} - \frac{1}{T_в} \right) \right] \quad (10.10)$$

де u_1 – швидкість повітря на висоті 1-10 м (м/с);
М – молекулярна маса НХР (г/моль);
$T_к$ – температура кипіння НХР (К);
$T_в$ – температура випаровування НХР (К);
λ – питома теплота випаровування (кДж/кг);
R – універсальна газова стала, що дорівнює 8,31 кДж/кмоль × К.
$d_{пр}$ – приведений діаметр площі поверхні виливу НХР (м). Підходи його визначення різняться в залежності від наявності обвалування.

За наявності обвалування

$$d_{пр} = 1{,}22 \times \sqrt{\frac{Q - Q_1}{\rho}} \quad (10.11)$$

За відсутності обвалування

$$d_{пр} = 5{,}04 \times \sqrt{\frac{Q - Q_1}{\rho}} \quad (10.12)$$

Q – кількість НХР у ємності
Q_1 – кількість НХР, що перейшла в первинну хмару
ρ – густина НХР (кг/$м^3$)

Обвалування – це загромадження земляними валами території для захисту від затоплення водами прилеглих водойм, а також захисту вибухонебезпечних та хімічних об'єктів від поширення їх впливу.

$$S_{пр} = \frac{\pi \times d_{пр}^2}{4} \quad (10.13)$$

З урахуванням топографічних умов (типу місцевості) глибина поширення вторинної хмари описується рівнянням аналогічним до того, що використовувалося відносно первинної хмари:

$$Г_2 = Г_{2р} \times К_м \quad (10.14)$$

Визначення *площі прогнозованої зони хімічного забруднення* (ПЗХЗ), що є розрахунковою зоною в межах зони можливого хімічного забруднення відбувається залежно від наявності усього зазначеного вище, а також радіусу аварії (R_A) та відповідних кутів сектору поширення (φ) обох хмар. Значення кута φ (град) залежно від ступеня вертикальної стійкості повітря в приземному шарі та довірчої імовірності $Р_Г$ наведені в таблиці 4. Варто зазначити, що за умови тривалості випаровування більше 6 годин, за будь-яких обставин припускається наявність ізотермічного стану атмосфери у приземному шарі повітря.

Інтервал, за межі якого похибка не вийде з певною ймовірністю, називається **довірчим інтервалом**, а характеризує його ймовірність - **довірча ймовірність.**

Довірча ймовірність $Р_Г$ визначає характер задач, що вирішуються:

- у разі довгострокового прогнозування $Р_Г = 0{,}9$;
- у разі аварійного прогнозування, тобто за наявності всіх вихідних даних про об'єкт в умовах викиду (виливу) НХР $Р_Г = 0{,}5$;

у разі наявності не всіх вихідних даних $P_Г$ = 0,75.

Таблиця 10.4

ЗНАЧЕННЯ
кута φ залежно від ступеня вертикальної стійкості повітря в приземному шарі та довірчої імовірності $P_Г$
(Методики прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті)

Вид хмари НХР та час випаровування	Стан атмосфери у приземному шарі повітря	Значення $P_Г$		
		0,5	0,75	0,9
Первинна хмара НХР	інверсія	9	15	20
	ізотермія	12	20	25
	конвекція	15	25	30
Вторинна хмара НХР, час випаровування до 6 год	інверсія	12	20	30
	ізотермія	15	25	40
	конвекція	20	35	50
Вторинна хмара НХР, час випаровування 6-12 год	ізотермія	22	37	52
Вторинна хмара НХР, час випаровування 12-24 і > год		30	50	70

За умови:

якщо Г1 < Г2

$\varphi_1 < \varphi_2$

$$S_{ПЗХЗ} = \pi \times \left(R_A^2 + \frac{\left(r_2^2 - R_A^2\right) \times \phi_2}{180} \right) \quad (10.15)$$

$\varphi_2 < \varphi_1$

$$S_{ПЗХЗ} = \pi \times \left(R_A^2 + \frac{\left(r_1^2 - R_A^2\right) \times \phi_1}{180} + \frac{\left(r_1^2 - r_2^2\right) \times \phi_2}{180} \right) \quad (10.16)$$

Якщо Г2 < Г1

$\varphi_1 < \varphi_2$

$$S_{ПЗХЗ} = \pi \times \left(R_A^2 + \frac{\left(r_2^2 - R_A^2\right) \times \phi_2}{180} + \frac{\left(r_2^2 - r_1^2\right) \times \phi_1}{180} \right) \quad (10.17)$$

$\varphi_2 < \varphi_1$

$$S_{ПЗХЗ} = \pi \times \left(R_A^2 + \frac{\left(r_1^2 - R_A^2\right) \times \phi_1}{180} \right) \quad (10.18)$$

Основним показником, що характеризує *ступінь небезпеки хімічного забруднення*, є прогнозована кількість уражених, що опинилися в ЗХЗ.

Кількість уражених серед виробничого персоналу об'єкта, де сталася аварія, та населення, яке мешкає поблизу цього об'єкта, визначається відповідно до їх кількості та часу знаходження людей у ЗХЗ, їх захищеності від дії НХР.

Кількість людей, які опинилися в ЗХЗ, розраховується або шляхом підсумовування кількості виробничого персоналу (населення), який знаходиться на окремих виробничих ділянках (в житлових кварталах, населених пунктах), що піддалися дії НХР, або шляхом

множення середньої густини виробничого персоналу (населення), що знаходиться на території об’єкта (населеного пункту), на площу зараженої території.

$$B = L \times (1 - Кз) \quad (10.19)$$

де L – кількість виробничого персоналу (населення) в осередку ураження (осіб);

$К_З$ – коефіцієнт захищеності виробничого персоналу від вражаючої дії НХР (таблиця 5). Значення коефіцієнта залежить від місця перебування виробничого персоналу (населення) у момент підходу хмари забрудненого повітря до об'єкта (населеного пункту) та часу (який персонал чи населення знаходяться там до моменту евакуації) захисних властивостей укриття і засобів індивідуального захисту, що використовуються.

Таблиця 10.5

КОЕФІЦІЄНТ
захищеності виробничого персоналу Кз від дії НХР

Місцезнаходження, засоби захисту, що застосовуються	Час перебування, год				
	0,25	0,5	1	2	3-4
відкрито на місцевості	0	0	0	0	0
у транспорті	0,95	0,75	0,41	-	-
у виробничих приміщеннях з кратністю повітрообміну:					
0,5	0,97	0,87	0,68	0,38	0,09
1,0	0,67	0,52	0,30	0,13	0
2,0	0,18	0,08	0,04	0	0
у сховищах: з режимом регенерації повітря	1	1	1	1	1
без режиму регенерації повітря	1	1	1	1	0
в засобах індивідуального захисту органів дихання (промислових протигазах)	0,95	0,8	0,5	0	0

Завдання: *Відповідно до вказаного варіанту:*

Завдання 1. *Розрахувати кількість НХР (Q_1), що перейшла в первинну та вторинну (Q_2) хмари після виникнення аварійного виливу на хімічному підприємстві.*

Завдання 2. *Розрахувати глибину поширення первинної ($Г_1$) та вторинної ($Г_2$) хмар НХР, враховуючи вплив типу місцевості.*

Завдання 3. *Встановити відповідні кути сектору поширення обох хмар та зробити вибір щодо коректної формули розрахунку площі прогнозованої зони хімічного забруднення. Визначити площу ураження.*

Завдання 4. *На основі вихідних та табличних даних встановити коефіцієнт захищеності виробничого персоналу (Кз) від дії НХР та визначити прогнозовану кількість уражених, що опиняться в ЗХЗ в момент аварії.*

Завдання 5. *Написати короткий висновок щодо отриманих результатів.*

Приклад виконання завдання:

Варіанти	Назва НХР	Q	Cu	t_a	t_k	λ	ВСП в приземному шарі	u1	PCt50	Умови та тип місцевості
		т	кДж/кг × °С	°С	°С	кДж/кг		м/с	г/см3	
Спільне	Оксид азоту	10	0,817	35	21	272	Інверсія	3	90	рівнинний рельєф, лісисто-степова рослинність, листяні, літо

ρ	Наявність обвалування	M	Тв	Тк	R	R_A	Довірча ймовір-ність $P_Г$	L	Місце перебув персоналу	Час перебува-ння
кг/м3		г/моль	К	К	к/кмоль	км	у разі	чол.		год
1490	наявне	46,01	293,15	294	8,31	4	довгостро-кового прогнозува-ння	100	у сховищах: з режимом регенерації повітря	0,25

Q1	Q2	a	b1	Г1р	Г1	b2	dпр	E	Sпр	τвип	Відповідність умові	τ
т	т			км	км		м	кг/м-2 × с	м2	год		год
0,42	9,58	0,68	61,95	0,78	0,39	66,54	0,10	0,026	0,008	13,45	≤ 24 год	13,45

Г2р	Г2	Відповідність умові			Відповідність умові			SПЗХЗ (Г1 < Г2)	SПЗХЗ (Г2 < Г1)	В
км	км							км2	км2	осіб
1,89	0,95	Г1	<	Г2	φ1	<	φ2	31,80		0

Табличні значення

ε	Кр	Км	РГ	φ1	φ2	Кз
0,2	0,4	0,5	0,9	20	70	1

Практична робота №10

Прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах та визначення ступеню небезпеки хімічного забруднення

Варіанти		1	2	3	4
Назва НХР		Бензол	Оксид азоту	Фосген	Трихлорид фосфору
Q	т	59	25	75	50
Cu	кДж/кг × °С	1,8	0,817	1,02	1
t_a	°С	100	35	25	85
$t_к$	°С	80	21	8,2	76
λ	кДж/кг	396	272	158	100
ВСП в приземному шарі		Ізотермія	Інверсія	Конвекція	Ізотермія
u1	м/с	4,6	1,1	2,3	4
PCt50	г/см3	3600	90	33	180
Умови та тип місцевості		рівнинно-горбистий рельєф, лісисто-степова рослинність, хвойні, літо	рівнинно-хвилястий рельєф, напівпустинна рослинність, літо	рівнинний рельєф, степова рослинність, зима	горбистий рельєф, лісисто-степова рослинність, листяні, зима
ρ	кг/м-3	883	1490	1420	1574
Наявність обвалування		відсутнє	наявне	відсутнє	наявне
M	г/моль	78	46,01	98,9	137,33
Тв	К	313,15	293,15	273,7	302
Тк	К	353	294	281,2	349
R	Дж/кмоль ×	8,31	8,31	8,31	8,31
RA	км	9	3	11	5
Довірча ймовір-ність $P_Г$	у разі	аварійного прогнозування, тобто за наявності всіх вихідних даних	наявності не всіх вихідних даних	наявності не всіх вихідних даних	аварійного прогнозування, тобто за наявності всіх вихідних даних
L	чол.	110	85	125	105
Місце перебув персоналу		відкрито на місцевості	у транспорті	у сховищах без режиму регенерації повітря	відкрито на місцевості
Час перебува-ння	год	0,5	1	2	3

Варіанти		5	6	7	8
Назва НХР		Оксид азоту	Фосген	Бензол	Трихлорид фосфору
Q	т	100	75	100	100
Cu	кДж/кг × °С	0,817	1,02	1,8	1
t_a	°С	35	25	100	85
t_k	°С	21	8,2	80	76
λ	кДж/кг	272	158	396	100
ВСП в приземному шарі		Конвекція	Інверсія	Інверсія	Ізотермія
u1	м/с	0,8	1,7	2,4	5,2
PCt50	г/см3	90	33	3600	180
Умови та тип місцевості		передгір'я, лісисто-степова рослинність, хвойні, літо	рівнинно-хвилястий рельєф, лісиста рослинність, хвойні, зима	рівнинний рельєф, лісиста рослинність, змішані, зима	горбистий рельєф, лісисто-степова рослинність, хвойні, літо
ρ	кг/м-3	1490	1420	883	1574
Наявність обвалування		відсутнє	відсутнє	відсутнє	наявне
M	г/моль	46,01	98,9	78	137,33
Тв	К	293,15	273,7	313,15	302
Тк	К	294	281,2	353	349
R	Дж/кмоль ×	8,31	8,31	8,31	8,31
RA	км	0,8	2	1,2	0,7
Довірча ймовір-ність $P_Г$	у разі	довгострокового прогнозування	наявності не всіх вихідних даних	аварійного прогнозування, тобто за наявності всіх вихідних даних	довгострокового прогнозування
L	чол.	90	115	139	75
Місце перебув персоналу		у транспорті	відкрито на місцевості	у сховищах: з режимом регенерації повітря	відкрито на місцевості
Час перебува-ння	год	0,25	4	0,5	3

Варіанти		9	10	11	12
Назва НХР		Оксид азоту	Трихлорид фосфору	Фосген	Бензол
Q	т	75	100	50	25
Cu	кДж/кг × °С	0,817	1	1,02	1,8
t_a	°С	35	85	25	100
$t_к$	°С	21	76	8,2	80
λ	кДж/кг	272	100	158	396
ВСП в приземному шарі		Конвекція	Ізотермія	Інверсія	Конвекція
u1	м/с	0,6	2	0,9	2,5
РСt50	г/см3	90	180	33	3600
Умови та тип місцевості		горбисто-балочний рельєф, степова рослинність, зима	передгір'я, напівпустинна рослинність, зима	рівнинно-хвилястий рельєф, напівпустинна рослинність, літо	горбистий рельєф, лісиста рослинність, хвойні, літо
ρ	кг/м-3	1490	1574	1420	883
Наявність обвалування		наявне	відсутнє	відсутнє	відсутнє
M	г/моль	46,01	137,33	98,9	78
Тв	К	293,15	302	273,7	313,15
Тк	К	294	349	281,2	353
R	Дж/кмоль ×	8,31	8,31	8,31	8,31
RA	км	8	2,5	3	1,3
Довірча ймовір-ність $P_Г$	у разі	аварійного прогнозування, тобто за наявності всіх вихідних даних	наявності не всіх вихідних даних	наявності не всіх вихідних даних	наявності не всіх вихідних даних
L	чол.	80	95	105	130
Місце перебув персоналу		у виробничих приміщеннях з кратністю повітрообміну 1	відкрито на місцевості	у сховищах: з режимом регенерації повітря	у транспорті
Час перебува-ння	год	0,25	1	4	1

Варіанти		13	14	15	16
Назва НХР		Трихлорид фосфору	Оксид азоту	Фосген	Бензол
Q	т	25	50	10	75
Cu	кДж/кг × °С	1	0,817	1,02	1,8
$t_в$	°С	85	35	25	100
$t_к$	°С	76	21	8,2	80
λ	кДж/кг	100	272	158	396
ВСП в приземному шарі		Інверсія	Ізотермія	Конвекція	Ізотермія
u1	м/с	0,9	6,1	1	4,3
PCt50	г/см3	180	90	33	3600
Умови та тип місцевості		горбисто-балочний рельєф, лісисто-степова рослинність, листяні, літо	передгір'я, лісиста рослинність, хвойні, літо	горбисто-балочний рельєф, лісиста рослинність, хвойні, зима	горбистий рельєф, лісисто-степова рослинність, листяні, зима
ρ	кг/м-3	1574	1490	1420	883
Наявність обвалування		відсутнє	наявне	наявне	наявне
M	г/моль	137,33	46,01	98,9	78
Тв	К	302	293,15	273,7	313,15
Тк	К	349	294	281,2	353
R	Дж/кмоль ×	8,31	8,31	8,31	8,31
RA	км	2	1	1,5	0,5
Довірча ймовір-ність $P_Г$	у разі	довгострокового прогнозування	аварийного прогнозування, тобто за наявності всіх вихідних даних	наявності не всіх вихідних даних	наявності не всіх вихідних даних
L	чол.	110	90	100	150
Місце перебув персоналу		відкрито на місцевості	у виробничих приміщеннях з кратністю повітрообміну 1	відкрито на місцевості	відкрито на місцевості
Час перебува-ння	год	0,5	1	3	0,25

Варіанти		17	18	19	20
Назва НХР		Трихлорид фосфору	Фосген	Бензол	Оксид азоту
Q	т	25	100	50	10
Cu	кДж/кг × °С	1	1,02	1,8	0,817
$t_з$	°С	85	25	100	35
$t_к$	°С	76	8,2	80	21
λ	кДж/кг	100	158	396	272
ВСП в приземному шарі		Конвекція	Ізотермія	Інверсія	Конвекція
u1	м/с	3,2	3	0,5	0,8
PCt50	г/см3	180	33	3600	90
Умови та тип місцевості		рівнинно-горбистий рельєф, напівпустинна рослинність, літо	передгір'я, лісисто-степова рослинність, листяні, зима	рівнинний рельєф, степова рослинність, зима	рівнинно-хвилястий рельєф, степова рослинність, літо
ρ	кг/м-3	1574	1420	883	1490
Наявність обвалування		відсутнє	наявне	відсутнє	наявне
M	г/моль	137,33	98,9	78	46,01
Тв	К	302	273,7	313,15	293,15
Тк	К	349	281,2	353	294
R	Дж/кмоль ×	8,31	8,31	8,31	8,31
RA	км	9	0,6	1,5	4
Довірча ймовір-ність $P_Г$	у разі	довгострокового прогнозування	аварійного прогнозування, тобто за наявності всіх вихідних даних	аварійного прогнозування, тобто за наявності всіх вихідних даних	довгострокового прогнозування
L	чол.	115	90	80	85
Місце перебув персоналу		у сховищах без режиму регенерації повітря	відкрито на місцевості	приміщеннях з кратністю повітрообміну 0,5	у сховищах: з режимом регенерації повітря
Час перебува-ння	год	0,5	3	1	2

Використана література:

- Андрієнко В.І. (2006) Екологічно криза сьогодення. К.,. 187с.
- Бєгун В.В., Науменко І.М. Безпека життєдіяльності (забезпечення соціальної, техногенної та природної безпеки): Навч. Посібник. – К., 2004. 328с.
- Биченок М.М., Іванюта С.П., Яковлєв Є.Р. Ризики життєдіяльності у природно-техногенному середовищі. – К.:Ін-т проблем нац. Безпеки. 0 2008. – 160с.
- Екологічний ризик: методологія оцінювання та управління: Навч. Посібник. / Г.В. Лисиченко, Г.А. Хміль, С.В. Барбашев та інші. К: Наук. Думка, 2014. – 328 с
- Кодекс цивільного захисту України. від 02.10.2012 № 5403-VI. Електронний ресурс. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text
- Михайлюк В.О., Халмурадов Б.Д. Цивільна безпека: Навч. Посіб. – К.: Центр учбов. Літ., 2008. – 158с.
- Про затвердження Методики прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно-небезпечних об’єктах і транспорті. МВС України*;* Наказ від 29.11.2019 № 1000. Електронний ресурс. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0440-20#Text
- Стеблюк М. (2013) Цивільна оборона та цивільний захист: підручник. 3-тє витання. 487с. Електронний ресурс. Режим доступу: https://pidru4niki.com/16011013/bzhd/oseredok_himichnogo_urazhennya

11. Метод комплексного оцінювання ризиків життєдіяльності населення, зумовлених спільною дією техногенних і природних загроз

Населення України проживає у природно-техногенному середовищі, яке на сучасному етапі характеризується підвищеною небезпекою виникнення надзвичайних ситуацій. Істотними чинниками виникнення техногенних надзвичайних ситуацій є наявність на території України понад 1500 хімічно небезпечних об'єктів (ХНО), на яких зберігається або використовується у виробничій діяльності більш як 350 тис. т небезпечних хімічних речовин (насамперед хлор та аміак). Серед цих об'єктів 74 належать до 1-го ступеню небезпеки (в зонах можливого хімічного зараження від них знаходиться понад 3 тис. осіб). За даними МНС України, в зонах можливого хімічного зараження від ХНО мешкає 25,2% населення нашої держави (близько 11,6 мли осіб). Найбільше ХНО зосереджено у східних областях України (Харківська, Донецька, Луганська. Дніпровська). Застосування застарілих систем протиаварійного захисту, недосконалих технологій, зношеного обладнання значно знижують рівень безпеки ХНО.

Одним з основних чинників виникнення природних надзвичайних ситуацій в Україні є небезпечні екзогенні гсологічні процеси (НЕГП), які в останні роки активізуються на значній частині території. Серед них найнебезпечнішими для життєдіяльності населення є зсуви, підтоплення земель, карстові процеси. За даними Державної геологічної служби та ДСНС України, процеси підтоплення дедалі прогресують, а підтоплення у Херсонській, Дніпровській, Запорізькій, Миколаївській, Одеській областях та АР Крим мають регіональні масштаби. На територіях цих областей підтоплення стало частиною регіонального процесу зміни геологічного середовища, пов'язаного з інтенсивним освоєнням земель, надмірним водно-екологічним навантаженням, глобальною зміною клімату в останні роки.

Взаємозалежність зазначених чинників зумовлює багатоаспектний характер проблеми забезпечення безпеки життєдіяльності населення на територіях підвищеної хімічної і геологічної небезпеки. Як показує світовий досвід, її вирішення має базуватись на результатах комплексного оцінювання ризиків життєдіяльності в умовах можливих аварій на ХНО з урахуванням негативного впливу екзогенних геологічних процесів.

Під **ризиком життєдіяльності на територіях підвищеної хімічної й геологічної небезпеки** розуміється ймовірність втрати здоров'я або загибелі людей внаслідок аварії на ХНО та прояву НЕГП. Оцінювання ризиків життєдіяльності в цих умовах грунтується на результатах моделювання наслідків аварійного викиду небезпечних хімічних речовин, що здійснюється з урахуванням об'ємів викиду, метеорологічних умов, геометричних параметрів зони хімічного зараження (ЗХЗ). На практиці це завдання вирішують з використанням сучасних методів математичного моделювання, засобів геоінформаційних систем і технологій, які забезпечують комплексне відображення різнорідних процесів формування небезпучних ситуацій різного походження.

Метод комплексного оцінювання ризиків життєдіяльності. Комплексне оцінювання ризиків життєдіяльності, зумовлених спільною дією техногенних і природних загроз, що можуть проявитися у вигляді аварій на ХНО та НЕГП, реалізуються за таких припущень.

1) При фукнкціонуванні складної природно-техногенної системи (ПТС) ХНО-геологічне середовище можливі різні небажані події природного (H_1) і техногенного (H_2) походження, які характеризуються відповідними масштабами негативних наслідків для життєдіяльності населення на території вптиву цієї системи (ПТС).
2) Вважається, що будь-які з небажаних подій H_1 та H_2 мають певні природні чи техногенні чинники, а саме: H_1 – активізація небезпечних екзогенних геологічних

процесів, H_2 – аварії на НХО з викидом токсичних речовин. Причому, реалізація однієї з цих подій не виключає прояву іншої.

3) Функціонування зазначеної ПТС (ХНО-ГС) за сучасних умов може призвести до виникнення незалежних і сумісних негативних подій природного і техногенного походженнявідповідно у вигляді проявів НЕГП та аварій на ХНО.

З урахуванням вищезазначеного, природний ризик життєдіяльності населення на території можливого прояву НЕГП оцінюють за таким співвідношенням:

$$R_1(H_1) = P_1(H_1) \times V_1(H_1) \times K_1(H_1) \quad (11.1)$$

де $R_1(H_1)$ – колективний ризик життєдіяльності (втрати здоров'я чи загибелі населення) на даній території в результаті активізації екзогенних геологічних процесів, осіб/рік;

$P_1(H_1)$ – ймовірність прояву НЕГП на досліджуваній території (за рік);

$V_1(H_1)$ – уразливість території за прояву НЕГП, що визначається відношенням ураженої частини території до її загальної площі, частка одиниці;

$K_1(H_1)$ – просторова уразливість населення, частка одиниці;

Ймовірність прояву НЕГП у природному режимі їхнього розвитку визначають із урахуванням двох основних чинників, що впливають на її формування: просторової ураженості території та часової динаміки розвитку НЕГП, як частоти їх активізації за певний проміжок часу. Отже:

$$P_1(H_1) = V_1(H_1) \times K_{час} \quad (11.2)$$

де $V_1(H_1)$ – просторова ураженість території; $K_{час}$ – часова динаміка розвитку НЕГП.

Техногенний ризик життєдіяльності в умовах можливих аварій на ХНО оцінюють за співвідношенням:

$$R_2(H_2) = P_2(H_2) \times V_2(H_2) \times K_2(H_2) \quad (11.3)$$

де $R_2(H_2)$ –колективний ризик життєдіяльності (втрати здоров'я чи загибелі населення) на даній території при можливій аварії на ХНО з викидом НХР, осіб/рік;

$P_2(H_2)$ – ймовірність виникнення аварії на ХНО (за рік);

$V_2(H_2)$ – уразливість території за можливої аварії на ХНО, частка одиниці;

$K_2(H_2)$ – просторова уразливість населення, частка одиниці;

Ймовірність виникнення аварії на ХНО $P_2(H_2)$ визначають як середньорічну частоту хімічно небезпечний аварій у заданому регіоні, від яких можуть постраждати (захворіти або загинути) люди внаслідок отруєння. $V_2(H_2)$ та $K_2(H_2)$ визначають за методикою прогнозування наслідків виливу (викиду) НХР при аваріях на промислових об'єктах і транспорті.

Комплексне оцінювання природно-техногенного ризику життєдіяльності, що враховує спільну дію природних і техногенних чинників, базується на визначенні комбінованої ймовірності прояву подій природного (H_1) і техногенного (H_2) походження, які представлені відповідно активізацією НЕГП та аварією на ХНО. Припустивши, що ці події є незалежними, комбіновану ймовірність їх реалізації на даній території визначають за законом додавання ймовірностей сумісних подій:

$$P_3(H_3) = P(H_1 + H_2) = P_1(H_1) + P_2(H_2) - P_1(H_1) \times P_2(H_2) \quad (11.4)$$

де $P_3(H_3)$ – комбіновано ймовірність виникнення подій природного і техногенного походження; $P_1(H_1)$ – ймовірність прояву НЕГП; $P_2(H_2)$ – ймовірність виникнення аварії на ХНО.

Тож, природно-техногенний ризик життєдіяльності комплексно оцінюють за співвідношенням:

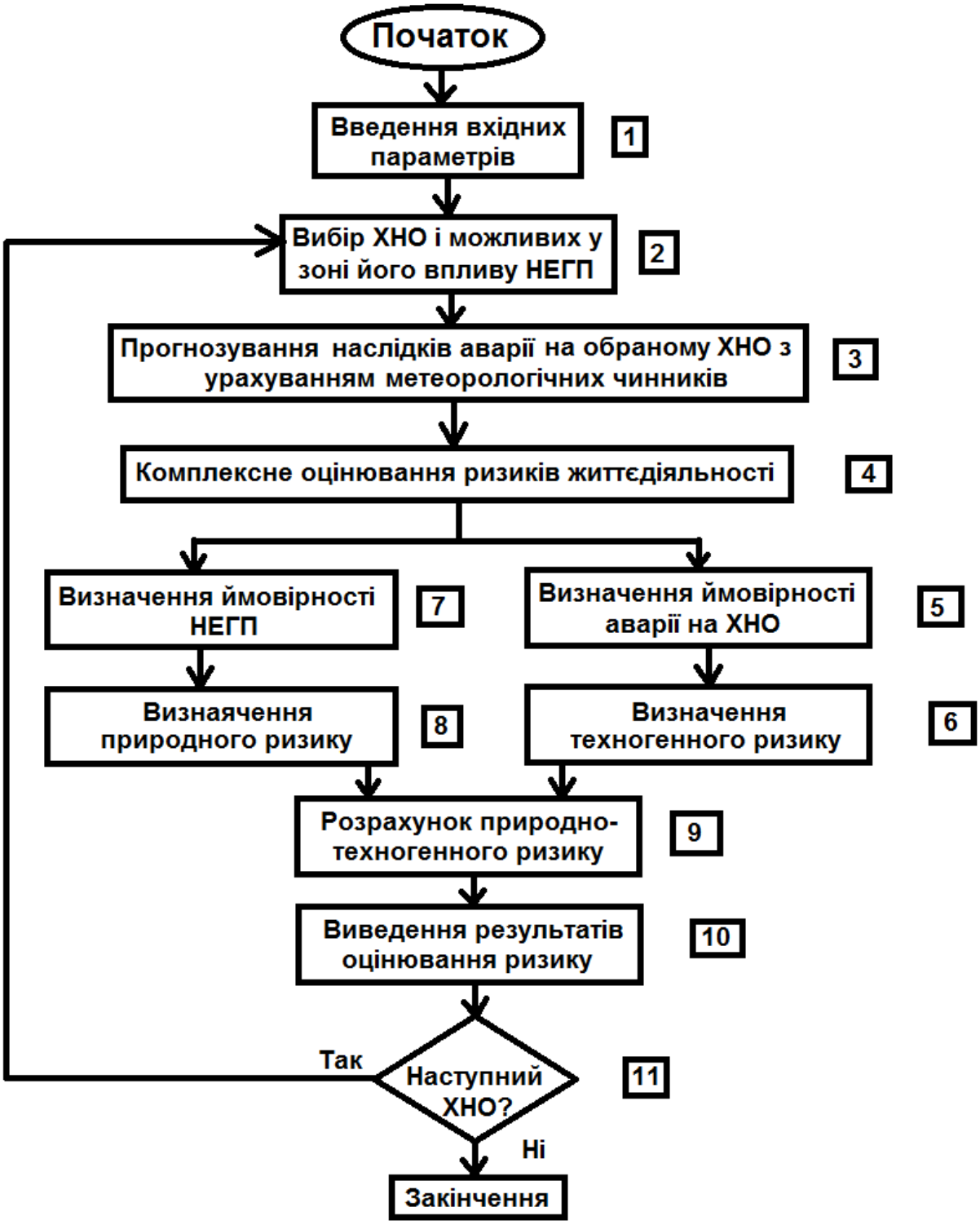
$$R_3(H_3) = P_3(H_3) \times V_3(H_3) \times K_3(H_3) \quad (11.5)$$

де $R_3(H_3)$ – загальний (колективний) ризик загибелі чи втрати здоров'я населення на даній території в умовах можливих аварій на ХНО і проявів НЕГП, осіб/рік;

$P_3(H_3)$ – комбінована ймовірність виникнення аварії на ХНО та прояву НЕГП;

$V_З(H_З)$ –уразливість території, частка одиниці;
$K_З(H_З)$ – просторова уразливість населення, частка одиниці.

Графічно, алгоритм комплексного оцінювання ризиків життєдіяльності населення згідно з цією методикою відображений на мал.1.



Малюнок 11.1 Алгоритм комплексного оцінювання ризиків зумовлених спільною дією техногенних і природних загроз

Приклад оцінювання ризику життєдіяльності населення. Аналіз територій розміщення ХНО в Україні свідчить, що виникнення аварій на них може бути зумовлене не тільки техногенними чинниками, а й ступенем ураженості промислових майданчиків і прилеглих до ХНО територій проявами НЕГП, насамперед процесами підтоплення і просідання лесових ґрунтів. Тому для підвищення обґрунтованості рішень з упереджувального реагування на техногенну небезпеку потрібно завчасно оцінювати ризики життєдіяльності від можливих аварій з урахуванням взаємодії техногенних і природних чинників, зумовлених проявами НЕГП як у межах промислових майданчиків, так і в зонах можливого впливу викидів НХР. Це зумовлює необхідність урахування небезпеки прояву НЕГП у місцях знаходження ХНО.

В умовах спільної задачі (табл. 1) розглянута можлива аварія на хімічно-небезпечному об’єкті у сукупності із проявами на цій території НЕГП - підтоплення.

Приклад виконання завдання:

Q1	u1	PCt50	Стан атмосфери у приземному шарі повітря / параметр вертикальної стійкості повітря (є)	Умови рельєфу, рослинності, сезону / комплексного показника Кр	Ra	Довірча ймовірність РГ	К-сть зареєстрованих аварій на ХНО	К-сть ХНО в країні	Загальна площа області	К-сть населення в ЗМХЗ	Загальна к-сть населення	Активізація НЕГП	Уражена НЕГП площа Sn	К-сть населе-ння на території можливого прояву НЕГП
т	м/с	г/см3			км		шт / рік		км2	чол.	чол.		км2	чол.
300	3	ацетон-ціангідрін	Ізотермія	рівнинний, степовий, літо	5	Аварійне прогнозування з всіма даними	4	1575	12 777	71781	1929200	1 раз за 13	96,3	463008

Оцінювання техногенного ризику життєдіяльності. Для моделювання техногенного ризику життєдіяльності використовуються затверджена на державному рівні «Методика прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об’єктах і транспорті». В її рамках передачається:

- Оцінка хімічної обстановки:
  - масштабів хімічного забруднення;
  - ступеня небезпеки хімічного забруднення;
  - тривалості хімічного забруднення.
- Оперування такими основними показниками як:
  - радіус R_A, (км) та площа S_A (км-^{2}) району аварії;
  - глибина Г (км) та площа S (км$^{-2}$) поширення хмари НХР.

Глибина поширення хмари НХР з урахуванням метеорологічних та топографічних умов, впливу температури повітря на кількість НХР, що переходить у забруднюючу хмару, визначається за формулою:

$$Г_{1р} = b_1 \times \left(\frac{Q_1}{u_1 \times PC_{t50}} \right)^a \quad (11.6)$$

де Q_1 – кількість НХР, що переходить у первинну хмару (т);

u_1 – швидкість вітру на висоті 1-10 м (м/с);

PC_{t50} – значення порогової токсодози (г × с/м-2). Фізико-хімічні властивості деяких НХР зазначені в таблиці 2.

а та b_1 – коефіцієнти, що залежать від вертикальної стійкості повітря в приземному шарі:

$$a = 0,57 \times \exp(0,86 \times \varepsilon) \quad (11.7)$$

$$b_1 = 15,4 \times \exp(6,96 \times \varepsilon) \quad (11.8)$$

де ε – параметр вертикальної стійкості повітря в приземному шарі, що дорівнює:

- для ізотермії = 0;
- для конвекції = -0,1 до -0,2;
- для інверсії - 0,1 - 0,2.

(рекомендовано брати верхні межі інтервалів)

Таблиця 11.2

ЗНАЧЕННЯ

фізико-хімічні властивості деяких НХР

(Методики прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об’єктах і транспорті)

№ з/п	Назва НХР	Молекулярна маса, М (г/моль)	Густина ρ, (кг/м$^{-3}$)		Температура кипіння tк/Тк, (°С)	Питома теплота випаровування λ, (кДж/кг)	Питома теплоємність рідини Cυ (кДж/кг × °С)	Порогова токсодоза PCt50 (г × с/м$^{-3}$)
			Газ	Рідина				
1	Акрилонітрил	53,06	2,24	813	77,3	575	2,03	45
2	Акролеїн	56,07	2,37	839	52,7	542,2	2,15	12
3	Ацетонітрил	41,05	-	786	82	724,7	-	1296
4	Ацетонціан-гідрін	85,11	-	932	120	558,1	-	114
5	Бензол	78	3,5	883	80	396	1,8	3600
6	Бромоводень	80,9	3,5	1490	-67,8	217	0,74	144
7	Бромометан	94,94	-	1732	4	253	0,428	72
8	Диметиламін	45	1,95	661	7	591	3	60
9	Етиленімін	43,01	-	832	57	389,2	-	288
10	Етиленсуль-фід	60,12	-	1005	55	-	-	6

11	Етилмеркап-тан (етантіол)	62,13	-	839	35	431	-	132
12	Метантіол (метилмеркап-тан)	48,1	-	867	6	511,12	1,85	102
13	Метиламін	31,06	1,4	699	-6,3	824,2	-	72
14	Метилакри-лат	86,09	-	953	80,2	384,5	2,01	360
15	Миш'якови с-тий водень	77,94	3,5	1640	-62,5	214	0,494	12
16	Монооксид вуглецю	28,01	0,968	1000	-191,5	216,5	2,19	1620
17	Оксид азоту	46,01	-	1490	21	272	0,817	90
18	Оксид етилену	44,05	1,7	887	10,7	554,2	1,096	3600
19	Оксихлорид фосфору	153,33	-	1645	105,8	100	1	3,6
20	Сірководень	34,1	1,5	964	-60,4	310	2,01	966
21	Сірковуглець	76,14	6	1263	46,2	377,8	0,991	2592
22	Сірчистий ангідрид (діоксин сірки)	64,07	2,9	1462	-10,1	361,3	1,45	194
23	Синильна кислота (ціаністий водень)	27	0,9	689	25,6	933	2,62	12
24	Соляна кислота (хлористий водень)	36,5	1,64	1191	-85,1	300	1,75	120
25	Триметиламін	59,11	-	671	2,9	388	-	360
26	Трихлорид фосфору	137,33	-	1574	76	100	1	180
27	Формальдегід (формалін)	30	1,03	815	-19,3	273	2,34	36
28	Фосген	98,9	3,48	1420	8,2	158	1,02	33
29	Фтороводень	20,01	0,92	980	19,5	1560	2,49	240

30	Фтор	38	1,7	1512	-188	727	1,51	12
31	Хлор	70,91	3,2	1557	-34,6	288,5	0,876	36
32	Хлорпікрін	164,38	-	1658	112,3	359	1,36	1,2
33	Хлорціан	61,5	2,52	1258	12,6/285,6	208	1,49	45
34	Хлорометан	50,49	2,3	983	-0,097267	424	1,607	648

Завдання: *Спираючись на наведений приклад провести обрахунок зазначених параметрів відповідно до вказаного варіанту,:*

1) Оскільки у прикладі параметром вертикальної стійкості повітря визначено ізотермію, то відповідно, параметр ε = 0, тому:

$$a = 0{,}57 \times \exp(0{,}86 \times \varepsilon) = 0{,}57 \times \exp(0{,}86 \times 0) = 0{,}57$$

a = 0,57

$$b_1 = 15{,}4 \times \exp(6{,}96 \times \varepsilon) = 15{,}4 \times \exp(6{,}96 \times 0) = 15{,}4$$

b_1 = 15,4

2) Орієнтуючися на табличні (табл. 2) дані фізико-хімічні властивості деяких НХР встановлюється значення порогової токсодози (PC_{t50}). В даному прикладі для вказаної речовини – ацетонціангідрін – PC_{t50} = 114 г × с/м$^{-3}$

3) Відповідно глибина поширення хмари НХР:

$$\Gamma_{1p} = b_1 \times \left(\frac{Q_1}{u_1 \times PC_{t50}}\right)^a = 15{,}4 \times \left(\frac{300}{3 \times 114}\right)^{0{,}57} = 14{,}29$$

Γ_{1p} = 14,29 км

Вплив типу місцевості на значення глибини поширення хмари НХР вираховується шляхом множення величини Γ_{1p} на коефіцієнт впливу місцевості $К_м$ (табл 4), що в свою чергу базується на визначеному комплексному показнику $К_р$ (табл. 3).

$$\Gamma = \Gamma_{1p} \times К_м \qquad (11.9)$$

Таблиця 11.3

ЗНАЧЕННЯ комплексного показника Кр

(Методики прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті)

Вид рослинності	Тип лісу	Вид рельєфу					
		рівнинний	рівнинно-хвилястий	рівнинно-горбистий	горбисто-балочний	горбистий	передгір'я
Літо							
Лісиста	хвойні	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6
	змішані	0,6	0,8	0,9	0,9	1	1,2
Лісисто-степова	хвойні	0,6	0,8	1	1,1	1,2	1,5
	листяні	0,4	0,6	0,8	0,9	0,9	1,1
Степова		0,3	0,4	0,7	0,8	0,8	1
Напівпустинна		0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,8
Зима							
Лісиста	хвойні	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,6
	змішані	0,4	0,6	0,7	1	0,9	1,1
Лісисто-степова	хвойні	0,5	0,7	0,8	0,9	1	1,3
	листяні	0,2	0,3	0,5	0,6	0,7	1
Степова		0,1	0,2	0,4	0,5	0,6	0,9
Напівпустинна		0,05	0,1	0,3	0,5	0,6	0,8

Таблиця 11.4

ЗНАЧЕННЯ
коефіцієнта впливу місцевості Км
(Методики прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті)

Значення комплексного показника Кр	Стан атмосфери в приземному шарі повітря		
	конвекція	ізотермія	інверсія
0,05	1,0	1,0	1,0
0,1	0,8	0,8	0,9
0,2	0,5	0,6	0,6
0,3	0,4	0,5	0,5
0,4	0,3	0,4	0,5
0,5	0,3	0,4	0,4
0,6	0,3	0,3	0,4
0,7	0,2	0,3	0,4
0,8	0,2	0,3	0,4
0,9	0,2	0,2	0,3
1,0	0,1	0,2	0,3
1,1	0,1	0,2	0,2
1,2	0,1	0,1	0,1
1,3	0,1	0,1	0,1
1,4	0,05	0,05	0,05
1,5	0,05	0,05	0,05
1,6	0,05	0,05	0,05

4) Для встановлення комплексного показника Кр до уваги беруться вказані у вихідних даних умови рельєфу, рослинності та сезону. В досліджуваному випадку Кр = 0,3. Відповідно значення коефіцієнта впливу місцевості Км = 0,5.
5) Встановлюється остаточно глибина поширення хмари НХР:

$$Г = Г_{1р} \times К_м = 14,29 * 0,5 = 7,15км$$

Г = 7,15км

Усе зазначене, в першу чергу є необхідним для встановлення масштабів хімічного забруднення. Тож, наступним кроком є визначення *можливої площі ЗХЗ* (або площі хмари НХР), км^2.

Під **зоною хімічного забруднення (ЗХЗ)** розуміють територію, яка включає осередок хімічного забруднення, де фактично розлита НХР і ділянки місцевості, над якими утворилась хмара НХР.

$$S_M = \frac{(Г + R_A)^2 \times \varphi}{60} \qquad (11.10)$$

де Г – глибина поширення первинної (вторинної) хмари НХР (км);
R_A – радіус району аварії (км)
φ – є половиною кута сектора (град), у межах якого можливе поширення хмари НХР із заданою довірчою імовірністю $Р_Г$. Значення кута φ (град) залежно від ступеня вертикальної стійкості повітря в приземному шарі та довірчої імовірності $Р_Г$ наведені в таблиці 5.
Інтервал, за межі якого похибка не вийде з певною ймовірністю, називається **довірчим інтервалом**, а характеризує його ймовірність - **довірча ймовірність.**

Довірча ймовірність РГ визначає характер задач, що вирішуються:

- у разі довгострокового прогнозування $P_Г = 0,9$;
- у разі аварійного прогнозування, тобто за наявності всіх вихідних даних про об'єкт в умовах викиду (виливу) НХР $P_Г = 0,5$;
- у разі наявності не всіх вихідних даних $P_Г = 0,75$.

Таблиця 11.5

ЗНАЧЕННЯ

кута φ залежно від ступеня вертикальної стійкості повітря в приземному шарі та довірчої імовірності $P_Г$

(Методики прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті)

	Стан атмосфери у приземному шарі повітря	Значення $P_Г$		
		0,5	0,75	0,9
Хмара НХР	інверсія	9	15	20
	ізотермія	12	20	25
	конвекція	15	25	30

6) Тож, наступним кроком встановлюється довірча імовірність **$P_Г$** виходячи з вказаних умов та наявності необхідних даних. У прикладі розглядається аварійне прогнозування з всіма наявними даними, тому параметр приймається за **0,5**.
7) Використовуючи визначений показние та таблицю 5 обирається половина кута сектора (град), у межах якого можливе поширення хмари НХР – **φ = 12**.
8) Зібраний обсяг даних дозволяє розрахувати можливу площу ЗХЗ:

$$S_M = \frac{(Г + R_A)^2 \times \varphi}{60} = \frac{(7{,}15 + 5)^2 \times 12}{60} = 29{,}5км^2$$

$S_м = 29,5$ км^2

Окрім можливої площі, у умовах виникнення аварії доцільним є знання щодо площі максимального поширення токсичної хмари, визначення якої передбачає застосування формули (11).

$$S_{max} = П \times R_A^2 \qquad (11.11)$$

9) Використовуючи наявні відомості щодо радіус району аварії R_A проводиться розрахунок:

$$S_{max} = П \times R_A^2 = 3{,}14 \times 5^2 = 78{,}5 \text{ км}^2$$

$S_{max} = 78,5$ км^2

Встановлення цих параметрів дозволяє подальший перебіг встановлення техногенного ризику життєдіяльності. Можливість виникнення аварії на ХНО з викидом токсичних речовин визначають як середньорічну частоту хімічно небезпечних аварій у заданому регіоні. Наприклад, у 2005 році, в Україні зареєстровано 4 аварії на ХНО з викидом НХР, внаслідок яких постраждало 6 людей. Загальна кількість ХНО в Україні 1575 об'єктів.

10) Відповідно визначають статичтичну ймовірність аварії на ХНО за рік $P_2(H_2)$:

$$P_2(H_2) = 4 / 1575 = 2{,}5 \times 10^{-3}$$

$P_2(H_2) = 2,5 \times 10^{-3}$

Техногенний ризик життєдіяльності крім ймовірності аварії на ХНО залежить від коуфіцієнтів уразливості території населення.

11) Уразливість території $V_2(H_2)$ за можливої аварії на ХНО визначають за відношенням площі ураженої частини території досліджуваної області до її загальної площі:

12) $V_2(H_2) = 29{,}5 / 12\,777 = 2{,}3 \times 10^{-3}$

13) $V_2(H_2) = 2,3 \times 10^{-3}$

14) Просторову уразливість населення регіону $K_2(H_2)$ розраховують за відношенням кількості населення в ЗМХЗ до загальної кількості населення олбасті:

$$K_2(H_2) = 71\,781 / 1\,929\,200 = 3{,}72 \times 10^{-2}$$

$$\mathbf{K_2(H_2) = 3{,}72 \times 10^{-2}}$$

15) Підсумовуючи, індивідуальний техногенний ризик життєдіяльності населення у зоні можливого хімічного зараження обчислюють, використовуючи усі зібрані дані:

$$R_2(H_2) = P_2(H_2) \times V_2(H_2) \times K_2(H_2) = 2{,}5 \times 10^{-3} \times 2{,}3 \times 10^{-3} \times 3{,}72 \times 10^{-2} = 2{,}18 \times 10^{-7}$$

$$\mathbf{R_2(H_2) = 2{,}18 \times 10^{-7}}$$

Оцінювання природного ризику життєдіяльності. Як вже зазначалося в попередніх роботах, ймовірність прояву НЕГП у природному режимі їхнього розвитку P_1 істотно залежить від часової динаміки розвитку цих процесів і просторової уразливості території НЕГП. Активізація НЕГП становить 1 раз від 3-4 до 11-30 років.

16) Частоту активізації НЕГП за певний проміжок часу Т визначають за знайомою із попередніх практичних робіт залежністю:

$$K_{час} = 1 / T = 1 = 1 / 13 = 7{,}69 \times 10^{-2}$$

$$\mathbf{K_{час} = 7{,}69 \times 10^{-2}}$$

17) Просторову уразливість території області маожливої ЗХЗ процесами підтоплення розраховують як частину сумарної площі зон підтоплення у межах ЗМХЗ:

$$V_1(H_1) = S_n / S = 96{,}3 / 12\,777 = 7{,}5 \times 10^{-3}$$

$$\mathbf{V_1(H_1) = 7{,}5 \times 10^{-3}}$$

18) З урахуванням усього вищезазначеного, ймовірність прояву процесів підтоплення у ЗМХЗ визначається наступним чином:

$$P_1(H_1) = V_1(H_1) \times K_{час} = 7{,}5 \times 10^{-3} \times 7{,}69 \times 10^{-2} = 5{,}8 \times 10^{-4}$$

$$\mathbf{P_1(H_1) = 5{,}8 \times 10^{-4}}$$

19) Просторова уразливість населення $K_1(H_1)$ обчислюється як відношення кількості населення на території можливого прояву НЕГП до загальної кількості населення області:

$$K_1(H_1) = 463\,008 / 1929200 = 0{,}24$$

$$\mathbf{K_1(H_1) = 0{,}24}$$

20) Тож, *індивідуальний природний ризик життєдіяльності* $R_1(H_1)$ від впливу процесів підтоплення в можливій ЗХЗ становитиме:

$$R_1(H_1) = P_1(H_1) \times V_1(H_1) \times K_1(H_1) = 5{,}8 \times 10^{-4} \times 7{,}5 \times 10^{-3} \times 0{,}24 = 1{,}05 \times 10^{-6}$$

$$\mathbf{R_1(H_1) = 1{,}05 \times 10^{-6}}$$

Оцінювання ідивідуальний природно-техногенного ризику життєдіяльності.

21) Припустивши, що актвізація НЕГП та аварія на ХНО є подіями незалежними, визначається комбінована ймовірність їх реалізації $P_3(H_3)$:

$$P_3(H_3) = P(H_1 + H_2) = P_1(H_1) + P_2(H_2) - P_1(H_1) \times P_2(H_2) = 5{,}8 \times 10^{-4} + 2{,}5 \times 10^{-3} - 5{,}8 \times 10^{-4} \times 2{,}5 \times 10^{-3} = 3{,}1 \times 10^{-3}$$

$$\mathbf{P_3(H_3) = 3{,}1 \times 10^{-3}\ (випадок\ на\ рік)}$$

22) *Індивідуальний природно-техногенний ризик життєдіяльності* населення розраховується за вказаною вище формулою (5), де $V_3(H_3) = V_2(H_3)$, $K_3(H_3) = K_2(H_3)$:

$$R_3(H_3) = P_3(H_3) \times V_3(H_3) \times K_3(H_3) = 3{,}1 \times 10^{-3} \times 2{,}3 \times 10^{-3} \times 3{,}72 \times 10^{-2} = 2{,}7 \times 10^{-7}$$

$$\mathbf{R_3(H_3) = 2{,}7 \times 10^{-7}}$$

Отже, методика комплексного оцінювання ризиків життєдіяльності в умовах можливих аварій на ХНО та активізації НЕГП дає можливість досліджувати динаміку ризиків життєдіяльності природного, техногенного, природно-техногенного характеру.

Практична робота №11

Метод комплексного оцінювання ризиків життєдіяльності населення, зумовлених спільною дією техногенних і природних загроз

	Q1	u1	PCt50	Стан атмосфери у приземному шарі повітря / параметр вертикальної стійкості повітря (є)	Умови рельєфу, рослинності, сезону / комплексного показника Кр	Ra	Довірча ймовірність РГ	К-сть зареєстрованих аварій на ХНО	К-сть ХНО в країні	Загальна площа області	К-сть населення в ЗМХЗ	Загальна к-сть населення	Активізація НЕГП	Ураже-на НЕГП площа Sn	К-сть населення на території можливого прояву НЕГП
	т	м/с	г/см3			км		шт / рік		км2	чол.	чол.		км2	чол.
Варіант №1	321	5,7	Етилен-сульфід	Ізотермія	рівнинно-хвилястий рельєф, рослинність лісисто-степова, хвойна, зима	14	Довгостро-кове прогнозування	3	1399	11 882	68977	1649500	1 раз за 11	85,2	399955
Варіант №2	401	1,7	Метиламін	Інверсія	горбистий рельєф, рослинність лісиста, змішана, літо	21	Прогнозування у разі наявності не всіх вихідних даних	5	1400	13 655	55732	1329170	1 раз за 30	71,3	401111
Варіант №3	278	3,4	Триметиламін	Інверсія	рівнинно-хвилястий рельєф, рослинність напівпустинна, літо	15	Прогнозування у разі аварійного прогнозування, тобто за наявності всіх вихідних даних	7	1245	17 005	77229	995329	1 раз за 3	61,4	349201
Варіант №4	389	5,5	Трихлорид фосфору	Ізотермія	передгір'я, рослинність Лісисто-степова, хвойна, зима	25	Прогнозування у разі наявності не всіх вихідних даних	3	1611	21 400	40551	1005643	1 раз за 4	30,8	290115
Варіант №5	270	0,4	Фтор	Конвекція	горбисто-балочний рельєф, рослинність степова, зима	100	Прогнозування у разі довгостроко-вого прогнозування	4	2150	25 380	37559	1043105	1 раз за 15	16,2	275200
Варіант №6	205	3,2	Сірководень	Конвекція	рівнинно-горбистий рельєф, рослинність степова, літо	75	Прогнозування у разі наявності не всіх вихідних даних	7	2113	15 885	43325	899895	1 раз за 20	20,9	175992

	Q1	u1	PCt50	Стан атмосфери у приземному шарі повітря / параметр вертикальної стійкості повітря (є)	Умови рельєфу, рослинності, сезону / комплексного показника Кр	Ra	Довірча ймовірність РГ	К-сть зареєстрованих аварій на ХНО	К-сть ХНО в країні	Загальна площа області	К-сть населення в ЗМХЗ	Загальна к-сть населення	Активізація НЕГП	Ураже-на НЕГП площа Sn	К-сть населення на території можливого прояву НЕГП
	т	м/с	г/см3		степова, літо	км		шт / рік		км2	чол.	чол.		км2	чол.
Варіант №7	345	2,7	Акрилоніт-рил	Ізотермія	передгір'я, рослинність лісиста, змішана, літо	49,5	Прогнозування у разі аварійного прогнозування, тобто за наявності всіх вихідних даних	3	1300	23 711	35667	1009115	1 раз за 17	17,5	100092
Варіант №8	205	4	Сірчистий ангідрид	Інверсія	горбисто-балочний рельєф, рослинність напівпустинна, літо	27,1	Прогнозування у разі довгостроково-го прогнозування	4	1606	31 914	50772	2668744	1 раз за 3	40,7	200600
Варіант №9	283	1,5	Бромово-день	Конвекція	рівнинний рельєф, рослинність напівпустинна, зима	67,9	Прогнозування у разі наявності не всіх вихідних даних	8	1039	20 047	44552	867201	1 раз за 12	16,3	350553
Варіант №10	345	0,6	Миш'яковис-тий водень	Інверсія	горбистий рельєф, рослинність лісисто-степова, листяні, зима	63,4	Прогнозування у разі аварійного прогнозування, тобто за наявності всіх вихідних даних	3	918	20 900	37449	539179	1 раз за 4	22,8	205117
Варіант №11	283	2	Оксид азоту	Ізотермія	рівнинно-хвилястий рельєф, рослинність лісиста, хвойні, літо	56,7	Прогнозування у разі довгостроково-го прогнозування	5	1000	23 834	21950	933995	1 раз за 16	80,3	340545

	Q1	u1	PCt50	Стан атмосфери у приземному шарі повітря / параметр вертикальної стійкості повітря (є)	Умови рельєфу, рослинності, сезону / комплексного показника Кр	Ra	Довірча ймовірність РГ	К-сть зареєстрованих аварій на ХНО	К-сть ХНО в країні	Загальна площа області	К-сть населення в ЗМХЗ	Загальна к-сть населення	Активізація НЕГП	Ураже-на НЕГП площа Sn	К-сть населення на території можливого прояву НЕГП
	т	м/с	г/см3		степова, літо	км	. .	шт / рік		км2	чол.	чол.		км2	чол.
Варіант №12	344	6,1	Хлорометан	Ізотермія	передгір'я, рослинність лісисто-степова, хвойні, зима	40,3	Прогнозування у разі аварійного прогнозування, тобто за наявності всіх вихідних даних	2	1331	13 823	15777	1505131	1 раз за 3	20,95	221545
Варіант №13	419	1,3	Диметиламін	Інверсія	горбисто-балочний рельєф, рослинність степова, зима	29,8	Прогнозування у разі аварійного прогнозування, тобто за наявності всіх вихідних даних	5	905	31 415	20455	799470	1 раз за 4	88,1	178599
Варіант №14	389	2,4	Фосген	Конвекція	передгір'я, рослинність лісиста, хвойна літо	79,9	Прогнозування у разі довгостроко-вого прогнозування	8	996	31 415	44777	505677	1 раз за 3	82,4	165766
Варіант №15	7	3,4	Синильна кислота (ціаністий водень)	Конвекція	рівнинний рельєф, рослинність степова, зима	38,1	Прогнозування у разі наявності не всіх вихідних даних	5	1655	26 513	74143	1000700	1 раз за 18	66,9	111399
Варіант №16	200	1,9	Хлор	Ізотермія	горбистий рельєф, рослинність степова, зима	50,2	Прогнозування у разі довгостроково-го прогнозування	9	1590	33 310	30113	548088	1 раз за 29	30,9	100885

	Q1	u1	PCt50	Стан атмосфери у приземному шарі повітря / параметр вертикальної стійкості повітря (є)	Умови рельєфу, рослинності, сезону / комплексного показника Кр	Ra	Довірча ймовірність РГ	К-сть зареєстрованих аварій на ХНО	К-сть ХНО в країні	Загальна площа області	К-сть населення в ЗМХЗ	Загальна к-сть населення	Активізація НЕГП	Ураже-на НЕГП площа Sn	К-сть населення на території можливого прояву НЕГП
	т	м/с	г/см3		степова, літо	км	..	шт / рік		км2	чол.	чол.		км2	чол.
Варіант №17	115	0,8	Ацетонітрил	Інверсія	рівнинно-хвилястий рельєф, рослинність лісисто-степова, листяні, зима	100	Прогнозування у разі наявності не всіх вихідних даних	4	1770	24 598	23455	2099121	1 раз за 4	50	121444
Варіант №18	204	2,2	Метантіол	Інверсія	горбисто-балочний рельєф, рослинність лісиста, змішана, літо	89,3	Прогнозування у разі аварійного прогнозування, тобто за наявності всіх вихідних даних	5	1020	20 047	11404	465944	1 раз за 3	71,6	108559
Варіант №19	277	3,7	Соляна кислота	Ізотермія	горбистий рельєф, рослинність лісиста, хвойні, літо	26,8	Прогнозування у разі наявності не всіх вихідних даних	3	1877	28 711	10556	1101229	1 раз за 11	44,6	144559
Варіант №20	291	2,9	Формальдегід	Конвекція	рівнинно-горбистий рельєф, рослинність степова, літо	35,7	Прогнозування у разі аварійного прогнозування, тобто за наявності всіх вихідних даних	2	2231	35 667	19788	2554773	1 раз за 3	20,75	190669

Використана література:

- Адаменко О.М., Рудько Г.И. Основы экологической геологии. - К., 1995.
- Буравльов Є.П., Дрозд І.П., Коваль Г.М. Класифікація і управління техногенними ризиками // Екологія і ресурси: 36. наук, праць. -К., 2003.-Вип. 7.-С. 17-25.
- Гошовський С.В., Рудько Г.І., Преснер Б.М. Екологічна безпека техногенних систем у зв'язку з катастрофічним розвитком геологічних процесів. -Л.; К., 2002.
- Екологічний ризик: методологія оцінювання та управління: Навч. Посібник. / Г.В. Лисиченко, Г.А. Хміль, С.В. Барбашев та інші. К: Наук. Думка, 2014. – 328 с.
- Методика прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об’єктах і транспорті. Наказ № 1000б 29.11.2019 МВС України
- Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2010р. – К: МНС України, 2011. – 215с.
- Носовский А.В. Безопасность жизнедеятельности. – К. : ІВЦ «Політехніка», 2005. – 228с.
- Экономические проблемы рационального природопользования и охраны окружающей среды / Под ред. Т.С. Хачатурова. - М., 1982.

12. Оцінка ризику для здоров'я населення

У сучасному світі аналіз ризику для здоров'я населення з суто практичного інструменту, розробленого для прийняття управлінських рішень, трансформувався в один із найважливіших елементів оцінки не тільки несприятливого впливу та гігієнічного нормування факторів довкілля, але й екології, як інтегрованої, міждисциплінарної науки, що вивчає взаємозв'язки людини з середовищем існування.

Активний розвиток широкого спектру промислових напрямків супроводжується змінами якісного стану навколишнього середовища (НС), таким чином, що індекс геоакумуляції (Barbier M., 2016) все частіше вказує на «сильне або надзвичайно сильне» забруднення важкими металами, вуглеводнями й іншими забруднюючими елементами. А отже, проживання та людська праця в таких місцях представляє реальну загрозу здоров'ю через перманентний вплив, що відбувається різними шляхами (вживання води, дермальний контак та ін.). Так, наприклад, високі концентрації *кадмію* з часом спричиняють високий кров'яний тиск, пошкодження скелета, розвиток діабету і рак (Horiguchi et al. 2013; Nawab et al. 2016); вплив *свинцю* проявляється у розладі нирок, нервової системи, болей в животі та анемії (Edet A., etc., 2021, Steenland and Boffetta 2000; Silbergeld 2003); *хрому* – у пришвидшенні розвитку різного роду пухлин, раку шлунку та суттєвому ослаблені імунітету (Iqbal et al. 2012; Liu et al. 2013); а *цинк*, в свою чергу призводить до серцевої астми та сидеробластної анемії (Steenland and Boffetta 2000).

Одною з основних сфер, що часто зумовлюють розвиток таких проблем є видобувна діяльність. Стримування та мінімізація забруднення в регіонах де вона є особливо інтенсивною, незавжди є повністю успішною. Зростання кількості населення, економічна маргінальність (#), зменшення можливостей працевлаштування в поєднанні з постійним попитом на видобувні ресурси значною мірою провокують нехтувати рядом аспектів для збереженнч НС та здоров'я (Naz et al. 2016a; Ihedioha et al. 2017; Raj et al. 2017; Kumari et al. 2018). З цих причин визначення вмісту шкідливих компонентів на територіях різного земле- та водокористування є необхідним для своєчасного виявлення їх токсичності та потенційної загрози для людей, які проживають на прилеглих околицях (Nawab et al. 2016; Jiang et al. 2017). Даний підхід є очевидною можливістю упередження розвитку гострих та хронічних захворювань у людини при тривалому впливі.

Економічна маргінальність проявляється в високому рівні безробіття і низькому рівні доходів тих соціальних груп, які не змогли пристосуватися до швидко мінливих умов ринку і підвищенням вимог до претендентів на заміщення вакантних посад (Маді Г., 2021).

Запровадження методології оцінки ризику в даному контексті розглядається як оптимальний шлях вирішення цілого ряду питань:

- ✓ оптимізації відбору пріоритетних факторів для проведення моніторингу, визначенні джерел забруднення НС, виборі точок і засобів для контролю, обґрунтуванні вибору індикаторних показників для середовищ, які впливають, і популяцій, які піддаються цьому впливу (Мокієнко А.В., та ін., 2017).
- ✓ отриманні чисельного виміру впливу негативних чинників довкілля на здоров'я населення, пріоритезуванні низки різнопланових природоохоронних проблем і таким чином встановлення першочерговості фінансування відповідних профілактичних заходів за умов обмежених бюджетних ресурсів (Турос О., 2008).

Першочергово, процес оцінки ризику для здоров'я населення включає такі етапи:

1) *Ідентифікацію небезпеки* або формулювання проблеми – врахування усіх хімічних речовин, що забруднюють навколишнє середовище (НС), визначення шкідливого характеру їх дії на людей або екосистеми.

2) *Оцінка експозиції* – оцінка того, якими шляхами і через які об'єкти природного середовища, на якому кількісному рівні та за якої тривалості впливу має місце реальна чи очікувана експозиція, а також оцінка отриманих доз та чисельності населення, що підлягає впливу такої експозиції.

Експозиція - кількісний рівень надходження речовини до організму людини певним шляхом

Якщо експозиція має місце протягом певного часу, то її загальне значення повинне бути розділене на той часовий інтервал який представляє інтерес для дослідження. Одержана стандартизована за часом і масою тіла експозиція називається «*надходження*» (Лисиченко Г. та ін. 2011, 2014). Його розрахунок передбачає кількісне встановлення експозиції для кожної хімічної речовини при конкретних шляхах дії. Розмірність досліджуваної величини характеризується у одиницях маси хімічної сполуки, що знаходиться в контакті з одиницею маси тіла людини.

Іншими словами, оцінка ризику для здоров'я є математичним інструментом для оцінки природи, ймовірності та величини канцерогенних та неканцерогенних впливів токсичних речовин, як на даний час, так і у тривалій перспективі (усього життя людини). Встановлення коефіцієнтів небезпеки, що є фактичними доказами ступеню безпечності контактування з тим чи іншим середовищем базується на двох специфічних параметрах: референтній дозі відносно надходження токсичного елемента до організму (RfD) та середньодобовій дозі, яка потрапляє до організму (I) (Naz, A. 2016b).

$$HQ = \frac{I}{RfD} \tag{12.1}$$

Референтна доза (RfD) – добовий вплив хімічної речовини протягом життя, що встановлюється з урахуванням всіх наявних сучасних наукових даних та, імовірно, не призводить до виникнення ризику для здоров`я чутливих груп населення.

Оцінка неканцерогенних ризиків для здоров'я людини через контакт із забрудненою водою відбувається із диференціацією ступеню впливу на дорослих та дітей в два етапи:

1) Визначення середньодобової дози забрудненої води, як надходить до організму (чи дермального контакту);
2) Встановлення коефіцієнтів небезбеки від вжитого.

У випадку, коли токсичний елемент потрапляє до організму шляхом *внутрішнього вживання* розрахунок середньодобової дози виконується на основі формули 12.2.

$$I = \frac{C \times CR \times EF \times ED}{BW \times AT} \tag{12.2}$$

де, I – надходження, мг/(кг*добу)

C – концентрація хімічної речовини, мг/л

CR – величина контакту, кількість забрудненого середовища, що контактує з тілом людини за одиницю часу або за один випадок дії, л (за день)

EF – частота дії, кількість днів на рік

ED – тривалість дії, кількість років

BW – маса тіла, кг

AT – час усереднювання

У випадку, коли токсичний елемент потрапляє до організму через *дермальний контакт* із забрудненою водою, розрахунок середньодобової дози виконується на основі формули 12.3 (Naz A., etc., 2018)

$$I_{derm} = \frac{C \times SL \times SA \times ABS \times EF \times ED \times 10^{-6}}{RW \times AT} \tag{12.3}$$

Загальний неканцерогенний ризик від тривалого знаходження на території із забрудненою водою визначається сумою визначених відносно кожного із шляхів надходження впливу коефіцієнтів небезпеки (ф. 12.4).

$$HI = HQ_{ing} + HQ_{derm} \quad (12.4)$$

За умови HI < 1 – вода досліджуваного району вважається безпечною, значення HI > 1 підтверджує факт, що місцеве населення (працівники) піддаються неканцерогенному впливу (ризику).

Завдання: *Відповідно до вказаного варіанту:*

Завдання 1*. Визначити величини коефіцієнтів небезбеки надходження токсичної речовини до дитячого та дорослого організмів внаслідок регулярного внутрішнього вживання забрудненої води та дермального контакту з нею. Встановити загальний неканцерогенний ризик від знаходження на території із забрудненою водою.*

Приклад виконання завдання:

C (мг/л)	CR (л)		EF (днів/рік)	ED (рр)		BW (кг)		AT (днів)		RfD (мг/кг за день)	SL (мг/см3/год)		SA (см2)		ABS	
	дорослі	діти		дорослі	діти	дорослі	діти	дорослі	діти		дорослі	діти	дорослі	діти	дорослі	діти
0,023	2	0,7	365	30	12	60	27	10950	4380	0,003	0,2	0,07	5700	2880	0,001	0,03

	Середньодобова доза питної води, що випиває людина з розрахунку на вагу	Коефіцієнт небезпекии від внутрішнього вживання забрудненої води
Дорослі	7,7E-04	0,26
Діти	6,0E-04	0,2

	Середньодобова доза питної води, що потрапляє до організму людини через контакт зі шкірою	Коефіцієнт небезпекии від дермального контакту із забрудненою
Дорослі	4,4E-10	1,5E-07
Діти	5,15E-09	1,7E-06

	Загальний неканцерогенний ризик (HI)		
Дорослі	0,26	<1	якість води безпечна
Діти	0,2	<1	якість води безпечна

У багатьох випадках нагальною потребою є встановлення таких ризиків на підприємствах для визначення безпечних термінів робочих змін, відповідних надбавок та інших нюансів, контрольованих Кодексом законів про працю України. Так, наприклад за вирахуванням вихідних днів, працівник може знаходитися в зоні впливу лише 270 днів на рік, що має вплив на кінцеве значення величини надходження токсичної речовини до організму.

Завдання 2*. Провести порівняння величини надходження токсичної речовини до організму за умови різного часу усереднення в умовах визначеного терміну робочого договору.*

Приклад виконання завдання:

C_{Fe}	CR	EF	ED	BW	AT
0,023 мг/л	3л	270днів/рік	5р.	60кг	1825 днів (365*5) 1350 днів (270*5)

У випадку 365*5 – розрахунок охоплює вплив за увесь рік, включаючи робочий час та вихідні. У випадку 270*5 – розрахунок охоплює вплив, якому піддається працівник виключно за робочі дні.

1) Визначаємо величину надходження хімічної речовини за умови усереднювання усіх 5 років:

$$I = \frac{C \times CR \times EF \times ED}{BW \times AT} = \frac{0{,}023 \times 3 \times 270 \times 5}{60 \times 1825} = 0{,}00085 мг / кг \times день$$

$$I = 0{,}00085 мг / кг \times день$$

2) Визначаємо величину надходження хімічної речовини за умови усереднювання виключно робочого часу:

$$I = \frac{C \times CR \times EF \times ED}{BW \times AT} = \frac{0{,}023 \times 3 \times 270 \times 5}{60 \times 1350} = 0{,}0012 мг / кг \times день$$

$$I = 0{,}0012 мг / кг \times день$$

Варто пам’ятати, що у ряді випадків (наприклад, в хімічній галузі) працівники можуть отримувати додаткову дозу токсичної речовини в результаті дихання забрудненим повітрям (парами). За таких умов виникає необхідність додаткового розрахунку за використання формули 12.5.

$$I = \frac{\rho_n \times IR \times ET}{BW} \qquad (12.5)$$

де $P_п$ – середня концентрація забруднювача у повітрі, мг/м^3
IR – об’єм повітря, що вдихає людина протягом години, м^3
ET – тривалість контакту, год
BW – маса тіла, кг

Завдання 3. *Оцінити дозу токсичної речовини, яка потрапила до організмі людини в результаті дихання забрудненим повітрям.*

Приклад виконання завдання:

$P_п$	IR	ET	BW
SO_2 = 0,012мг/м^3	0,48м^3	15год	60кг

$$I = \frac{\rho_n \times IR \times ET}{BW} = \frac{0{,}012 \times 0{,}48 \times 15}{60} = 0{,}0014 мг / кг \times год$$

$$I = 0{,}0014 мг / кг \times год$$

Останні роки в Україні проводилися дослідження, пов'язані з переглядом величин гігієнічних нормативів – гранично допустимих концентрацій (ГДК) з позицій ризику і оцінки безпеки для здоров'я людини та факторів навколишнього середовища. А також відбувався пошук шляхів видозмінення цих нормативів, шляхом їх доповнення еквівалентними показниками ризику для оцінки і прогнозу стану здоров'я людини залежно від рівня забруднення (Chernichenko I. etc., 2006).

Так чи інакше сучасні методи розрахунків відносного ризику для здоров'я населення тією чи іншою мірою засновані на оцінці співвідношення між «дозою» забруднювача і результуючим «ефектом», який може проявлятися у вигляді як швидких реакцій – інфекційних захворювань або гострих отруєнь (якщо дози впливу великі), так і відтермінованих, наприклад зростання захворюваності через якийсь час. З цих причин, розуміння обсягів токсичної речовини, яку в перерахунку на масу тіла можна вживати щоденно протягом всього життя без суттєвого ризику для здоров'я разом із їжею та питною водою є невід'ємним елементом у процесі оцінки ризику для здоров'я. Ці кількості мають назву *показника надходження токсичних речовин* (ПСП) і визначається виходячи зі співвідношення 12.6, за формулою 12.7.

$$ГДК = \frac{ПСП \times М \times r}{П} \tag{12.6}$$

$$ПСП = \frac{ГДК \times П}{М \times r} \tag{12.7}$$

де ПСП – показник надходження токсичних речовин

ГДК – гранично-допустима концентрація, що є дозою шкідливої речовини, яку можна вживати без наслідків з водою кожну добу протягом всього життя

П – добове вживання питної води (перевести в грами!)

М – маса тіла, в середньому 60кг (перевести в грами!)

r – доля показника надходження токсичних речовин, що приходиться на питну воду

Завдання 4. *Визначити показник надходження токсичних речовин.*

Приклад виконання завдання:

$ГДК_{Zn}$	П	М	r
0,01 г/м^3	3 л	58 кг	11%

$$ПСП = \frac{0{,}01 \times 3000}{58000 \times 0{,}11} = 0{,}0047$$

$$ПСП = 0{,}0047$$

Практична робота №12
Оцінка ризику для здоров'я населення

Варіанти до завдання 1:

	C (мг/л)	CR (л)		EF (днів/рік)	ED (рр)		BW (кг)		AT (днів)		RfD (мг/кг за день)	SL (мг/см3/год)		SA (см2)		ABS	
		дорослі	діти		дорослі	діти	дорослі	діти	дорослі	діти		дорослі	діти	дорослі	діти	дорослі	діти
Варіант №1	0,044	1,5	0,9	365	40	10	64	15	14600	3650	0,0035	0,2	0,07	18000	6600	0,004	0,02
Варіант №2	0,104	3	0,5	365	25	15	60	27	9125	5475	0,3	0,2	0,07	5700	2880	0,007	0,04
Варіант №3	0,055	2	0,9	365	30	13	64	27	10950	4745	0,0005	0,2	0,07	18000	6600	0,002	0,05
Варіант №4	0,034	1,5	0,7	365	45	12	60	15	16425	4380	0,02	0,2	0,07	5700	2880	0,009	0,06
Варіант №5	0,206	3	0,5	365	39	18	60	27	14235	6570	0,007	0,2	0,07	18000	6600	0,02	0,08
Варіант №6	0,069	2	0,5	365	27	12	64	15	9855	4380	0,0005	0,2	0,07	5700	2880	0,004	0,05
Варіант №7	0,076	2	0,7	365	32	10	60	27	11680	3650	0,0035	0,2	0,07	18000	6600	0,05	0,15
Варіант №8	0,211	3	0,5	365	41	14	64	27	14965	5110	0,14	0,2	0,07	5700	2880	0,09	0,39
Варіант №9	0,092	1,5	0,9	365	25	12	60	15	9125	4380	0,3	0,2	0,07	18000	6600	0,005	0,07
Варіант №10	0,158	1,5	0,7	365	40	18	64	15	14600	6570	0,003	0,2	0,07	5700	2880	0,01	0,4
Варіант №11	0,021	1,5	0,7	365	38	10	64	15	13870	3650	0,14	0,2	0,07	18000	6600	0,007	0,04
Варіант №12	0,042	3	0,9	365	30	13	60	27	10950	4745	0,02	0,2	0,07	5700	2880	0,011	0,21
Варіант №13	0,051	3	0,5	365	37	12	64	27	13505	4380	0,3	0,2	0,07	18000	6600	0,002	0,02
Варіант №14	0,113	1,5	0,5	365	45	15	60	15	16425	5475	0,0005	0,2	0,07	5700	2880	0,03	0,4
Варіант №15	0,27	3	0,5	365	30	13	64	27	10950	4745	0,02	0,2	0,07	18000	6600	0,001	0,72
Варіант №16	0,41	1,5	0,9	365	35	18	60	15	12775	6570	0,003	0,2	0,07	5700	6600	0,006	0,003
Варіант №17	0,111	1,5	0,5	365	45	15	64	27	16425	5475	0,3	0,2	0,07	18000	6600	0,1	0,35
Варіант №18	0,207	1,5	0,7	365	38	12	60	15	13870	4380	0,14	0,2	0,07	5700	2880	0,002	0,09
Варіант №19	0,519	3	0,5	365	30	15	64	15	10950	5475	0,3	0,2	0,07	18000	6600	0,004	0,2
Варіант №20	0,492	1,5	0,5	365	30	13	64	15	10950	4745	0,007	0,2	0,07	5700	6600	0,003	0,01

Варіанти до завдання 2:

Параметр / № варіанту	Концентрація C	Величина контакту (CR)	Частота дії (EF)	Тривалість дії (ED)	Маса тіла (BW)	Час усереднення (AT)
1	Ni 0,0076 мг/л	3 л	260 днів/рік	3 рр.	60 кг	1095 днів 780 днів
2	Mn 0,0024 мг/л	5 л	270 днів/рік	5 рр.	70 кг	1825 днів 1350 днів
3	Cu 0,003 мг/л	4 л	260 днів/рік	4 рр.	60 кг	1460 днів 1040 днів
4	Zn 0,0082 мг/л	3 л	270 днів/рік	3 рр.	70 кг	1095 днів 810 днів
5	Pb 0,005 мг/л	5 л	280 днів/рік	5 рр.	60 кг	1825 днів 1400 днів
6	Mn 0,003 мг/л	3 л	280 днів/рік	3 рр.	70 кг	1095 днів 840 днів
7	Fe 0,023 мг/л	5 л	260 днів/рік	5 рр.	60 кг	1825 днів 1300 днів
8	Cu 0,0026 мг/л	5 л	300 днів/рік	3 рр.	70 кг	1095 днів 900 днів
9	Ni 0,0085 мг/л	3 л	270 днів/рік	5 рр.	60 кг	1825 днів 1350 днів
10	Pb 0,0075 мг/л	3 л	270 днів/рік	4 рр.	70 кг	1460 днів 1080 днів
11	Mn 0,0092 мг/л	4л	260 днів/рік	3 рр.	60 кг	1095 днів 780 днів
12	Zn 0,0024 мг/л	5 л	280 днів/рік	5 рр.	70 кг	1825 днів 1400 днів
13	Fe 0,055 мг/л	3 л	270 днів/рік	4 рр.	60 кг	1460 днів 1080 днів
14	Cu 0,007 мг/л	3 л	280 днів/рік	5 рр.	60 кг	1825 днів 1400 днів
15	Ni 0,009 мг/л	5 л	300 днів/рік	4 рр.	70 кг	1460 днів 1200 днів
16	Pb 0,03 мг/л	4л	260 днів/рік	3 рр.	60 кг	1095 днів 780 днів
17	Zn 0,005 мг/л	4л	300 днів/рік	4 рр.	60 кг	1460 днів 1200 днів
18	Mn 0,0063 мг/л	5 л	300 днів/рік	4 рр.	60 кг	1460 днів 1200 днів
19	Fe 0,071 мг/л	4л	280 днів/рік	3 рр.	70 кг	1095 днів 840 днів
20	Cu 0,04 мг/л	4 л	270 днів/рік	3 рр.	70 кг	

Варіанти до завдання 3:

Параметр № варіанту	Маса тіла (BW)	Сер. Концентрація забруднювача у пов. (ρп)	Обєм повітря, що вдих (IR)	Тривалість контакту (ET)
1	60 кг	NO2 – 0,05 мг/м^3	0,48 м^3	16 год
2	70 кг	CO_2 – 1 мг/м^3		15 год
3	60 кг	NO – 0,03 мг/м^3		17 год
4	70 кг	H_2S – 0,001 мг/м^3		14 год
5	60 кг	NH3 (аміак) – 0,04 мг/м^3		15 год
6	70 кг	CH2O (формальдегід) – 0,007 мг/м^3		17 год
7	60 кг	H_2S – 0,004 мг/м^3		16 год
8	70 кг	CO_2 – 1,2 мг/м^3		17 год
9	60 кг	NO_2 – 0,09 мг/м^3		14 год
10	70 кг	NH_3 (аміак) – 0,07 мг/м^3		16 год
11	60 кг	NO – 0,08 мг/м^3		17 год
12	70 кг	CH2O (формальдегід) – 0,005 мг/м^3		14 год
13	60 кг	H_2S – 0,002 мг/м^3		15 год
14	60 кг	CO_2 – 1,4 мг/м^3		16 год
15	70 кг	NO_2 – 0,07 мг/м^3		17 год
16	60 кг	NO – 0,05 мг/м^3		16 год
17	60 кг	NH_3 (аміак) – 0,05 мг/м^3		14 год
18	60 кг	CH2O (формальдегід) – 0,008 мг/м^3		15 год
19	70 кг	NO_2 – 0,06 мг/м^3		16 год
20	70 кг	CO_2 – 1,1 мг/м^3		17 год

Варіанти до завдання 4:

	ГДК		Добове вживання питної води (л), П	Маса тіла (кг), М	Доля ПСП (r) (показника надходження токсичних речовин) що приходиться на питну воду
		г/дм^3			
Варіант №1	Cu	0,001	3	65	13%
Варіант №2	Al	0,0002	2	57	12%
Варіант №3	Zn	0,001	3	60	10%
Варіант №4	SO4	0,25	2	62	14%
Варіант №5	Mn	0,0005	3	55	13%
Варіант №6	Cl	0,25	2	66	11%
Варіант №7	Fe	0,0002	3	60	12%
Варіант №8	Hg	0,0000005	2	64	9%
Варіант №9	Zn	0,001	3	56	10%
Варіант №10	Al	0,0002	2	58	11%
Варіант №11	SO4	0,25	3	70	13%
Варіант №12	Cu	0,001	2	64	9%
Варіант №13	Mn	0,0005	3	61	12%
Варіант №14	Cl	0,25	2	58	10%
Варіант №15	Zn	0,001	3	63	14%
Варіант №16	Fe	0,0002	2	57	10%
Варіант №17	SO4	0,25	3	62	13%
Варіант №18	Al	0,0002	2	59	11%
Варіант №19	Hg	0,0000005	3	54	9%
Варіант №20	Cu	0,001	2	58	15%

Використана література:

- Екологічний ризик: методологія оцінювання та управління: Навч. посібник / Г.В. Лисиченко, Г.А. Хміль, С.В. Барбашев, Ю.Л. Забулонов, Ю.Є. Тищенко. - К.: Наук. думка, 2014. – 328 с.
- Лисиченко Г., Хміль Г., Барбашев С. (2011) Методологія оцінювання екологічних ризиків. Одеса: Астропринт
- Маді Г. (2021) Економічна маргінальність в соціальному просторі сучасного суспільства. Дисертаційна робота. 09.00.03. Одеса.
- Мокієнко А.В., Ковальчук Л. Й., Крісілов А. Д. (2017) Якість води поверхневих водойм як фактор ризику для здоров'я населення: математична модель. Вісник Національної академії наук України. 10, 42-52. Електронний ресурс. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vnanu_2017_10_7
- Турос О. (2008). Аналіз ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря промисловими підприємствами м. Запоріжжя. *Медичні перспективи*, XIII (1), 93-97.
- Chernichenko I.A., Serdjuk A.M., Litvichenko O.N., Balenko N.V. (2006) Hygienic regulation and risk. Hygiene and sanitation. 85(1): 30.
- Edet A., Nyong E., Ukpong A., Edet, C. (2021)Evaluation and risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons in groundwater and soil near a petroleum distribution pipeline spill site, Eleme, Nigeria. Sustainable Water Resources Management. 7. Available at: DOI:10.1007/s40899-021-00530-y
- Horiguchi, H., Oguma, E., Sasaki, S., Okubo, H., Murakami, K., & Miyamoto, K. (2013). Age-relevant renal effects of cadmium exposure through consumption of home-harvested rice in female Japanese farmers. Environment International, 56, 1–9.
- Ihedioha, J. N., Ukoha, P. O., & Ekere, N. R. (2017). Ecological and human health risk assessment of heavy metal contamination in soil of a municipal solid waste dump in Uyo, Nigeria. Environmental Geochemistry and Health, 39(3), 497–515.
- Iqbal, J., Tirmizi, S. A., & Shah, M. H. (2012). Non-carcinogenic health risk assessment and source apportionment of selected metals in source freshwater Khanpur Lake, Pakistan. Bulletin of Environment and Contamination Toxicology, 88, 177–181.
- Jiang, Y., Shi, L., Guang, A. L., Mu, Z., Zhan, H., & Wu, Y. (2017). Contamination levels and human health risk assessment of toxic heavy metals in street road side soil in an inroad side soilrial city in Northwest China. Environmental Geochemistry and Health. Available at: https://link.springer.com/article/10.1007/s10653-017-0028-1
- Kumari, P., Chowdhury, A., & Maiti, S. K. (2018). Assessment of Heavy metal in the water, sediment and two edible fish species of Jamshedpur Urban Agglomeration, India with special emphasis on human health risk. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal. Available at: https://doi.org/10.1080/10807039.2017.1415131
- Liu, X., Song, Q., Tang, Y., et al. (2013). Human health risk assessment of heavy metals in soil–vegetable system: A multi-medium analysis. Science of Total Environment, 463, 530–540.
- Maurizio Barbier (2016) The Importance of Enrichment Factor (EF) and Geoaccumulation Index (Igeo) to Evaluate the Soil Contamination. Geology & Geophysics, vol. 5, Issue 1,ISSN:2381-8719 JGG, doi:10.4172/2381-8719.1000237
- Nawab, J., Li, G., Khan, S., Sher, H., Aamir, M., Shamshad, I., et al. (2016). Health risk assessment from contaminated foodstuffs: A field study in chromite mining-affected areas northern Pakistan. Environmental Science and Pollution Research, 23(12), 12227–12236
- Nawab, J., Li, G., Khan, S., Sher, H., Aamir, M., Shamshad, I., et al. (2016). Health risk assessment from contaminated foodstuffs: A field study in chromite mining-affected areas northern Pakistan. Environmental Science and Pollution Research, 23(12), 12227–12236.
- Naz A., Chowdhury A. Kumar B., Karthikeyan K. (2018) Distribution of heavy metals and associated human health risk in mine, agricultural and roadside soils at the largest chromite

mine of India. Environ Geochem Health. 40. 2155–2175. Available at: https://link.springer.com/article/10.1007/s10653-018-0090-3
- Naz, A., Chowdhury, A., Mishra, B. K., & Gupta, S. K. (2016a). Metal pollution in water environment and the associated human health risk from drinking water: A case study of Sukinda chromite mine, India. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, 22(7), 1433–1455.
- Naz, A., Mishra, B. K., & Gupta, S. K. (2016b). Human health risk assessment of chromium in drinking water: a case study of Sukinda chromite mine, Odisha, India. Exposure and Health, 8(2), 253–264.
- Raj, D., Chowdhury, A., & Maiti, S. K. (2017). Ecological risk assessment of mercury and other heavy metals in soils of coal mining area: A case study from Eastern part of Jharia coal field, India. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, 23(4), 767–7871
- Silbergeld, E. K. (2003). Facilitative mechanisms of lead as a carcinogen. Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis, 533(1), 121–133.
- Steenland, K., & Boffetta, P. (2000). Lead and cancer in humans: where are we now? American Journal of Inroad side soilrial Medicine, 38, 295–299.
- Steenland, K., & Boffetta, P. (2000). Lead and cancer in humans: where are we now? American Journal of Inroad side soilrial Medicine, 38, 295–299.

13. Оцінювання ризику дії хімічних речовин, що впливають на здоров’я населення

Протягом останніх кількох десятиліть оцінка ризику для здоров’я людини була одним з основних елементів охорони навколишнього середовища. Часто, результатами оцінки ризику є числові значення, отримані внаслідок токсикологічних досліджень, які виконувалися відносно умов із високими дозами окремих хімічних речовин. Цей підхід суттєво сприяв розвитку розуміння явних наслідків їх впливу та приділення їм більше уваги.

В умовах визначення ризику складних захворювань (наприклад, серцево-судинних) є нагальна необхідність всестороннього аналізу кожної ситуації індивідуально. Зокрема потрібне розуміння щодо:

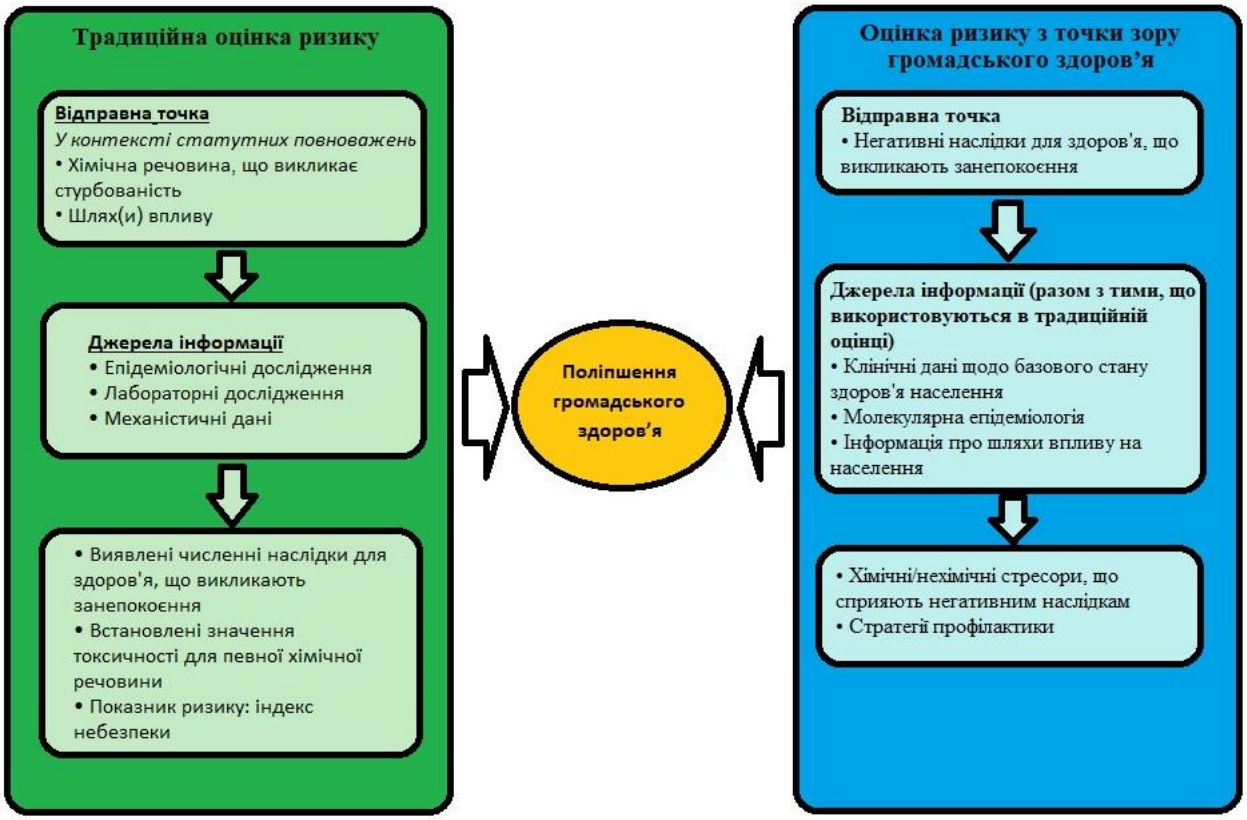
1. концентрації забруднюючих речовин, які часто можуть коливатися в широких діапазонах;
2. потенційних взаємодій між хімічними речовинами та нехімічними стресорами та існуючими фоновими станами;
3. наявності факторів, що можуть змінювати вплив (наприклад, герметичні споруди);
4. та найбільш чутливих популяцій та ін.

Розуміння ризиків для здоров’я населення від впливу хімічних речовин у навколишньому середовищі ускладнюється багатьма факторами, такими як мінливість та сприйнятливість населення, тривалі затримки між критичним впливом і проявами хвороби, а також фоновий вплив навколишнього середовища. Усвідомлення першого – є фактором, який часто складно осягнути та включити в оцінку, а ефекти впливу, що мав місце ранньому віці часто мають відстрочений характер. Й нарешті, існують також методологічні проблеми у визначенні відповідних ризиків за умов певних фонових впливів навколишнього середовища, оскільки він може змінити базові показники здоров’яабо вплинути на реакцію цільової хімічної речовини.

На сьогоднішній день нові методи в епідеміологічних дослідженнях допомагають оцінити складні взаємодії між багатофакторними причинами захворювань, починаючи від макрофакторів (соціальні) до мікро (молекулярних) факторів релевантності впливу протягом чутливих етапів життя (дитинство) та краще розуміти взаємозв’язок із захворюванням.

Збільшення обсягів даних щодо небезпеки та впливу різного роду хімічних речовин може бути використано для кращого розуміння біологічних шляхів, які призводять до несприятливих наслідків для здоров’я. Одним із підходів, який може підвищити наше розуміння того, як хімічні речовини можуть впливати на здоров’я, є використання несприятливих результатів, пов’язуючи їх з ініціюючими ключовими подіями. В той же час інтеграція різноманітних потоків даних (наприклад, гідрогеологічних, епідеміологічних, токсикологічних та ін.) та врахування багатьох джерел і шляхів надходження впливу здатне суттєво покращити систему інформування та сприяти прийняттю більш ефективних екологічних рішень щодо охорони здоров’я.

Нині, на міжнародному рівні часто висловлюється занепокоєння з приводу великої кількості хімічних речовин, які справляють безумовний вплив на стан здоров'я людей й пропонується застосування концептуальної моделі для оцінки ризику з точки зору громадського здоров’я, а не традиційної оцінки ризику (мал 1).



Малюнок. 1 Концептуальна модель для оцінки хімічних ризиків з точки зору громадського здоров'я

Важливе місце у даній концепції та моделюванні екологічного ризику вцілому належить частоті (долі) *додаткового ризику*, що є відношенням кількості негативних випадків до загальної кількості досліджуваних елементів.

Дослідження негативної дії токсикантів на здоров'я населення показало, що такі самі дії можуть спостерігатися і там, де цей забруднювач відсутній, тобто в контрольних групах людей, які створювалися для проведення порівняльного аналізу. Отже, існує потреба врахування того факту, що пов'язаний із даною величиною ризик зазвичай накладається на вже існуючий ризик, тому його називають *додатковим*.

Для встановлення долі ризику, пов'язаного з дією тільки даного забруднювача в дані досліджуваної групи вноситься поправка, яка враховувала би появу аналогічних ефектів у контрольній групі. Даний процес описується наступним співвідношенням:

$$Q_e = \frac{(Q_t - Q_c)}{(1 - a \times Q_c)} \qquad (13.1)$$

де Q_e – частота шкідливих дій, обумовлених тільки даною речовиною (частота додаткового ризику)

Q_t та Q_c – частоти появи таких же негативних ефектів у групі ризику і в контрольній групі

a – коефіцієнт, що характеризує частку проявлених в контрольній групі ефектів, що вивчаються, пов'язаних із незалежними механізмами їх формування. Може змінюватися від нуля до одиниці. Якщо механізми формування шкідливих дій в досліджуваній і контрольній групах однакові, то a = 0, формула спрощується до:

$$Q_e = Q_t - Q_c \qquad (13.2),$$

Якщо ж ці механізми різні, то a = 1, то формула видозмінюється:

$$Q_e = \frac{(Q_t - Q_c)}{(1 - Q_c)} \qquad (13.3)$$

$$Q_t = \frac{E_t}{N_t} \quad (13.4) \qquad Q_c = \frac{E_c}{N_c} \quad (13.5)$$

E_t та E_c – кількості негативних ефектів у групі ризику і в контрольній групі.
N_t та N_c – чисельність у групі ризику і в контрольній групі.

Точне значення коефіцієнту а встановити дуже важко, тому зазвичай його приймають за 1 і використовують формулу 7, що призводить до дещо завищених оцінок додаткового ризику.

Завдання: *Відповідно до вказаного варіанту:*

Завдання 1. *Знайти частоту додаткового ризику викликаного шкідливою дією токсичної речовини.*

Приклад виконання завдання:

З метою оцінки шкідливих дій деякої токсичної речовини проводиться спостереження з двома групами людей, кожна з яких по 70 чол. (N_t та N_c = 70). У контрольній групі виявлено 3 патологічні випадки (E_c = 3), а в групі, що піддавалася дії токсиканта – 6 (E_t = 6) тої ж патології.

1) Знаходимо частоту появи негативних ефектів у групі ризику:

$$Q_t = \frac{E_t}{N_t} = \frac{6}{70} = 0{,}086$$

2) Знаходимо частоту появи негативних ефектів в контрольній групі:

$$Q_c = \frac{E_c}{N_c} = \frac{3}{70} = 0{,}043$$

3) Знаходимо частоту додаткового ризику викликаного шкідливою дією токсичної речовини:

$$Q_e = \frac{(Q_t - Q_c)}{(1 - Q_c)} = \frac{(0{,}086 - 0{,}043)}{(1 - 0{,}043)} = \frac{0{,}043}{0{,}957} = 0{,}045$$

За умов, коли попередня оцінка додаткового ризику, що може виникнути при плановому використанні деякого токсиканта в хімічному виробництві показує, що останній може викликати у робочих захворювання певного роду є необхідність проведення порівняльного аналізу ймовірностей, зокрема з тою, що характеризує розвиток аналогічного захворювання в умовах ніяк не пов’язаних із застосуванням зазначеної величини. Даний вид робіт вимагає наявність надійної статистичної бази.

Завдання 2. *Визначити можливий рівень ризику захворіти раком легенів при використанні токсиканта у порівнянні із ймовірністю розвитку цього захворювання не пов’язаного із застосуванням зазначеної речовини.*

Приклад виконання завдання:

Онкологічні дані зібрані у США виявили істотні відмінності ймовірностей розвитку захворювання залежно від расових та статевих ознак. Основні статистичні дані нині зводяться до наступного висновку:

Таблиця 13.1

Уражений орган	Чоловіки	Жінки
Шлунок	0,012	0,008
Легені	0,087	0,042

Працюючими є білі чоловіки, то вірогідність розвитку у них раку легенів = 0,087 (Q_c). Додатковий ризик (Q_e) = 0,25.

1) Знаходимо частоту появи негативних ефектів у групі ризику:

$$Q_t = Q_c + Q_e \times (1 - Q_c) \tag{13.6}$$

$$Q_t = Q_c + Q_e \times (1 - Q_c) = 0{,}087 + 0{,}25 \times (1 - 0{,}087) = 0{,}32$$

$$Q_t = 0{,}32$$

2) Визначити відношення частот проявлення хвороби у групі ризику і в контрольній групі:

$$\frac{Q_t}{Q_c} = \frac{0{,}32}{0{,}087} = 3{,}7$$

Таким чином, рівень ризику захворіти раком легенів при використанні токсиканта перевищує ймовірність розвитку цього захворювання ніяк не пов'язаного із застосуванням токсиканта майже в 4 рази.

Ще одним шляхом визначення частоти додаткового ризику є врахування кількості накопиченої дози токсиканта, яка визначається добутком концентрації речовини (C), швидкості її надходження в організм (V) і часом надходження (t), що охоплює усе життя людини.

$$D = C \times V \times t \tag{13.7}$$

де C – концентрації речовини: мг/м^3 (для повітря), мг/л (для води), мг/кг (для продуктів харчування)

V – інтенсивність, швидкість надходження шкідливих концентрацій, л/хв або м^3/день (відносно повітря), л/день (відносно води), кг/день (відносно продуктів харчування)

t – час надходження – в середньому становить 70 років.

Частота ж додаткового ризику за визначених даних дози токсиканта визначається наступним чином:

$$Q_e = 0{,}03 \times \ln D + 0{,}05 \tag{13.8}$$

Таблиця 13.2

Стандартні кількості об'ємів повітря та маси води, що потрапляють до організму людини, прийнятні в Україні:

Контингент	Повітря	Вода
Населення	7,3*10^{6}л/рік = 20м^3/день	800 л/рік= 2,2 л/день
Персонал	2,5*10^{6}л/рік = 10м^3/день (якщо в році 250 робочих днів)	

Завдання 3. *Визначити дозу токсиканта та відповідну частоту додаткового ризику.*

Приклад виконання завдання:

- Групу ризику становлять люди, що працюють у приміщеннях повітря яких містить токсикант із концентрацією (С) = 0,2 мг/м^3
- Передбачається, що група ризику працюватиме в цих приміщенням щодня по 8 годин впродовж 10рр. (по 250 робочих днів на рік) Тобто, час надходження дози токсиканта до організму працівників t = 250 днів * 10рр = 2500 днів
- Інтенсивність надходження токсиканта V = 10м^3/день

1) Визначаємо дозу токсиканта:

$$D = C \times V \times t = 0{,}2 \times 10 \times 2500 = 5000 мг$$

$$D = 5000 мг$$

2) Визначаємо частоту додаткового ризику:

$$Q_e = 0{,}03 \times \ln D + 0{,}05 = 0{,}03 \times \ln 5000 + 0{,}05 = 0{,}31$$

$$Q_e = 0{,}31$$

Практична робота №12
Оцінювання ризику дії хімічних речовин, що впливають на здоров'я населення

Варіанти до завдання 1:

Дані / варіанти	N_c	N_t	E_c (вип.)	E_t (вип.)
1	80 чол.		4	9
2	60 чол.		3	7
3	95 чол.		5	12
4	70 чол.		2	5
5	85 чол.		7	16
6	65 чол.		3	8
7	100 чол.		4	11
8	115 чол.		6	14
9	75 чол.		2	6
10	105 чол.		4	8
11	90 чол.		3	10
12	110 чол.		6	17
13	55 чол.		4	13
14	60 чол.		2	12
15	90 чол.		5	14
16	100 чол.		3	10
17	50 чол.		6	16
18	85 чол.		5	14
19	75 чол.		4	11
20	110 чол.		5	15

Варіанти до завдання 2:

Дані / варіанти	Q_c	Q_e
1	Шлунок, чол. – 0,012	0,26
2	Легені, чол. – 0,087	0,29
3	Шлунок, чол. – 0,012	0,31
4	Легені, чол. – 0,087	0,35
5	Шлунок, жін. – 0,008	0,25
6	Легені, жін. – 0,042	0,27
7	Шлунок, чол. – 0,012	0,32
8	Шлунок, жін. – 0,008	0,26
9	Легені, жін. – 0,042	0,3
10	Шлунок, жін. –0,008	0,33
11	Легені, чол. - 0,087	0,28
12	Шлунок, чол. - 0,012	0,34
13	Шлунок, жін. - 0,008	0,24
14	Легені, жін. - 0,042	0,27
15	Легені, чол. - 0,087	0,23
16	Шлунок, чол. - 0,012	0,35
17	Легені, чол. - 0,087	0,36
18	Шлунок, жін. - 0,008	0,28
19	Легені, жін. - 0,042	0,24
20	Легені, жін. - 0,042	0,32

Варіанти до завдання 3:

Дані / варіанти	C ($мг/м^3$)	К-сть робочих днів/рік	Тривалість роботи (рр.)	V ($м^3$/день)
1	0,4	250	10	10
2	0,2	270	15	
3	0,8	250	20	
4	0,6	270	5	
5	0,3	250	15	
6	0,7	270	10	
7	0,2	250	20	
8	0,9	270	5	
9	0,4	250	20	
10	0,6	270	10	
11	0,5	250	15	
12	0,2	270	5	
13	0,8	250	20	
14	0,4	270	5	
15	0,5	250	10	
16	0,3	270	15	
17	0,7	250	20	
18	0,2	270	5	
19	0,8	250	10	
20	0,3	270	20	

Використана література:

- Бєгун В.В., Науменко І.М. Безпека життєдіяльності (забезпечення соціальної, техногенної та природної безпеки): Навч. Посібник. – К., 2004. – 328с.
- Биченок М.М., Іванюта С.П., Яковлєв Є.Р. Ризики життєдіяльності у природно-техногенному середовищі. – К.:Ін-т проблем нац. Безпеки. 2008. – 160с.
- Екологічний ризик: методологія оцінювання та управління: Навч. Посібник. / Г.В. Лисиченко, Г.А. Хміль, С.В. Барбашев та інші. К: Наук. Думка, 2014. – 328 с
- Михайлюк В.О., Халмурадов Б.Д. Цивільна безпека: Навч. Посіб. – К.: Центр учбов. Літ., 2008. – 158с.
- Chemical Risk Assessment and Regulatory Decision Making. Available at: https://www.acs.org/content/acs/en/policy/publicpolicies/sustainability/chemicalsmanagement.html
- Gwinn, Maureen R, Daniel A Axelrad, Tina Bahadori, David Bussard, Wayne E Cascio, Kacee Deener, David Dix, Russell S Thomas, Robert J Kavlock, and Thomas A Burke. (2017) Chemical Risk Assessment: Traditional vs Public Health Perspectives. *American Journal of Public Health.* 107.7, 1032-039.
- Human Health Risk Assessment. Available at: https://www.epa.gov/risk/human-health-risk-assessment

14. Оцінювання ризику для здоров'я населення від контакту із забрудненою нафтопродуктами водою

Нафта - є природною речовиною, якій характерний дуже різний склад та комплексність. З точки зору довкілля, забруднення підземних вод внаслідок розливів або витоків різного роду нафтових похідних, таких як бензин, дизельне паливо, мастило й мазут, мало суттєвий вплив на велику кількість різних областей у світі (López, E.,et al. 2008). Зокрема, основними шляхами забруднення ґрунтів та підземних вод нафтопродуктами є активний розвиток численних галузей промислової діяльності, неякісне зберігання цистерн з нафтопродуктами та випадкові розливи (Chen et al. 2000). Вилуговування забруднюючих речовин, які надходять до навколишнього середовища (НС) з таких витоків представляє серйозну проблему. Й особливо в місцях їх проходження ненасиченої зони та досягнення підземних вод (Nadim et al. 2000).

Найчастіше серед виявлених нафтопродуктів, що забруднюють підземні води встановлюється група органічних сполук, що складається з бензолу, толуолу, етилбензолу та ксилолу (Lesser-Carrillo 2006). Згідно досліджень Американського інституту нафти (1985), їх об'ємна частка в бензині може досягати 20%, а також може бути присутньою у інших фракціях в інших нафтопродуктах.

Завдяки своїй високій розчинності ці сполуки мають можливість потрапляти до підземних вод, а через їх високу токсичність у відносно високих концентраціях такі обставини створюють суттєвий ризик для здоров'я населення. Експериментальні дослідження провідних лабораторій світу підтвердили, що наслідками регулярного контакту із джерелами забрудненими подібним чином є активне прогресування канцерогенних наслідків, таких як рак печінки та лейкемія (López, E.,et al. 2008).

Яскравим прикладом обставин коли нафтопродуктами, розчиненими у воді, було спричинено значну шкоду є випадок в Іспанії, що стався приблизно 35 років тому, в окрузі Террагона. На місцевості був розміщений один трьох найбільших хімічних і нафтохімічних промислових комплексів у Південній Європі. На об'єкті, через аварію в резервуарі для зберігання, стався промисловий розлив нафти, який був сформований 88% інертної нафти та 12% суміші бензолу, толуолу, етилбензолу та ксилолу. В той же час на відстані 75м від джерела забруднення, на глибині 6м була розташована питна свердловина, яка використовувалась для забезпечення водою довколишні громади. В результаті, постраждалою територією стала житлова промислова ділянка, де забруднена вода використовувалася лише для житла. Як показала проведена оцінка ризику, відсоток впливу на організми людей від контакту із забрудненою водою більш ніж вдвічі перевищував той, що мав місце в результаті надходження шкідливих речовин до організму інгаляційним шляхом.

Прийняття різного роду рішень (інженерних, медичних, економічних та ін.) на основі усвідомлення усіх існуючих ризиків – є оптимальним підходом для визначення тривалості та встановлення пріоритетності терміновості відповідних коригувальних дій, а також їх обсягу та інтенсивності. Початок робіт на будь-якій ділянці має супроводжуватися повним розумінням ступеню її забрудненості, включно із підземними водами. Оцінка ж необхідності очищення, завжди супроводжується оцінкою існуючого потенційного ризику для здоров'я людей та навколишнього середовища. Серед можливих шляхів впливу на людський організм чільне місце посідає внутрішнє вживання забрудненої води та дермальний контакт з нею.

Враховуючи те, що значний відсоток людей проводить багато часу в приміщеннях (проживання, робочий час, навчання та ін.), пріоритетне місце у переліку актуальних

досліджень посідає оцінка широкого спектру летких сполук, присутніх у системі водопостачання. Даний феномен має регулярний вплив на здоров'я людей й створює певні рівні ризику, які мусять бути контрольовані задля уникнення непоправної шкоди та збитків (Nuckols et al. 2005). Результати, що отримуються внаслідок оцінки ризику в першу чергу використовуються для визначення необхідності рекультивації на місцевості. Це важливо, оскільки вплив багатьох шкідливих хімічних речовин на людину в приміщеннях значно вище, ніж у зовнішньому середовищі. Таким чином, нехтування результатами таких досліджень може призвести до згубних наслідків.

На сьогоднішній день існує ряд моделей, які застосовуються для опису ступеню поглинання розчинених забруднюючих речовин людським організмом. Наприклад дифузійна модель Фікіа (1984); модель на основі спрощеного рівняння Кренка (1975, 1993) відносно хімічного поглинання через псевдогомогенну (псевдо-однорідну) мембрану; рівняння для оцінки параметрів шкірного поглинання на основі фізико-хімічних властивостей і молекулярної структури хімічної речовини та ін. (Eunyoung et al. 2004).

При встановленні ризику особливу увагу рекомендовано приділяти статистичній обробці даних. Такі моделі є зручними з точки зору існуючої можливості враховувати численні невизначеності (брак знань щодо справжнього значення параметра, використання неперевірених припущень щодо співвідношення доза-відповідь або застасування екстраполяції попередніх результатів, отриманих на основі такої моделі) та мінливість середовища (Schuhmacher et al. 2001; Kentel & Aral 2004).

Так чи інакше будь-яка із зазначених моделей передбачає *оцінку експозиції, що є обов'язковим етапом оцінки ризику*. В його рамках встановлюється кількісний рівень надходження речовини до організму людини певним шляхом. Цей етап передбачає визначення шляху її розповсюдження у навколишньому середовищі і впливу на організм забруднюючої сполуки, вивчення її концентрацій, установлення терміну дії і загальної тривалості впливу, оцінки чисельності популяції, яка знаходиться або вірогідно може знаходитись під впливом шкідливого чинника (МОЗ Наказ №184). Тобто, першочерговим завданням при оцінці ризику для здоров'я населення є становлення дози, якій піддається або може піддаватися населення.

Кількісна оцінка впливу на людину через забруднену водопровідну воду розглядалася як комбінація безпосереднього ковтання та всмоктування через шкіру.

Оцінка впливу нафтопродуктів, розчинених у воді, на здоров'я населення за умов регулярного дермального контакту

2004 року US EPA була розроблена модель для опису поглинання хімічних речовин з води через шкіру. Модель сприймається як функція товщини рогового шару шкіри (lsc), та тривалості події протягом якої відбувається безпосередній контакт (tevent). Математичне представлення рівняння відповідає другому закону Фіка і є диференціальним рівнянням. Точне рішення цієї моделі апроксимується двома алгебраїчними рівняннями:

1) *Першим* - описується процес поглинання, коли хімічна речовина знаходиться лише в роговому шарі, тобто в нестаціонарному стані, де поглинання є функцією $t_{event}^{0,5}$
2) *Другим* – використовуючи функцію t_{event} описується процес поглинання після досягнення стійкого стану.

Одне з фундаментальних припущень цієї моделі полягає в тому, що поглинання триває довго після закінчення впливу, тобто кінцева поглинута доза (DA_{event}) оцінюється як загальна доза, розчинена в шкірі в кінці події.

З метою оцінки поглиненої чераз дермальний контакт дози застосовується наступний алгоритм дій:

$$DAD = \frac{DA_{event} \times EV \times ED \times EF \times SA}{BW \times AT} \quad (14.1)$$

де DAD – доза, що абсорбується шкірою (мг/кг на добу); DA_{event} – доза, яка поглинається за 1 подію (мг/см^2 за подію); SA – поверхня шкіри, доступна для контакту (см^2); EV – частота подій (події/день); EF – частота експозиції (дні/рік); ED – тривалість впливу (роки); BW – маса тіла (кг); AT – середній час (дні).

Визначення дози, яка поглинається шкірою за 1 подію відбувається в кілька етапів за дотримання ряду умов:

Якщо $t_{event} \leq t^*$, то:
$$DA_{event} = 2FA \times K_p \times C_w \times \sqrt{\frac{6\tau_{event} \times t_{event}}{\pi}} \quad (14.2)$$

Якщо $t_{event} > t^*$, то:
$$DA_{event} = FA \times K_p \times C_w \times \left(\frac{t_{event}}{1+B} + 2\tau_{event} \left(\frac{1+3B+3B^2}{(1+B)^2} \right) \right) \quad (14.3)$$

де DA_{event} – доза, яка поглинається за 1 подію (мг/см2 за подію); FA – частка поглинутої води (безрозмірна); K_p – коефіцієнт шкірної проникності сполуки у воді (см/год); C_w – хімічна концентрація у воді (мг/см^3); τ_{event} – час після події після якого з'являються наслідки (наприклад всотування забрудненої води у організм) (год/подія); t_{event} – тривалість події (год/подія); B – безрозмірне співвідношення коефіцієнта проникності сполуки через роговий шар по відношенню до її коефіцієнта проникності через життєздатний епідерміс; t^* – час досягнення стійкого стану (год).

- ✓ Емпірична прогнозна кореляція для визначення коефіцієнта шкірної проникності (K_p) таких речовин, як нафтопродукти описується рівнянням 14.4:

$$\log K_p = -2{,}80 + 0{,}66 \log K_{ow} - 0{,}0056\, MW \quad (14.4)$$

де $\log K_{ow}$ – октанол/водний коефіцієнт розподілу (безрозмірний); MW – молекулярна маса (г/моль).

- ✓ Час після події після якого з'являються наслідки (τ_{event}) розраховується за формулою 5:

$$\tau_{event} = 0{,}105 \times 10^{(0{,}0056 MW)} \quad (14.5)$$

- ✓ Розрахунок безрозмірного співвідношення коефіцієнта проникності сполуки через роговий шар по відношенню до її коефіцієнта проникності через життєздатний епідерміс (B) встановлюється на основі співвідношення 6:

$$B = K_p \frac{\sqrt{MW}}{2{,}6} \quad (14.6)$$

Значення даного параметру використовується у безпосередньому підпорядкуванню t^* одній із умов:

Якщо B ≤ 0,6, то:
$$t^* = 2{,}4\tau_{event} \quad (14.7)$$

Якщо B > 0,6, то:
$$t^* = 6\tau_{event}\left(b - \sqrt{b^2 - c^2}\right) \quad (14.8)$$

де
$$b = \frac{2 \times (1+B)^2}{\pi} - c \quad (14.9)$$

$$c = \frac{1 + 3B + 3B^2}{3 \times (1 + B)} \tag{14.10}$$

де b, c – фіксовані кореляційні коефіцієнти

- ✓ Тривалість самої події (t_{event}) дещо диференціюється відносно об'єкту впливу. У випадку з дорослою людиною t_{event} = 0,25 год за подію. У випадку з оцінкою впливу на дитячий організм даний параметр становитиме 0,33 год за подію. Тож, **розрахунок дози, яка поглинається за 1 подію має розмежовуватися відповідно**.

В рамках зальної оцінки поглиненої чераз дермальний контакт дози (1) також відбувається розподіл на ту, що аналізує неканцерогенні та канцерогенні ефекти.

– В *першому випадку* середній час (AT) встановлюється окремо для дітей та дорослих шляхом множення тривалості впливу (ED) (а для дітей він завжди є меншим) на кількість днів у році (365 днів).

Після розрахунку дози (14.1), вплив якої не має канцерогенних ефектів, розраховується коефіцієнт небезпеки (14.11), що є прямим показником загрози, яка визначається при оцінці ризику.

$$HQ = \frac{DAD_{non.canc.ef}}{RfD_{ABS}} \tag{14.11}$$

де RfD_{ABS} – поглинута референтна доза (мг кг/день)

Референтна доза (RfD) - добовий вплив хімічної речовини протягом життя, що встановлюється з урахуванням всіх наявних сучасних наукових даних та, імовірно, не призводить до виникнення ризику для здоров'я чутливих груп населення (МОЗ Наказ №184).

– В *другому випадку* – береться до уваги середня тривалість життя (70рр). І після визначення дози, розраховується дермальний ризик розвитку раку (14.12):

$$Ris_{derm.canc} = DAD_{canc.ef} \times SF_{ABS} \tag{14.12}$$

де SF_{ABS} – фактор поглинутого, що зумовлює розвиток раку (мг/кг за день), визначається на основі співвідношення 14.13:

$$SF_{ABS} = \frac{SF_0}{ABS_{GI}} \tag{14.13}$$

де SF_o – це коефіцієнт внутрішнього споживання (мг/кг за день), ABS_{GI} – частка забруднюючої речовини, що абсорбується в шлунково-кишковому тракті (безрозмірна).

Оцінка впливу нафтопродуктів, розчинених у воді на здоров'я населення внаслідок регулярного внутрішнього споживання.

1999 році US EPA було розроблено підхід на основі якого став можливим кількісний розрахунок добової дози забрудненої нафтопродуктами води для внутрішнього споживання. Методика включає наступні кроки:

1. Встановлення загального коефіцієнтк масообміну відносно потрапляння рідини до організму

$$\log K_{OL} A_{faucet} = 0{,}90 \times \log Q_{L,\,faucet} - 0{,}56 + \varepsilon_з \tag{14.14}$$

де $Q_{L,faucet}$ – є швидкістю змішування. В середньому це значення = 4,37±0,686 (л/хв); $Є_з$ – є значенням нормального розподілу.

2. Другим кроком є визначення долі хімічної речовини, що випаровується (Z_{faucet}) (наприклад з чаю):

$$Z_{faucet} = 1 - \exp\left(- \frac{K_{OL} A_{faucet}}{Q_{L,\,faucet}} \right) \tag{14.15}$$

3. Після отримання вищезазначеного параметру знаходиться частка хімічної речовини, що лишається у воді, коли її споживають (F):

$$F = 1 - Z_{faucet} \tag{14.16}$$

4. Й завершає розрахунок безпосереднє встановлення добової дози нафтопродуктів, що споживається внутрішньо (D_{ing}):

$$D_{ing} = AF_{ing} \times C_0 \times F \times V_{I,dir} \tag{14.17}$$

де AF_{ing} – частка хімічного всмоктування шлунком речовини (найчастіше передбачається повне або майже повне всмоктування); Со – концентрація забруднюючої речовини у воді; $V_{I,dir}$ – добовий об'єм води, був безпосередньо випитий (для дорослих: 1,26±0,66 л/день; для дітей: 1,4±0,66 л/день).

У випадку, комплексності забруднюючих воду нафтопродуктів для визначення добової дози застосовується формула 14.18:

$$D_{ing} = AF_{ing} \times \sum_{event} \left(C_0 \times F \times V_{I,dir} \right) \tag{14.18}$$

Завдання: *Відповідно до вказаного варіанту:*

Завдання 1*. Оцінити вплив нафтопродуктів, розчинених у воді на здоров'я населення за умов регулярного дермального контакту.*

Приклад виконання завдання:

FA	logKow	MW	Cw	tevent		EV	ED		EF	SA		BW		AT (канц.еф.)	SFo	ABSGI	RfDABS
			мг/см3	год за 1 подію		подій за день	роки		днів на рік	см2		кг		днів/рік	мг/кг за день	%	мг/кг за день
1	Бензопірен		1,5E-08	дорослі	діти	1	дорослі	діти	350	дорослі	діти	дорослі	діти	25550	7,3	89%	3,0E-04
	6,1	250		0,25	0,33		9	6		18000	6600	70	15				

Kp	τevent	B	c	b	t*	tevent	≤	t*	DAevent		AT (неканц.еф.)		DAD (неканц.еф.)		HQ		DAD (канц.еф.)		SFABS	Risderm.canc	
см/год	год				год	год		год	мг/см2 за 1 подію		днів/рік		мг/кг за день				мг/кг за день		мг/кг за день		
0,7	2,64	4,1	4,14	7,1	21	0,25 - дорослі		21	дорослі	діти	дорослі	діти	дорослі	діти	дорослі	діти	дорослі	діти	8,2	дорослі	діти
						0,33 - діти			2,3E-08	2,6E-08	3285	2190	5,6E-06	1,1E-05	0,0185	0,0364	7,2E-07	9,4E-07		6,E-06	8,E-06

Завдання 2. *Оцінити вплив нафтопродуктів, розчинених у воді на здоров'я населення внаслідок регулярного внутрішнього споживання. Коротко (1-2 речення) підсумувати отримані результати.*

Приклад виконання завдання:

QIfcet	Eз	AF	Co	Vidir	
				дорослі	діти
л/хв		%	мл/л	л/день	
4,37	0,016	100%	0,036	1,26	1,4

logKoIAfacet	KoIAfacet		Zfacet	F	Ding	
					дорослі	діти
					мг/день	
0,032	1,078	-0,25	0,22	0,78	0,035	0,039

Практична робота №14
Оцінювання ризику для здоров'я населення від контакту із забрудненою нафтопродуктами водою

Варіанти до завдання 1:

	FA	logKow	MW	Cw	tevent		EV	ED		EF	SA		BW		AT (канц.еф.)	SFo	ABSGI	RfDABS
				мг/см3	год за 1 подію		подій за день	роки		днів на рік	см2		кг		днів/рік	мг/кг за день	%	мг/кг за день
Варіант №1	1	Інденопірен		0,0000007	дорослі	діти	1	дорослі	діти	340	дорослі	діти	дорослі	діти	25550	0,1	89%	0,03
		6,58	276,3		0,25	0,33		10	5		18000	6600	65	20				
Варіант №2		Дибензо антрацен		0,00000249				дорослі	діти	345			дорослі	діти		7,3		0,0045
		6,84	278					15	7				60	18				
Варіант №3		Поліхлорований біфеніл		0,0000005				дорослі	діти	330			дорослі	діти		2		0,00005
		6,5	292					12	6				75	25				
Варіант №4		Бензо-b-флуорантен		0,00053				дорослі	діти	215			дорослі	діти		0,73		0,0490
		6,12	252					14	8				70	16				
Варіант №5		Бензантрацен		0,0000094				дорослі	діти	235			дорослі	діти		2,3		0,0003
		5,91	228					11	4				65	20				
Варіант №6		Бензоперилен		0,00000026				дорослі	діти	240			дорослі	діти		1,2		0,000051
		6,5	276					14	5				60	15				
Варіант №7		Хризен		0,002				дорослі	діти	250			дорослі	діти		0,0073		0,073
		5,86	228					9	4				72	21				
Варіант №8		Перілен		0,0004				дорослі	діти	255			дорослі	діти		23,5		0,3
		6,25	252					11	5				65	18				
Варіант №9		Додецилбензол		0,00092				дорослі	діти	276			дорослі	діти		0,015		0,4
		8,26	246					16	6				60	15				
Варіант №10		Інденопірен		0,000062				дорослі	діти	265			дорослі	діти		1,2		0,0099
		6,2	276					20	10				64	19				
Варіант №11		Флуорантен бензо [k]		0,000001				дорослі	діти	260			дорослі	діти		1,2		0,000754
		6	252					24	12				59	14				
Варіант №12		Поліхлорований біфеніл		0,0000044				дорослі	діти	315			дорослі	діти		2		0,00032
		6,2	292					19	8				60	15				
Варіант №13		Хризен		0,0341				дорослі	діти	295			дорослі	діти		0,0073		0,8
		5,9	228					18	9				65	14				
Варіант №14		Інденопірен		0,00000662				дорослі	діти	320			дорослі	діти		0,1		0,0065
		6,7	276,3					20	11				60	15				
Варіант №15		Бензантрацен		0,0000887				дорослі	діти	345			дорослі	діти		2,3		0,0044
		6	228					15	7				79	18				
Варіант №16		Додецилбензол		0,000799				дорослі	діти	316			дорослі	діти		0,015		0,9
		7,5	246					19	10				60	12				
Варіант №17		Бензопірен		0,00000073				дорослі	діти	340			дорослі	діти		7,3		0,0049
		6,9	250					14	5				65	20				
Варіант №18		Бензоперилен		0,000000081				дорослі	діти	300			дорослі	діти		1,2		0,0000832
		8	276					15	4				60	20				
Варіант №19		Флуорантен бензо [k]		0,0000042				дорослі	діти	290			дорослі	діти		1,2		0,0005
		6,5	252					20	10				70	25				
Варіант №20		Інденопірен		0,000012				дорослі	діти	285			дорослі	діти		1,2		0,007
		7	276					15	7				60	16				

Варіанти до завдання 2:

	Q_{lfcet}	$E_з$	AF	Co	Vidir	
					дорослі	діти
	л/хв		%	мл/л	л/день	
Варіант №1	3,68	0,019	100%	0,036	1,92	2,06
Варіант №2	4,38	0,021	89%	0,077	0,69	1,3
Варіант №3	4,2	0,038	100%	0,028	1,34	1,59
Варіант №4	3,7	0,04	100%	0,061	1,2	0,92
Варіант №5	4,3	0,01	95%	0,055	1,55	1,86
Варіант №6	4,62	0,034	93%	0,063	0,9	1,17
Варіант №7	4,93	0,017	100%	0,038	1,29	1,44
Варіант №8	3,89	0,033	88%	0,066	0,74	0,74
Варіант №9	5,05	0,013	100%	0,022	1,16	1,2
Варіант №10	4,77	0,029	85%	0,083	1,82	1,99
Варіант №11	4,41	0,024	100%	0,074	0,97	1,51
Варіант №12	4,11	0,043	100%	0,059	1,49	1,03
Варіант №13	4,23	0,041	94%	0,019	1,75	0,77
Варіант №14	4,05	0,02	100%	0,03	0,81	1,72
Варіант №15	4,49	0,045	100%	0,048	0,6	1,36
Варіант №16	4,54	0,015	97%	0,024	1,42	1,9
Варіант №17	4,27	0,03	86%	0,04	1,67	0,88
Варіант №18	4,9	0,027	87%	0,058	0,93	1,65
Варіант №19	3,81	0,042	100%	0,081	1,38	1,24
Варіант №20	5	0,018	100%	0,039	0,78	1,78

Використана література:

- Про затвердження методичних рекомендацій "Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря". Наказ МОН №184 від 13.04.2007. Електронний ресурс. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0184282-07#top
- American Petroleum Institute (1985): Laboratory Study on Solubilities of Petroleum Hydrocarbon in Groundwater. Health and Environmental Sciences Departmental Report 4395, Washington, DC
- Chen Z, Huang GH, Chakma A (2000): Risk assessment of a petroleum-contaminated site through a multi-phase and multi-component modeling approach. J Petrol Sci Eng 26, 273–281
- Eunyoung K, Little JC, Chiu N (2004): Estimating exposure to chemical contaminants in drinking water. Environ Sci Technol 38, 1799–1806
- Lesser-Carrillo LE (2006): Current situation of MTBE (methyl terbutyl ether) in aquifer systems. Ingenieria Hidraulica En Mexico 21, 115–121
- López, E., Schuhmacher, M. & Domingo, J.L. (2008) Human health risks of petroleum-contaminated groundwater. *Environ Sci Pollut Res* 15**,** 278–288. Available at: https://doi.org/10.1065/espr2007.02.390
- Nadim F, Hoag GE, Liu S, Carley RJ, Zack P (2000): Detection and remediation of soil and aquifer systems contaminated with petroleum products: An overview. J Petrol Sci Eng 26, 169–178
- Nuckols JR, Ashley DL, Lyu C, Gordon SM, Hinckley AF, Singer P (2005): Influence of tap water quality and household water use activities on indoor air and internal dose levels of trihalomethanes. Environ Health Perspect 113, 863–870
- US EPA (1992): Guidelines for Exposure Assessment. EPA-600-Z-92-001, Washington, DC
- US EPA (2004): Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part E, Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment), EPA/540/R/99/005, Washington, DC
- US EPA (2005): Human Health Medium-Specific Screening Levels. EPA, Region 6 1445, TX

15. Публічне обговорення ризиків (Risk Communications)

Серед пріоритетних задач будь-якої держави є захист здоров'я населення та навколишнього середовища. Цю важливу місію неможливо виконати без обговорення ризиків з громадами, окремими особами, бізнесом, засобами масової інформації, а також державними та місцевими партнерами. Публічне обговорення ризиків є основоположним в рамках виконання цієї роботи. Основною метою проведення таких заходів є – надання значущої, зрозумілої й корисної інформації усім категоріям цільових груп.

Публічне обговорення ризиків – є комунікацією, призначеною для надання громадськості та усім іншим зацікавленим сторонам, необхідної інформації для обґрунтованих та незалежних суджень про ризики для здоров'я й безпеку навколишнього середовища.

Ефективність подібного соціального спілкування часто залежить від *чотирьох видів навичок*:

- ✓ **Вміння доносити інформацію просто й коротко, використовуючи зрозумілі терміни (**поширена абревіатура – KISS (Keep it Short&Simple)**);**

Підвищення рівня доступності презентованої інформації передбачає врахування наступних нюансів:

- З метою донесення інформації до певної цільової аудиторії, першочерговим є розуміння рівня її сприйняття. За допомогою запропонованої та введеної у використання у 1975 році ***формули Флеша-Кінкейда*** (1) була виведена наступна закономірність: чим вищим є отриманий показник (бал), тим легшим для розуміння є матеріал і навпаки.

$$206.835 - 1.015\left(\frac{\text{total words}}{\text{total sentences}}\right) - 84.6\left(\frac{\text{total syllables}}{\text{total words}}\right) \quad (15.1)$$

- На основі скорельованих результатів тестів різного рангу складності була скомпонована таблиця 15.1, де наведене диференціювання рівнів інформаційної складності відносно різних цільових груп.

Таблиця 15.1

Показник (бал)	Рівень цільової групи	Коментарі
100 – 90	5-ий клас	Дуже просто для сприйняття та читання. Просто розуміється 11-річними учнями.
90 – 80	6-ий клас	Просто для сприйняття та читання. Використовується розмовна для споживачів.
80 – 70	7-ий клас	Досить легко читається та сприймається.
70 – 60	8-9-ий клас	Звичайна мова. Легко зрозуміла учням 13-15 років.
60 – 50	10-12-ий клас	Досить важко читати та сприймати.
50 – 30	Коледж / Рівень бакалавра	Важко читати та сприймати.
30 – 0	Рівень магістра, аспіранта й вище.	Дуже важко читати та сприймати. Найкраще розуміється випускниками та досвідченими людьми.

Окрім того, невід'ємними правилами підготовки матеріалу для публічного обговорення є попередня перевірка на правопис, перевірка слів, які часто плутають та статистики читабельності.

- ***Правило «трьох»***. Воно включає презентацію:
  - Трьох ідей (повідомлень);

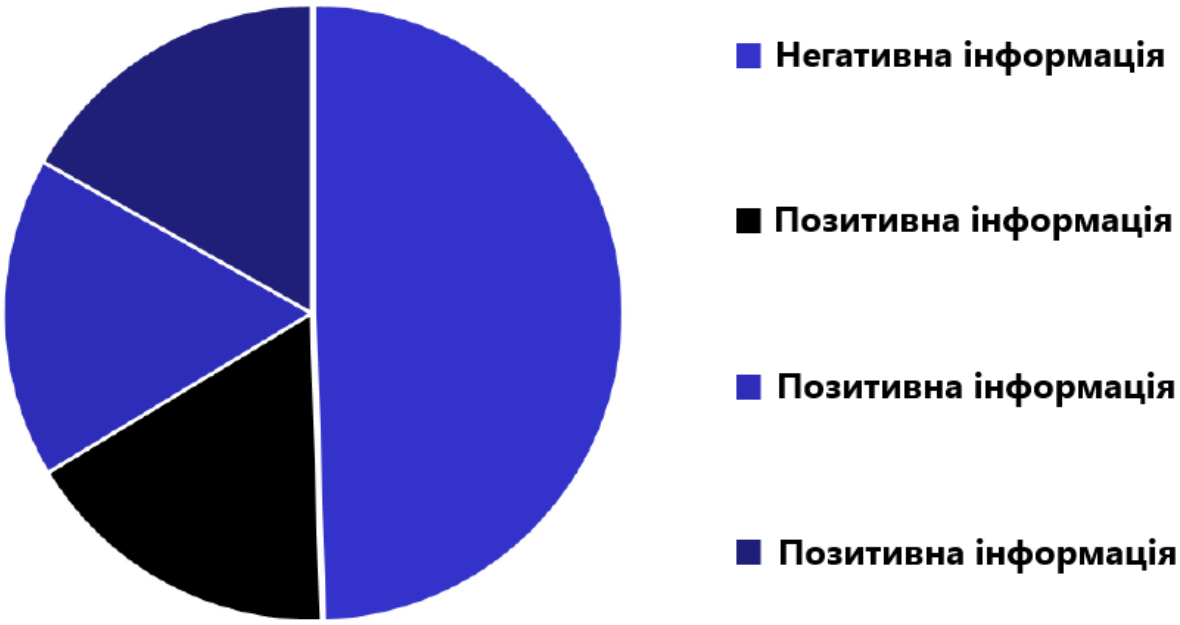
- Трьох підтверджуючих фактів для кожного повідомлення;
- Три повторення – кожна з ідей подається в трьох різних контекстах з метою укорінення у підсвідомості слухачів.

- ***Шаблон 27/9/3***. В умовах короткого виступу чи подачі матеріалу виключно у друкованому вигляді, має бути використано:
  - 27 слів;
  - 9 секунд;
  - 3 ідеї (висловлено 3 повідомлення).

✓ **Вміння висловлювати співчуття та турботу у ефективних обсягах**;
Сучасна реальність дещо видозмінила людське сприйняття таким чином, що перш ніж дізнатися, що саме відомо про ту чи іншу проблему, аудиторії потрібно знати відношення самого доповідача. Ключовим мометом (мал. 15.1) донесення інформації є демонстрація небайдужості до обговорюваної теми.

Малюнок 15.1 Складові донесення інформації під час публічного обговорення

✓ **Вміння збалансування негативних та позитивних деталей**;
За умови озвучування негативної інформації, мусить дотримуватися баланс, де 1 негативний факт супроводжується трьома позитивними (мал. 15.2).



Малюнок 15.2 Збалансування негативних та позитивних деталей

✓ **Вміння бути чуйним та зауважувати (сприймати до уваги) занепокоєність зацікавлених сторін**.

Виносячи інформацію на публічний розгляд та судження потрібно пам'ятати наступне:

- Те, що сприймається людською свідомістю стає для неї реальністю;
- Те, що сприймається як реальне, в свою чергу є реальним за своїми наслідками.

Враховуючи ці психологічні сентенції, вченими було виділено групи «безпечних» та «ризикованих» слів для вживання в умовах публічного обговорення ризиків (табл. 15.2).

Таблиця 15.2

Безпечні	**Ризикові**
Добровільний	Вимушений
Природній	Промисловий
Відомий	Екзотичний
Не пам'ятний	Невідомий
Незагрозливий	Загрозливий
Хронічний	Катастрофічний
Відомий	Невідомий
Індивідуально контрольований	Контролюється іншими
Справедливий	Несправедливий
Морально неактуальний	Морально актуальні
Надійні джерела	Ненадійні джерела
Відповідний процес реагування	Невідповідний процес реагування

В рамках державної політики, складові даних груп отримали назву «факторів-обурення», тобто мовних фігур, які викликають емоційний відгук в умовах обговорення теми. Певною мірою ці фактори трактуються, як один із підходів протидії політиці, яка не ґрунтується на знаннях технічних деталей.

«*Фактори обурення*» – є емоційними факторами, які впливають на людське сприйняття ризику. Зазвичай ризикам, які вважаються мимовільними, промисловими та несправедливими, часто надається більше значення, ніж тим, які вважаються добровільними, природними та справедливими.

Сама система факторів сприйняття ризику включає наступне:

- *Довіра* – базується на:
  - дбайливому й небайдужому відношенні відповідальних осіб, які чують думку громадськості;
  - компетентності відповідальних осіб та достовірних результатах експертизи;
  - прозорості інформування громадськості стосовно виявлених ризиків.
- *Вигоди/справедливість* – мають заторкувати аспекти:
  - суспільні (соціальні);
  - громадські;
  - особисті.
- *Контроль / Добровільність*. В першу чергу враховують:
  - вільний вибір;
  - голос людей;
  - знання / обізнаність суспільства;
  - дії, що виконуються суспільством.

З метою ефективного публічного обговорення ризиків та донесення до населення інформації у сприйнятливій формі необхідним є:

✓ **Достатній обсяг знань (обізнаності) відносно обговорюваних проблем**. Це включає:
- Володіння самостійно зібраними та опрацьованими даними;
- Проведений аналіз аналогічних проблем та їх вирішення іншими структурами;
- Чітке усвідомлення очікуваного розвитку ситуації у випадку впровадження негайних контрзаходів та навпаки, зволікання.

✓ **Наявність чіткої стратегії**;

Даною вимогою відкидається застосування моделей, які включають припущення та приблизні прогнози. До відома аудиторії доносяться виключно факти. Водночас громадськості надається комплексний пул причинно-наслідкових зв'язків для прийняття осмисленого остаточного рішення стосовно питання, що обговорюється.

Елементами контролю стратегії є:
- Відкрито висловлена у підсумках пропозиція перевірити представлену інформацію використовуючи інші джерела.
- Декларація поставленої цілі (наприклад зменшиии ризик) з вказанням строків.
- Встановлення конкретних кроків (також із вказанням відповідних дедлайнів) на шляху досягнення зазначеної цілі.
- Вибір ефективної платформи, соціальної мережі, веб-сайту чи інших форматів зустрічі для звітування.

✓ **Визначені конкретні дії для досягнення поставлених цілей**;

Виконання даної вимоги рекомендовано з урахуванням *факторів,* які мають безпосередній вплив на процес їх (дій) обговорення, а саме:
- «Сприйняття ризику». Фактор представляє особливу небезпеку. Це обумовлюється тим, що згідно законодавства, без громадського схвалення, часто запуск реалізації тих чи інших дій є неможливим.
- «Міст довіри» – відсутність вибудованих відносин вимагає більше часу для переконання громадськості у правдивості та необхідності представленої інформації та дій.
- «Особливості аудиторії» – виклад проблеми та дій запланованих для її вирішення мусить відповідати рівню освідченості аудиторії (лексика та побудова мовних конструкцій має бути зрозуміла для людей та не викликати роздратування).
- «Комунікативна компетентність, стресова протидія» – запуск певних дій на шляху досягнення поставленої цілі часто може супроводжуватися стресовими ситуаціями для населення. З цих причин їх завчасне представлення масовій аудиторії мусить супроводжуватися готовністю до дипломатичного подолання можливого спротиву.

✓ **Набір інструментів, для обгрунтування декларованих ідей**.

Основними та найбільш ілюстративними інструментами в рамках публічного обговорення ризиків є:

- Наведення чітких прикладів;
- Опис ефективності застосованих в тому чи іншому випадку практичних підходів вирішення проблеми;
- Демонстрація специфічних інструментів, що може допомогти зменшити ступінь ризику.

Ефективне публічне обговорення ризиків зазвичай передбачає здійснення семи кроків:

1. *Сприймати та залучати громадськість як законного партнера*.

   Потрібно пам'ятати, що технічним експертам часто важко прийняти нетехнічних людей як рівноправних партнерів, проте для успішної реалізації проектів зі зниження загроз та ризиків (як природних, так і техногенних), раціональним рішенням є залучення громадськості ще на ранніх етапах.

   Виказування розуміння права людей на участь у проекті, якщо це впливає на їхнє життя, майно та цінності є одним з кроків до вибудови того «мосту довіри», про який згадувалося вище. Добре інформована громадськість, яка є залученою до роботи над вирішенням проблеми, є більш зацікавленою та більш охоче співпрацює. В зворотньому випадку, реалізація будь-яких дій буде викликати здивування та потужну негативну реакцію, що значно ускладнить досягнення поставленої мети.
2. *Ретельне планування та оцінка зусиль, що докладаються*.

   Завчасна розробка стратегії та плану дій сприяє уникненню хаотичного розвитку подій та конкретизації очікуваної обстановки на кожному з етапів реалізації проекту.

   Важливими задачами керівного складу на цьому етапі є:
   - надання усієї необхідної інформації експертам;
   - мотивування людей;
   - вирішення конфліктних ситуацій, що можуть виникнути при зведенні загального плану;
   - оцінка його сильних та слабких сторін.

   Заплановані результати мусять максимально враховувати й задовольняти інтереси, потреби та пріоритети усіх зацікавлених сторін.
3. *Дослухатися до конкретних проблем громадськості*.
4. *Бути чесними, відвертими та відкритими*.

   Як вже зазначалося вище, довіра та авторитет – це найбільш важливі активи в умовах вирішення проблеми, пов'язаною із ризиками. Їх важко заробити, а втративши один раз – повернути повністю майже неможливо.

   Задля уникнення кризових ситуацій не варто покладатися на безмежну довіру людей. За невизначених умов, при існуванні сумнівів відностно слабких місць проекту, рекомендовано:
   - доносити це до громадськості.
   - не мінімізуючи та не перебільшуючи існуючі загрози, окреслювати діапазони найгіршого та найкращого варіантів розвитку подій.
   - відновлювати обговорення після отримання відповідей на усі невизначені питання.

   Визнання помилок є свідченням прозорості виконуваної роботи й сприятиме підтримці рівня довіри населення.
5. *Координувати дії та співпрацювати з надійними джерелами*.
6. *Йти назустріч засобами масової інформації*.

7. *Будь-що висловлювати чітко, лишаючи проте місце емоційній складовій (наприклад, співчуттю)*.

Публічне обговорення ризиків має відбуватися простою нетехнічною мовою. При комунікації із громадськістю варто уникати дистанціювання й беземоційного константування реалізації нещасних випадків, смертей чи травм. Будь-яка подія, яка мала вплив на добробут населення лишає емоційний відбиток на суспільстві, який потрібно враховувати.

Окрім того, важливо пам'ятати, що в будь-якому колективі знайдуться невдоволені й сприймати це не втрачаючи гідності та терплячості.

Завдання для самостійного виконання:

Завдання 1. *Написати есе (мінімум на 1 ст) на тему «**Що і як хоче почути людина в рамках публічного обговорення ризиків?**»*

Завдання 2. *Самостійно обрати проблему, яка педставляє ризик (природний чи техногенний) підготувати її коротку усну презентацію (2 хв) для брифінгу з питань екологічної безпеки для ЗМІ, з урахуванням усіх зазначених у темі рекомендацій.*

Критерії оцінювання виконання завдання 2:

- Інтелектуальний - чіткість та зрозумілість донесеого до аудиторії меседжа (ідеї/проблеми)
- Емоційний – чи був виступ щирим?
- Візуальний – наскільки добре була зроблена презентація?
- Фізичний – чи суміщалося презентоване із поведінкою та жестами доповідача?

Використана література:

– Centers for Disease Control and Prevention – Risk Communication Available at: https://www.cdc.gov/healthcommunication/risks/index.html
– D. Krewski, etc (2019) Encyclopedia of Environmental Health (Second Edition)
– EPA – Key Aspects of Risk Communication. Available at: https://www.epa.gov/risk-communication/risk-communication-tools#videos
– EPA material - Risk Communication. Available at: https://www.epa.gov/risk-communication/learn-about-risk-communication
– Lisa D. Ellis (2018) The Need for Effective Risk Communication Strategies in Today's Complex Information Environment. Available at: https://www.hsph.harvard.edu/ecpe/effective-risk-communication-strategies/
– R. Bullock (2022) EENV421/521 Risk Communications - lecture material
– School of Public Health – Risk, Crisis and Emergency Communication Video Training Series. DrexelDornsife School of Public Health. Available at: https://drexel.edu/dornsife/research/centers-programs-projects/center-for-public-health-readiness-communication/risk-crisis-emergency-video-training-series/
– World Health Organization - Risk Communication. Available at: https://www.who.int/emergencies/risk-communications

Загальний список використаних джерел

- Мінприроди Наказ №286 від 30.07.2001 «Про затвердження Порядку визначення величин фонових концентрацій забруднювальних речовин в атмосферному повітрі»
- Contract Laboratory Program (CLP) for Superfund
- EPA Establishing Background Levels
- EPA Guidelines for Human Exposure Assessment 2019
- J.M. Fronk (2022) Ecological Risk - Presentation – ENV 521 Risk Analysis;
- R. Bullock (2022) EENV421/521 Risk Analysis and Toxicology
- U.S. EPA – Risk assessment guidelines (1989a)
- U.S. EPA – Water Quality, Environmental Matters (2001g)
- Безпека життєдіяльності : навчальний посібник / О. В. Березюк, М. С. Лемешев. – Вінниця: ВНТУ, 2011. – 204с. Електронне ресурс. Режим доступу: https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/19395/000759.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Безпека життєдіяльності: Конспект лекцій для студентів усіх спеціальностей за освітньо-кваліфікаційним рівнем «бакалавр» / Уклад.: В.В.Зацарний, Н.А.Праховнік, О.В.Землянська – К.:НТУУ «КПІ», 2016 - с. 92. Електронне ресурс. Режим доступу: http://opcb.kpi.ua/wp-content/uploads/2015/03/%D0%91%D0%96%D0%94-%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82-%D0%B7%D0%B0%D0%BE%D1%87.pdf
- Г.В.Лисиченко, Г.А.Хміль, С.В.Барбашев Методологія оцінювання екологічний ризиків, 2011
- Г.В.Лисиченко, Г.А.Хміль, С.В.Барбашев, Ю.Л. Забулонов, Ю.Є. Тищенко Екологічний ризик: методологія оцінювання та управління. Навч. посібник, 2014
- Електронний навчальний курс «Безпека праці та життєдіяльності», (2022). Електронне ресурс. Режим доступу: https://zp.edu.ua/sites/default/files/konf/tema_2_bzhd_skuybidaproyekt.pdf
- Boussabaine, Halim A, and Richard Kirkham. *Whole Life-cycle Costing*. 1st ed. Chichester: Wiley, 2008. Web.
- CRED (2015). The human costs of natural disasters 2015. A global perspective. Centre for research on the epidemiology of disas-ters. http://emdat.be/human_cost_natdis (2017-04-07).
- How Risk Management and ISO 14971:2019 Work (March 2023). Available at: https://www.orielstat.com/blog/medical-device-risk-management-planning-analysis/risk-acceptability-matrix/
- Kelman, I., Spence, R. (2004). An overview of flood actions on buildings. Engineering Geology 73 (3-4), 297-309
- Maru Y, O'Connell D, Grigg N, Abel N, Cowie A, Stone-Jovicich S, Butler J, Wise R, Walker B, Million AB, Fleming A, Meharg S, Meyers J (2017) Making 'resilience', 'adaptation' and 'transformation' real for the design of sustainable development projects: piloting the Resilience, Adaptation Pathways and Transformation Assessment (RAPTA) framework in Ethiopia. May 2017. CSIRO, Australia
- R. Bullock (2022) EENV421/521 Operational risk assessments
- Seifert I., Thieken A. H., Merz M., Borst D., & Werner U. (2010). Estimation of industrial and commercial asset values for haz-ard risk assessment. Natural Hazards, 52(2), 453-479
- Simple Safety Risk Register Template (September 2018). Available at: https://www.smartsheet.com/risk-register-templates
- Wind, H. G., Nierop, T. M., de Blois, C. J., & de Kok, J. L. (1999). Analysis of flood damages from the 1993 and 1995 Meuse Floods. Water Resources Research, 35 (11), 3459-3465.

- Биченок, М., Яковлєв О., Іванюта С. (2008) Ризики життєдіяльності у природно-техногенному середовищі. Ін-т пробл. нац. безпеки Ради нац. безпеки і оборони України. –К. 160 с.
- Бондар М.О. (2015) Оцінювання ризиків небезпечних геолонічних процесів. Екологічна безпека. Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Випуск 3(92), 123–128. Електронний ресурс. Режим доступу: http://www.kdu.edu.ua/PUBL/statti/2015_3_123-3-2015.pdf
- ДБН В.1.1-24:2009. Електронний ресурс. Режим доступу: http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/34.1.%20%D0%94%D0%91%D0%9D%20%D0%92.1.1-24~2009.%20%D0%97%D0%B0%D1%85%D0%B8%D1%81%D1%82%20%D0%B2%D1%96%D0%B4%20%D0%BD%D0%B5%D0%B1%D0%B5%D0%B7%D0%BF%D0%B5%D1%87%D0%BD%D0%B8%D1%85%20%D0%B3%D0%B5%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%96%D1%87.pdf
- Инженерная геодинамика Украины и Молдовы (оползневые геосистемы). В 2-х т. / Под ред. Г.И.Рудько, В.А. Осиюка. – Черновцы: Букрек, 2012. Т.2. 744 с.
- Касіянчук Д.В., Кузьменко Е.Д., Чепурна Т.Б., Чепурний І.В. (2016) Розрахунок еколого-геологічної оцінки ризиків зсувної небезпеки. Східно-Європейський журнал передових технологій. 1/10(79), 18–25. Електронний ресурс. Режим доступу: https://cyberleninka.ru/article/n/rozrahunok-ekologo-geologichnoyi-otsinki-rizikiv-zsuvnoyi-nebezpeki/pdf
- Лисиченко, Г. В., Забулонов Ю., Хміль Г. (2008) Природний, техногенний та екологічний ризики: аналіз, оцінка, управління: монографія. К.: Наукова думка. 537 с.
- Bell, R., Glade T. (2004) Quantitative risk analysis for landslides – Examples from Bildudalur, NW-Iceland. Natural Hazards and Earth System Sciences. Vol. 4, Issue 1, 117–131. doi: 10.5194/nhess-4-117-2004
- Cardona, O. (2001). Holistic estimation of seismic risk using complex dynamical systems (In Spanish). PhD Thesis. Spain: Universidad Polit_ecnica de Catalunya, Departamento de Enginyeria Del Terreny Cartogr_afica I Geofísica.
- Cascini, L., Bonnard C., Corominas J., Jibson R., Monterio-Olarte J. (2005) Landslide hazard and risk zoning for urban planning and development. Proceeding of the International Conference on Landslide Risk Management, Vancouver, Canada. 199–235
- Einstein, H., & Sousa, R. (2006). Warning system for natural hazards. ECI conference on geohazards. p. paper 1. Available at: http://services.bepress.com/eci/geohazards/1 (Lillehamme, Norway).
- Parra-Pichardo, Y. (2004). Vulnerability analysis to landslides in the district of Orosi, Cartago Province (In Spanish). San Jos_e, Costa Rica: Centro Agron_omico Tropical de Investigaci_on y Ensenanza.
- A. Battikhi and S. Arabiat (1983) Constraints to the Successful Application of Modern Technology for Soil Conservation in Jordan. Part-Environmental Features and Extent of Erosion. Dirasat Research Journal, 10(2), 129-165.
- Apusiga Adongo, T., Kugbe, J.X. and Gbedzi, V.D. (2014) Siltation of the Reservoir of Vea Irrigation Dam in the Bongo District of the Upper East Region, Ghana. International Journal of Science and Technology, 4, 2224-3577.
- Bunyasi, M.M., Onywere, S.M. and Kigomo, M.K. (2013) Sustainable Catchment Management: Assessment of Sedimentation of Masinga Reservoir and Its Implication on the Dam's Hydropower Generation Capacity. International Journal of Humanities and Social Science, 9, 166-179.

- D.Lu, G. Li, G.S. Valladares, M. Batistella (2003) Mapping soil erosion risk in Rondonia, Brazilian Amazonia: using RUSLE, remote sensing and GIS. Land degradation&development, 15, 499-512
- Fullen MA. (2003) Soil erosion and conservation in northern Europe. Progress in Physical Geography, 27, 331-358
- G. R. Foster, D. K. McCool, K. G. Renard, and W. C. Moldenhauer (1981) Conversion of the universal soil loss equation to SI metric units. *Journal of Soil and Water Conservation* 36(6):355-359
- H. Lahlaoi, H. Rhinane, A. Hilali, S. Lahssini, L. Khalile (2015) Potential Erosion Risk Calculation Using Remote Sensing and GIS in Oued El Maleh Watershed, Morocco. Journal of Geographic Information System, 7, 128-139
- H. Zhang, J. Wei, Q. Yang, J.E.M. Baartman etc. (2017) An improved method for calculating slope length (λ) and the LS parameters of the Revised Universal Soil Loss Equation for large watersheds. Geoderma 308, 36–45.
- K. Auerswald, P. Fiener,W. Martin, D. Elhaus (2014) Use and misuse of the K factor equation in soil erosion modeling: An alternative equation for determining USLE nomograph soil erodibility values. Catena 118, 220–225
- K. Balasubramani. Mohan Veena, K. Kumaraswamy, V. Saravanabavan (2015) Estimation of soil erosion in a semi-arid watershed of Tamil Nadu (India) using revised universal soil loss equation (rusle) model through GIS. Model. Earth Syst. Environ. 1-10 DOI 10.1007/s40808-015-0015-4
- K.L. Zhang, A.P. Shub, X.L. Xu, Q.K. Yang, B. Yu (2008) Soil erodibility and its estimation for agricultural soils in China. Journal of Arid Environments 72. 1002–1011. doi:10.1016/j.jaridenv.2007.11.018
- Lal, R. (1998) Soil Erosion Impact on Agronomic Productivity and Environment Quality: Critical Reviews. Plant Sciences, 17, 319-464
- M. Al-Kaisi, (2000) Soil Erosion: An Agricultural Production Challenge. Integrated Crop Management, 19, 141-143
- N.I. Eltaif, M.A. Gharaibeh, F. Al-Zaitawi, M.N. Alhamad (2010) Approximation of Rainfall Erosivity Factors in North Jordan. Soil Science Society of China. Pedosphere 20(6): 711–717. ISSN 1002-0160/CN 32-1315/P
- P. Beaumont and K. Atkinson, (1969) Soil Erosion and Conser- vation in Northern Jordan. Journal of Soil and Water Conservation, 24 (4), 144-147
- P. Kondrad (2022) The Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE): lecture material.
- R. El Gaatib, A. Larabi (2014) Integrated Evaluation of Soil Erosion Hazard and Risk Management in the Oued Beht Watershed Using Remote Sensing and GIS Techniques: Impacts on El Kansra Dam Siltation (Morocco). Journal of Geographic Information System, 6, 677-689
- RenardKG., Foster GR., Weesies GA., McCool DK., Yoder DC. (1997) Predicting soil erosion by water: A Guide to conservation planning with the revised universal soil loss equation (RUSLE). Handbook #703. US Department of Agriculture: Washington, DC
- Revised Universal Soil Loss Equation Version 2 (for the model with release date of May 20, 2008): Science Documentation. USDA-Agricultural Research Service Washington, D.C.
- Sharma, R., Sahai, B. and Karale, R.L. (1985) Identification of Erosion Prone Areas in Part of the Ukai Catchment. Proceedings of the Sixth Asian Conference of the Remote Sensing, Hyderabad, India, November 1985, 121-126.
- Technical Guide to RUSLE use in Michigan, NRCS-USDA State Office of Michigan
- Vricling A., Sterk G., Beaulicu N. (2002) Erosion risk mapping: a methodological case study in the Colombian eastern plains. Journal of Soil and Water Conservation, 57, 158-163
- Wischmeier WH, Smith DD (1978) Predicting rainfall erosion losses – A Guide to conservation. Agricultural Handbook 537. US Department of Fgriculture: Washington, DC.

- Y. Farhan, D. Zregat, I. Farhan (2013) Spatial Estimation of Soil Erosion Risk Using RUSLE Approach, RS, and GIS Techniques: A Case Study of Kufranja Watershed, Northern Jordan. *Journal of Water Resource and Protection*, 5, 1247-1261
- Голуб А.А., Струкова Е.Б. Экономика природных ресурсов. – М.: Аспект Пресс, 1998
- Ендрес А. Економіка навколишнього середовища. Вступ. – К.: Либідь, 1995. – 168с.;
- Коржнев М.М. Сучасні еколого-економічні проблеми розвитку України у зв'язку з асиміляційним потенціалом її геологічного середовища // Наук. зап. Київ. ун-ту ім. Т. Шевченка. - К., 2004. - С. 129-138. - Т. 3.
- Таранов А.С., Манило И.И., Мамонтов Ю.И., Усманов В.В., Ассимиляционный потенциал региона, 2001. Електронний ресурс. Режим доступу: http://www.kazedu.kz/ - Заголовок з екрану;
- Таранов А.С., Манило И.И., Мамонтов Ю.И., Усманов В.В., Ассимиляционный потенциал региона, 2001. Електронний ресурс. Режим доступу: http://www.kazedu.kz/ - Заголовок з екрану
- Ярош О.Б., Механизмы оценки ассимиляционного потенциала почв Украины, Ученые записки Таврического национального университета имени В.И. Вернадского, Серия «Экономика и управление». Том 27 (66). 2014 г. № 4. С. 176-184.
- Abbasi SA (1976) Extraction and spectrophotometric determination of vanadium (V) with N-[p-N, Ndimethylanilino-3- methoxy 2- naphtho] hydroxamic acid. Anal Chem 48(4):714–717
- Abbasi SA, Soni R (1983) Stress-induced enhancement of reproduction in earthworm Octochaetuspattoni exposed to chromium (VI) and mercury (II) - implications in environmental management.INT. J Environ Stud 22(1):43–47
- Abbasi SA, Soni R (1984) Teratogenic effects of chromium (VI) in environment as evidenced by the impact on larvae of amphibian Rana tigrina: implications in the environmental management of chromium. Int J Environ Stud 23(2):131–137
- Abbasi T, Abbasi SA (2012). Water-quality indices Elsevier
- ACWG. (2004). Strategic framework for Scottish aquaculture: carrying capacity. A Priority for Action
- De Andrade LN,Mauri GR, Mendonça ASF. 2013. General multiobjective model and simulated annealing algorithm for waste-load allocation. J Water ResourPlann Manage139(3):339-344
- Farhadian M, Bozorg Haddad O, Seifollahi Aghmiuni S, Loáiciga AH (2014) Assimilative capacity and flow dilution for water quality protection in rivers. J Hazard Toxic Radioact Waste 19(2):04014027
- Glasoe S, Steiner F, BuddW, Young G. 1990. Assimilative capacity and water resource management: four examples from the United States. Landscape and urban planning 19:17-46
- Hashemi Monfared SA, Dehghani Darmian M. 2016. Evaluation of appropriate advective transport function for one-dimensional pollutant simulation in Rivers. Int J Environ Res10(1):77-84
- Khorsandi M, Bozorg Haddad O, Marino M (2014) Application of datadriven and optimization methods in identification of location and quantity of pollutants. J Hazard Toxic Radioact Waste 19(2): 04014031
- Landis WG. 2008. Defining assimilative capacity application of assimilative capacity to the TMDL process. Elsevier B.V. 264-268
- Loucks DP, van beek E (2005) Water resources systems planning and management. UNESCO, Italy
- Rep stud GESAMP. (1986). Environmental capacity. An approach to marine pollution prevention. No. 30
- Russo, R.C. (2002). Develovment of marine water quality criteria for the USA. *Marine Pollution Bulletin*, 45: 84-91.
- Spanou M, Chen D (2000) An object-oriented tool for the control of point-source pollution in river systems. Environ ModellSoftw 15: 35–54

- Tett P, Portilla E, Inall M, Gillibrand P, Gubbins M, Amundrod T. 2007. Modelling the assimilative capacity of sea-lochs (final report on SARF 012). Napier University. pp.1-29
- Vivienne Kelly, Use of Geographic Information Systems (GIS) to Calculate the Assimilative Capacity of Rivers to Receive Proposed Discharges, Annual Conference of Compass Informatics, Informatics & Reporting, Office of Environmental Assessment
- World Meteorological Organization Technical Report (2013) Planning of water-quality monitoring systems
- Yandamuri SR, Srinivasan K, Bhallamudi SM (2006) Multi objective optimal waste load allocation models for rivers using nondominated sorting genetic algorithm-II. J Water Resour Plann Manage 132(3):133–143
- Zhang K, Su F, Liu X, Song Z, Feng X (2017) Heavy metal concentrations in water and soil along the Hun River, Liaoning, China. Bull Environ ContamToxicol 99(3):391–398
- Zheng H, Lei X, Shang Y, Duan Y, Kong L, Jiang Y, Wang H (2018) Sudden water pollution accidents and reservoir emergency operations: impact analysis at Danjiangkou Reservoir. Environ Technol 39(6):787–803
- M. Zelenakova, Flood risk assessment and management in Slovakia, in: CA. Brebbia (Eds), River Basin Management 6. Southampton: WIT, 2011, pp. 61—69.
- M. Zeleflékové, S. Galas', L. Zvijékové, M. Slezingr, Calculation of Risk Posed by Flood Prot ection Measures as Part of the Environmental Impact Assessment Process, Polish Journal of Environmental Studies, 21 (SA) (2012) 45, 9–463.
- Munich Re. 1997. *Flooding and insurance*. Munich: Munich Reinsurance Company (in eight languages).
- Munich Re. 2000. *Topics 2000: Natural catastrophes – the current position*. Munich: Munich Reinsurance Company.
- National Council of the Slovak Republic, Law No. 24/2006 Coll. on Environmental Impact A ssessment, as amended, which entered into force on lst February 2006
- Wolfgang Kron (2005) Flood Risk = Hazard • Values • Vulnerability, Water International, 30:1, 58-68. Available at: DOI: 10.1080/02508060508691837
- Водний кодекс України : Закон України від 6 червня 1995 року, № 213/95-ВР Електронний ресурс / Верховна Рада України. – Остання редакція від 27.07.2013. – Режим доступу: http://zakon4.rada.gov.ua/laws/ show/213/95-%D0%B2%D1%80
- Кофанов В. І., Огняник М. С. (2008) Нормативно-методичне забезпечення визначення якості води при оцінці впливу на навколишнє середовище. Екологія довкілля та безпека життєдіяльності, №4, 15–23
- Методика екологічої оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями. (2012). Міністерство екології та природниї ресурсів України.
- Мітрясова О. П., Селіванова А. М. (2014) Оцінка екологічного стану поверхневих водних ресурсів Миколаївської області. Наукові праці. Екологія, 232 (220), 92–96
- Юрасов С.М., Кур'янова С.О., Юрасов М.С. (2009) Комплексна оцінка якості вод за різними методиками та шляхи її вдосконалення Український гідрометеорологічний журнал, №5, 42–53
- Amato, D.W.; Bishop, J.M.; Glenn, C.R.; Dulai, H., and Smith, C.M., 2016. Impact of submarine groundwater discharge on marine water quality and reef biota of Maui. *Public Library of Science One*, 11(11), e0165825
- Araghinejad S (2014) Data-driven modeling: using MATLAB in water resources and environmental engineering. Springer, New York
- Aryafar A, Yousefi S, Doulati Ardejani F (2013) The weight of interaction of mining activities: groundwater in environmental impact assessment using fuzzy analytical hierarchy process (FAHP). Environ Earth Sci 68(8):2313–2324
- Backman B, Bodisˇ D, Lahermo P, Rapant S, Tarvainen T (1998) Application of a groundwater contamination index in Finland and Slovakia. Environ Geol 36(1–2):55–64

- Boyacioglu H (2007) Development of a water quality index based on a European classification scheme. Water SA 33:101–106
- Cashmore, M.; Bond, A., and Cobb, D., 2008. The role and functioning of environmental assessment: Theoretical reflections upon an empirical investigation of causation. *Journal of Environmental Management*, 88(4), 1233-1248
- Chu, P.C.; Margolina, T.; Rodriguez, D.; Fan, C., and Ivanov, L.M., 2018. Spatial and temporal variability of the California Current identified from the synoptic monthly gridded World Ocean Database (WOD). *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 151, 37-48
- European Commission (EC). Groundwater Protection in Europe; European Commission: Brussels, Belgium, 2008; p. 35.
- Firat M, Turan ME, Yurdusev MA (2009) Comparative analysis of fuzzy inference systems for water consumption time series prediction. J Hydrol 374:235–241
- Gogu, R.C.; Dassargues, A. Current trends and future challenges in groundwater vulnerability assessment using overlay and index methods. Environ. Geol. 2000, 39, 549–559. [CrossRef]
- Hosseini-Moghari S-M., Kumars E., Azarnivand A. (2015) Groundwater quality assessment with respect to fuzzy water quality index (FWQI): an application of expert systems in environmental monitoring. Environ Earth Sci 74,7229-7238 DOI 10.1007/s12665-015-4703-1
- Ielpo, P.; Cassano, D.; Lopez, A.; Pappagallo, G.; Uricchio, V.F.; De Napoli, P.A. Source apportionment of groundwater pollutants in Apulian agricultural sites using multivariate statistical analyses: Case study of Foggia province. Chem. Cent. J. 2012, 6, S5. [CrossRef] [PubMed]
- Johari, A. and Akhir, M.F., 2019. Exploring thermocline and water masses variability in southern South China Sea from the World Ocean Database (WOD). *Acta Oceanologica Sinica*, 38(1), 38-47
- Middelboe AL, Markager S (2003) Depth limits and minimum light requirements of freshwater macrophytes. Freshwat Biol 37: 553–568
- Milovanovic M (2007) Water quality assessment and determination of pollution sources along the Axios/Vardar River, South-eastern Europe. Desalination 213(1):159–173
- Nilsson C, Renofalt BM (2008) Linking flow regime and water quality in rivers: a challenge to adaptive catchment management. Ecol Soc 13: 18.
- Palmer C, Rossouw N, Muller W, Scherman P (2007) The development of water quality methods within ecological Reserve assessments, and links to environmental flows. Water SA 31: 161–170
- Poff NLR, Allan JD, Bain MB, Karr JR, Prestegaard KL, et al. (1997) The natural flow regime. Bioscience 47: 769–784.
- Rizwan R, Gurdeep S (2010) Assessment of ground water quality status by using water quality index method in Orissa, India. World Appl Sci J 9(12):1392–1397
- Sadat-Noori SM, Ebrahimi K, Liaghat AM (2013) Groundwater quality assessment using the water quality index and GIS in Saveh-Nobaran aquifer, Iran. Environ Earth Sci 71(9): 3827–3843
- Saeedi M, Abessi O, Sharifi F, Meraji H (2010) Development of groundwater quality index. Environ Monit Assess 163(1–4): 327–335
- Said A, Stevens D, Selke G (2004) An innovative index for evaluating water quality in streams. Environ Manage 34:406–414
- Seidov, D.; Mishonov, A.; Reagan, J., and Parsons, R., 2019. Eddy-resolving *in situ* ocean climatologies of temperature and salinity in the Northwest Atlantic Ocean. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 124(1), 41-58
- Wang K-H, Altunkaynak A (2012) a comparative case study of rainfall-runoff modeling between SWMM and FUZZY logic approach. J Hydrol Eng 17(2):283–291
- Wu, J.; Li, P.; Qian, H. Study on the hydrogeochemistry and noncarcinogenic health risk induced by fluoride in Pengyang County, China. Int. J. Environ. Sci. 2012, 2, 1127–1134

- Hazardous Waste Combustion (HWC) National Emission Standards for Hazardous Air Pollutants (NESHAP) Final Rule Fact Sheet: Resource conservation and recovery act site-specific risk assessment policy for hazardous waste combustion facilities. US EPA 2000. Available at: https://archive.epa.gov/epawaste/hazard/tsd/td/web/pdf/ssrapofs.pdf
- Human Health Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion Facilities EPA530-R-05-006, 2005
- Memorandum: Sample Calculation for Dioxin in Support of the HWC Background Document, 1999.
- Standards for the management of specific hazardous wastes and specific types of hazardous waste management facilities. Available at: https://www.ecfr.gov/current/title-40/chapter-I/subchapter-I/part-266
- US EPA Document Estimating Media Concentrations
- Лосєв М.Ю., Мілька І.В. (2011) Оцінка якості поверхневих вод басейну річки Салгир. Системи обробки інформації. Інформаційні технології в медицині, економіці та екології. 3(93), 199-202
- Методики встановлення й використання екологічних нормативів якості поверхневих вод суші й естуаріїв України.
- Нетробчук І.М. (2007) Оцінка якості поверхневих вод правобережних приток басейну Прип'яті у Волинській області. Науковий Вісник Волинського держ. універ. Ім. Л.Українки. 2, 260-265
- Рибалова О. В., Артем'єв С. Р., Сарапіна М. В. та ін. (2018) Розробка методів оцінки екологічного ризику погіршення стану поверхневих вод. Східноєвропейський журнал передових технологій. 2(10), 4-17
- Скок С.В. (2020) Методичні аспекти оцінки впливу міських стічних вод на якість річки Дніпро. Водні біоресурси та аквакультура. 2(8), 251-267
- Смалій О.В. (2016) Стан використання водних ресурсів басейну річки Сіверський Донець. Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. 1(225), 214-218
- Цьось О.О. (2017) Екологічна оцінка якості поверхневих вод річки Цир за категоріями. Людина та довкілля. Проблеми неоекології. 1-2(27), 71-76
- Андрієнко В.І. (2006) Екологічно криза сьогодення. К.,. 187с.
- Бєгун В.В., Науменко І.М. Безпека життєдіяльності (забезпечення соціальної, техногенної та природної безпеки): Навч. Посібник. – К., 2004. 328с.
- Биченок М.М., Іванюта С.П., Яковлєв Є.Р. Ризики життєдіяльності у природно-техногенному середовищі. – К.:Ін-т проблем нац. Безпеки. 0 2008. – 160с.
- Екологічний ризик: методологія оцінювання та управління: Навч. Посібник. / Г.В. Лисиченко, Г.А. Хміль, С.В. Барбашев та інші. К: Наук. Думка, 2014. – 328 с
- Кодекс цивільного захисту України. від 02.10.2012 № 5403-VI. Електронний ресурс. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5403-17#Text
- Михайлюк В.О., Халмурадов Б.Д. Цивільна безпека: Навч. Посіб. – К.: Центр учбов. Літ., 2008. – 158с.
- Про затвердження Методики прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно-небезпечних об'єктах і транспорті. МВС України; Наказ від 29.11.2019 № 1000. Електронний ресурс. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0440-20#Text
- Стеблюк М. (2013) Цивільна оборона та цивільний захист: підручник. 3-тє витання. 487с. Електронний ресурс. Режим доступу: https://pidru4niki.com/16011013/bzhd/oseredok_himichnogo_urazhennya
- Адаменко О.М., Рудько Г.И. Основы экологической геологии. - К., 1995.
- Буравльов Є.П., Дрозд І.П., Коваль Г.М. Класифікація і управління техногенними ризиками // Екологія і ресурси: 36. наук, праць. -К., 2003.-Вип. 7.-С. 17-25.

- Гошовський С.В., Рудько Г.І., Преснер Б.М. Екологічна безпека техногенних систем у зв'язку з катастрофічним розвитком геологічних процесів. -Л.; К., 2002.
- Екологічний ризик: методологія оцінювання та управління: Навч. Посібник. / Г.В. Лисиченко, Г.А. Хміль, С.В. Барбашев та інші. К: Наук. Думка, 2014. – 328 с.
- Методика прогнозування наслідків виливу (викиду) небезпечних хімічних речовин під час аварій на хімічно небезпечних об’єктах і транспорті. Наказ № 1000б 29.11.2019 МВС України
- Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2010р. – К: МНС України, 2011. – 215с.
- Носовский А.В. Безопасность жизнедеятельности. – К. : ІВЦ «Політехніка», 2005. – 228с.
- Экономические проблемы рационального природопользования и охраны окружающей среды / Под ред. Т.С. Хачатурова. - М., 1982.
- Екологічний ризик: методологія оцінювання та управління: Навч. посібник / Г.В. Лисиченко, Г.А. Хміль, С.В. Барбашев, Ю.Л. Забулонов, Ю.Є. Тищенко. - К.: Наук. думка, 2014. – 328 с.
- Лисиченко Г., Хміль Г., Барбашев С. (2011) Методологія оцінювання екологічних ризиків. Одеса: Астропринт
- Маді Г. (2021) Економічна маргінальність в соціальному просторі сучасного суспільства. Дисертаційна робота. 09.00.03. Одеса.
- Мокієнко А.В., Ковальчук Л. Й., Крісілов А. Д. (2017) Якість води поверхневих водойм як фактор ризику для здоров’я населення: математична модель. Вісник Національної академії наук України. 10, 42-52. Електронний ресурс. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vnanu_2017_10_7
- Турос О. (2008). Аналіз ризику для здоров’я населення від забруднення атмосферного повітря промисловими підприємствами м. Запоріжжя. *Медичні перспективи*, XIII (1), 93-97.
- Chernichenko I.A., Serdjuk A.M., Litvichenko O.N., Balenko N.V. (2006) Hygienic regulation and risk. Hygiene and sanitation. 85(1): 30.
- Edet A., Nyong E., Ukpong A., Edet, C. (2021)Evaluation and risk assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons in groundwater and soil near a petroleum distribution pipeline spill site, Eleme, Nigeria. Sustainable Water Resources Management. 7. Available at: DOI:10.1007/s40899-021-00530-y
- Horiguchi, H., Oguma, E., Sasaki, S., Okubo, H., Murakami, K., & Miyamoto, K. (2013). Age-relevant renal effects of cadmium exposure through consumption of home-harvested rice in female Japanese farmers. Environment International, 56, 1–9.
- Ihedioha, J. N., Ukoha, P. O., & Ekere, N. R. (2017). Ecological and human health risk assessment of heavy metal contamination in soil of a municipal solid waste dump in Uyo, Nigeria. Environmental Geochemistry and Health, 39(3), 497–515.
- Iqbal, J., Tirmizi, S. A., & Shah, M. H. (2012). Non-carcinogenic health risk assessment and source apportionment of selected metals in source freshwater Khanpur Lake, Pakistan. Bulletin of Environment and Contamination Toxicology, 88, 177–181.
- Jiang, Y., Shi, L., Guang, A. L., Mu, Z., Zhan, H., & Wu, Y. (2017). Contamination levels and human health risk assessment of toxic heavy metals in street road side soil in an inroad side soilrial city in Northwest China. Environmental Geochemistry and Health. Available at: https://link.springer.com/article/10.1007/s10653-017-0028-1
- Kumari, P., Chowdhury, A., & Maiti, S. K. (2018). Assessment of Heavy metal in the water, sediment and two edible fish species of Jamshedpur Urban Agglomeration, India with special emphasis on human health risk. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal. Available at: https://doi.org/10.1080/10807039.2017.1415131

- Liu, X., Song, Q., Tang, Y., et al. (2013). Human health risk assessment of heavy metals in soil–vegetable system: A multi-medium analysis. Science of Total Environment, 463, 530–540.
- Maurizio Barbier (2016) The Importance of Enrichment Factor (EF) and Geoaccumulation Index (Igeo) to Evaluate the Soil Contamination. Geology & Geophysics, vol. 5, Issue 1,ISSN:2381-8719 JGG, doi:10.4172/2381-8719.1000237
- Nawab, J., Li, G., Khan, S., Sher, H., Aamir, M., Shamshad, I., et al. (2016). Health risk assessment from contaminated foodstuffs: A field study in chromite mining-affected areas northern Pakistan. Environmental Science and Pollution Research, 23(12), 12227–12236
- Nawab, J., Li, G., Khan, S., Sher, H., Aamir, M., Shamshad, I., et al. (2016). Health risk assessment from contaminated foodstuffs: A field study in chromite mining-affected areas northern Pakistan. Environmental Science and Pollution Research, 23(12), 12227–12236.
- Naz A., Chowdhury A. Kumar B., Karthikeyan K. (2018) Distribution of heavy metals and associated human health risk in mine, agricultural and roadside soils at the largest chromite mine of India. Environ Geochem Health. 40. 2155–2175. Available at: https://link.springer.com/article/10.1007/s10653-018-0090-3
- Naz, A., Chowdhury, A., Mishra, B. K., & Gupta, S. K. (2016a). Metal pollution in water environment and the associated human health risk from drinking water: A case study of Sukinda chromite mine, India. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, 22(7), 1433–1455.
- Naz, A., Mishra, B. K., & Gupta, S. K. (2016b). Human health risk assessment of chromium in drinking water: a case study of Sukinda chromite mine, Odisha, India. Exposure and Health, 8(2), 253–264.
- Raj, D., Chowdhury, A., & Maiti, S. K. (2017). Ecological risk assessment of mercury and other heavy metals in soils of coal mining area: A case study from Eastern part of Jharia coal field, India. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, 23(4), 767–7871
- Silbergeld, E. K. (2003). Facilitative mechanisms of lead as a carcinogen. Mutation Research/Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis, 533(1), 121–133.
- Steenland, K., & Boffetta, P. (2000). Lead and cancer in humans: where are we now? American Journal of Inroad side soilrial Medicine, 38, 295–299.
- Steenland, K., & Boffetta, P. (2000). Lead and cancer in humans: where are we now? American Journal of Inroad side soilrial Medicine, 38, 295–299.
- Бєгун В.В., Науменко І.М. Безпека життєдіяльності (забезпечення соціальної, техногенної та природної безпеки): Навч. Посібник. – К., 2004. – 328с.
- Биченок М.М., Іванюта С.П., Яковлєв Є.Р. Ризики життєдіяльності у природно-техногенному середовищі. – К.:Ін-т проблем нац. Безпеки. 2008. – 160с.
- Екологічний ризик: методологія оцінювання та управління: Навч. Посібник. / Г.В. Лисиченко, Г.А. Хміль, С.В. Барбашев та інші. К: Наук. Думка, 2014. – 328 с
- Михайлюк В.О., Халмурадов Б.Д. Цивільна безпека: Навч. Посіб. – К.: Центр учбов. Літ., 2008. – 158с.
- Chemical Risk Assessment and Regulatory Decision Making. Available at: https://www.acs.org/content/acs/en/policy/publicpolicies/sustainability/chemicalsmanagement.html
- Gwinn, Maureen R, Daniel A Axelrad, Tina Bahadori, David Bussard, Wayne E Cascio, Kacee Deener, David Dix, Russell S Thomas, Robert J Kavlock, and Thomas A Burke. (2017) Chemical Risk Assessment: Traditional vs Public Health Perspectives. *American Journal of Public Health.* 107.7, 1032-039.
- Human Health Risk Assessment. Available at: https://www.epa.gov/risk/human-health-risk-assessment

- Про затвердження методичних рекомендацій "Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря". Наказ МОН №184 від 13.04.2007. Електронний ресурс. Режим доступу: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0184282-07#top
- American Petroleum Institute (1985): Laboratory Study on Solubilities of Petroleum Hydrocarbon in Groundwater. Health and Environmental Sciences Departmental Report 4395, Washington, DC
- Chen Z, Huang GH, Chakma A (2000): Risk assessment of a petroleum-contaminated site through a multi-phase and multi-component modeling approach. J Petrol Sci Eng 26, 273–281
- Eunyoung K, Little JC, Chiu N (2004): Estimating exposure to chemical contaminants in drinking water. Environ Sci Technol 38, 1799–1806
- Lesser-Carrillo LE (2006): Current situation of MTBE (methyl terbutyl ether) in aquifer systems. Ingenieria Hidraulica En Mexico 21, 115–121
- López, E., Schuhmacher, M. & Domingo, J.L. (2008) Human health risks of petroleum-contaminated groundwater. *Environ Sci Pollut Res* 15**,** 278–288. Available at: https://doi.org/10.1065/espr2007.02.390
- Nadim F, Hoag GE, Liu S, Carley RJ, Zack P (2000): Detection and remediation of soil and aquifer systems contaminated with petroleum products: An overview. J Petrol Sci Eng 26, 169–178
- Nuckols JR, Ashley DL, Lyu C, Gordon SM, Hinckley AF, Singer P (2005): Influence of tap water quality and household water use activities on indoor air and internal dose levels of trihalomethanes. Environ Health Perspect 113, 863–870
- US EPA (1992): Guidelines for Exposure Assessment. EPA-600-Z-92-001, Washington, DC
- US EPA (2004): Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I: Human Health Evaluation Manual (Part E, Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment), EPA/540/R/99/005, Washington, DC
- US EPA (2005): Human Health Medium-Specific Screening Levels. EPA, Region 6 1445, TX
- Centers for Disease Control and Prevention – Risk Communication Available at: https://www.cdc.gov/healthcommunication/risks/index.html
- D. Krewski, etc (2019) Encyclopedia of Environmental Health (Second Edition)
- EPA – Key Aspects of Risk Communication. Available at: https://www.epa.gov/risk-communication/risk-communication-tools#videos
- EPA material - Risk Communication. Available at: https://www.epa.gov/risk-communication/learn-about-risk-communication
- Lisa D. Ellis (2018) The Need for Effective Risk Communication Strategies in Today's Complex Information Environment. Available at: https://www.hsph.harvard.edu/ecpe/effective-risk-communication-strategies/
- R. Bullock (2022) EENV421/521 Risk Communications - lecture material
- School of Public Health – Risk, Crisis and Emergency Communication Video Training Series. DrexelDornsife School of Public Health. Available at: https://drexel.edu/dornsife/research/centers-programs-projects/center-for-public-health-readiness-communication/risk-crisis-emergency-video-training-series/
- World Health Organization - Risk Communication. Available at: https://www.who.int/emergencies/risk-communications