

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА
методичні рекомендації
до виконання практичних робіт

Запоріжжя 2025



УДК 502/504(072)
Е45

Рекомендовано Науково-методичною радою
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
(протокол № 6 від 28.02.2025 р.)

Укладач

Максимова Н.М., канд. техн. наук, доцент

Е45 Екологічна безпека : методичні рекомендації до виконання практичних робіт /
уклад. Н. М. Максимова. Запоріжжя : ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2025. 109 с.

У методичних рекомендаціях наведено тематику практичних робіт, критерії оцінювання, методичні пояснення щодо порядку виконання завдань та приклади їх виконання, питання для самоперевірки, список рекомендованих джерел тощо.

УДК 502/504(072)

© ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2025

ЗМІСТ

Вступ	4
Практична робота № 1. Оцінка ризиків впливів на здоров'я населення від хімічного забруднення атмосферного повітря та від споживання хлорованої питної води	8
1.1 Загальні положення про оцінку канцерогенного та неканцерогенного ризику для здоров'я населення від хімічного забруднення атмосферного повітря	8
1.2 Коротка характеристика зв'язку між показниками здоров'я населення та станом довкілля	10
1.3 Оцінка ризику	11
1.4 Управління та інформування про ризики	17
1.5 Завдання та приклад вирішення	18
1.5.1 Приклад розрахунку канцерогенного ризику, пов'язаного із забрудненням атмосферного повітря бенз(а)піреном та N-нітрозодиметиламіном	18
1.5.2 Приклад оцінки ризику розвитку неканцерогенних ефектів, пов'язаних із забрудненням повітря	21
1.5.3 Приклад оцінки неканцерогенного ризику, пов'язаного із забрудненням повітря	21
1.5.4 Завдання № 1	23
1.5.5 Завдання № 2	25
1.6 Загальні відомості про оцінку канцерогенного ризику для здоров'я населення від споживання хлорованої питної води	26
1.7 Характеристика хлорорганічних сполук – продуктів хлорування питної вод	27
1.8 Аналіз небезпеки і оцінки ризику	28
1.9 Приклад розрахункового визначення канцерогенного ризику, пов'язаного із забрудненням питної води хлорорганічними сполуками	30
1.10 Завдання з розрахункового визначення канцерогенного ризику, пов'язаного із забрудненням питної води хлорорганічними сполуками	31
Питання для самоперевірки	32
Перелік рекомендованих джерел	32
Зміст та вимоги до контрольних точок	34
Практична робота № 2. Районування ризиків підтоплення міст і селищ	35
2.1 Теоретичні відомості	35
2.2 Підходи до районування підтоплених територій за ступенем ризиків підтоплення	38
2.2.1 Визначення ступеню небезпеки територій	40

2.2.2	Визначення ступеня уразливості територій	49
2.2.3	Розрахунок коефіцієнту ризику підтоплення території	51
2.3	Завдання № 1	53
	Питання для самоперевірки	58
	Перелік рекомендованих джерел	59
	Зміст та вимоги до контрольних точок	60
	Практична робота № 3. Розрахунок неорганізованих викидів забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану та визначення розмірів завданої шкоди	61
3.1	Загальні відомості	61
3.2	Розрахунок маси неорганізованих викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану ...	62
3.3	Визначення розмірів шкоди, завданої неорганізованими викидами забруднюючих речовин або сумішей таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану ...	65
3.3.1	Приклад розрахунку неорганізованих викидів забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану та визначення розмірів завданої шкоди (у разі наявності інформації про масу згорілої речовини) ..	68
3.3.2	Приклад розрахунку неорганізованих викидів забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану та визначення розмірів завданої шкоди (у разі відсутності інформації про масу згорілої речовини).	71
3.3.3	Приклад розрахунку неорганізованих викидів забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану та визначення розмірів завданої шкоди (у разі встановлення факту загоряння лісових та інших насаджень)	75
3.4	Використання розрахунків розміру шкоди, заподіяної неорганізованими викидами забруднюючих речовин або сумішей таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану	78
3.5	Завдання № 1	79
	Питання для самоперевірки	79

Перелік рекомендованих джерел	80
Зміст та вимоги до контрольних точок	80
Практична робота № 4. Основні проблеми охорони природних вод ...	81
4.1 плив на якість природних вод і проблема скидів промислових стічних вод	81
4.2 Визначення концентрації шкідливих речовин у природних водоймах і стічних водах	87
4.3 Визначення ступеня очистки стічних вод	89
4.4 Завдання	91
Питання для самоперевірки	93
Перелік рекомендованих джерел	93
Зміст та вимоги до контрольних точок	94
Додаток А Приклад титульного аркушу комплексу практичних робіт, виконаних здобувачем	95
Додаток Б Референтні концентрації речовин за хронічного інгаляційного впливу	96
Додаток В Фактори канцерогенного потенціалу речовин	100
Додаток Г Класифікація рівнів неканцерогенного ризику	103
Додаток Д Приклад розрахунку сумарного неканцерогенного ризику впливу сполук (НІ) на критичні органи та системи організму	104
Додаток Е Приклад розрахунку канцерогенного ризику, пов'язаного із забрудненням атмосферного повітря формальдегідом та N- нітрозодиметиламіном	105
Додаток Ж Класифікація рівнів канцерогенного ризику	107
Додаток И Характеристика вод водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення	108

ВСТУП

У методичних рекомендаціях наведено тематика практичних робіт, методичні пояснення щодо порядку виконання, питання для самоперевірки тощо.

Рівень сформованості знань та навичок здобувача вищої освіти з освітнього компоненту за виконання практичних робіт оцінюють за бальною шкалою, яка наведена в силабусі та робочій програмі.

Додаткові зауваження:

– студент може оскаржити отримані оцінки в порядку, передбаченому Положенням про організацію освітнього процесу ([Нормативні документи : Polytechnic \(metinvest.university\)](#)) та Положенням про політику та процедури врегулювання конфліктних ситуацій ([Академічні політики : Polytechnic \(metinvest.university\)](#));

– оцінки, отримані за роботу на практичних заняттях, не можуть бути відпрацьовані або покращені, окрім процедури оскарження, оцінки за інші види поточного контролю можуть бути покращені за індивідуальною домовленістю з викладачем.

Особливі підходи до визнання результатів навчання

– В разі, якщо дисципліна є обов'язковою для здобувача освіти, і він засвоїв повністю або частково відповідні програмні результати навчання під час отримання освіти на попередніх або такому ж рівні, то кредити та оцінка з дисципліни може бути перезарахована в порядку, передбаченому Положенням про організацію освітнього процесу ([Нормативні документи : Polytechnic \(metinvest.university\)](#)). Консультацію з даного питання можна отримати у викладача, куратора або гаранта освітньої програми, завідувача кафедри, за якою закріплено цю дисципліну;

– В разі, якщо здобувач освіти обрав цю дисципліну як дисципліну вільного вибору, не зважаючи на той факт, чи вивчалася вона раніше, оцінка та кредити з цієї дисципліни не перезараховуються;

– В разі, якщо здобувач освіти хотів би самостійно вивчити певні курси з вивчення технологій захисту атмосфери (наприклад, Coursera, Udemu або інших платформ, в т.ч. платформ відкритих курсів вітчизняних та/або закордонних університетів), то: 1) доцільно звернутися до списку рекомендованих вебресурсів або проконсультуватися з викладачем на предмет релевантності самосійтно знайденого освітнього ресурсу програмі дисципліни; 2) в разі успішності опанування такого курсу, яке підтверджується сертифікатом або іншим способом, такому здобувачу у порядку, визначеному Положенням про визнання результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті [Нормативні документи : Polytechnic \(metinvest.university\)](#), такі результати можуть бути зараховані замість оцінки з певного виду поточного контролю;

– В разі, якщо здобувач освіти реалізував певний вид наукової роботи (тези, стаття, результативна участь у студентській олімпіаді тощо), то у порядку, визначеному Положенням про визнання результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті [Нормативні документи : Polytechnic \(metinvest.university\)](#), такі результати можуть бути зараховані замість оцінки з певного виду поточного або навіть підсумкового контролю; консультацію з питань визнання результатів неформальної та інформальної освіти можна отримати в уповноваженої особи від кафедри, яка викладає дисципліну; перелік таких осіб можна знайти за посиланням [Студентам : Polytechnic \(metinvest.university\)](#).

Як приклад оформлення пояснювальної та розрахункової частини практичних робіт слід орієнтуватись на відповідні приклади рішення, які наведені за змістом методичних рекомендацій. Титульний аркуш студентських робіт наведено наприкінці методичних вказівок в додатку А.

Практична робота № 1

Оцінка ризиків впливів на здоров'я населення від хімічного забруднення атмосферного повітря та від споживання хлорованої питної води

Розглядаються низка питань, зокрема варіанти методичних підходів оцінки ризику впливів на здоров'я населення на прикладі:

1) оцінки канцерогенного та неканцерогенного ризику для здоров'я населення від хімічного забруднення атмосферного повітря (див. п. 1.1-1.5, в т.ч. завдання № 1 (п.1.5.4) та завдання № 2 (п. 1.5.5));

2) оцінки канцерогенного ризику для здоров'я населення від споживання хлорованої питної води (див. п. 1.6-1.10, в т.ч. завдання № 3 (п.1.10)).

1.1 Загальні положення про оцінку канцерогенного та неканцерогенного ризику для здоров'я населення від хімічного забруднення атмосферного повітря

Методичні рекомендації "Оцінка канцерогенного та неканцерогенного ризику для здоров'я населення від хімічного забруднення атмосферного повітря", затверджені наказом Міністерства охорони здоров'я України від 18.10.2023 р. № 1811 [4], та призначені для проведення оцінки рівня канцерогенного та неканцерогенного ризику для здоров'я населення від існуючого хімічного забруднення атмосферного повітря на території населеного пункту, яке сформоване за рахунок промислових викидів, життєдіяльності населення та процесів трансформації.

У даних методичних рекомендаціях [4] терміни і визначення застосовуються в такому значенні:

– аналіз ризику – процес отримання інформації, необхідної для запобігання негативних наслідків для здоров'я і життя людини, який включає етапи з оцінки ризику, управління ризиком і розповсюдження інформації про ризик;

– доза – основна міра експозиції, яка характеризує кількість хімічної речовини, що впливає на організм;

– експозиція – кількість хімічної речовини, яка доступна для абсорбції на обмінних оболонках тіла (легені, шлунково-кишковий тракт, шкіра) протягом певної тривалості впливу;

– залежність «доза-відповідь» – зв'язок між рівнем експозиції (дозою) і ступенем прояву специфічного ефекту у популяції, що зазнає впливу даної сполуки;

– індивідуальний ризик – оцінка ймовірності розвитку негативного ефекту у індивіда, наприклад, ризик розвитку раку у одного індивіда із

1000 осіб, які зазнавали впливу (ризик 1 на 1 000 або 10^{-3});

- канцерогенний ризик – імовірність розвитку новоутворень протягом життя людини, що обумовлена впливом потенційного канцерогена;

- кумулятивний ризик – імовірність розвитку шкідливого ефекту внаслідок одночасного надходження в організм усіма можливими шляхами хімічних речовин, що мають схожий механізм дії;

- маршрут впливу – шлях хімічної речовини від джерела її утворення і надходження у навколишнє природне середовище до організму людини, що зазнає експозиції впливу. Складається із джерела забруднення навколишнього природного середовища, первинного забрудненого середовища, транспортуючого середовища і середовища, що безпосередньо впливає на людину;

- невизначеність – ситуація, обумовлена недосконалістю знань про сучасний або майбутній стан системи взаємозв'язку між шкідливим чинником і організмом людини. Характеризує часткову відсутність відомостей про певні параметри, процеси, моделі, що використовуються при оцінці ризику;

- неканцерогенний ризик (Коефіцієнт небезпеки HQ) – відношення діючої дози/концентрації хімічної речовини до її безпечного /референтного/ рівня впливу;

- індекс небезпеки – сума коефіцієнтів небезпеки для речовин з однорідним механізмом дії або сума коефіцієнтів небезпеки для різних шляхів надходження хімічної речовини;

- одиничний ризик (UR) – верхня межа додаткового ризику протягом життя, який обумовлений впливом хімічної речовини в концентрації 1 мкг/м^3 (за інгаляційного шляху надходження з атмосферного повітря);

- популяційний ризик – агрегована міра очікуваної частоти ефектів серед всіх людей, які зазнали впливу (наприклад, 20 випадків захворювання на рак у популяції окремого району, міста тощо);

- референтна концентрація (RfC) – концентрація, безперервний щоденний вплив якої протягом життя на населення (включаючи чутливі групи), ймовірно, не призведе до виникнення несприятливих неракових ефектів у здоров'ї;

- ризик для здоров'я – ймовірність розвитку негативних наслідків для здоров'я у окремих індивідів або групи осіб, які зазнали певного впливу хімічної речовини. Характеризується величиною, що лежить в інтервалі (0...1), де 0 означає відсутність ефекту, а 1 – обов'язковий його прояв;

- середня добова доза впливу речовини протягом життя (LADD) – потенційна добова доза впливу речовини, усереднена за період життя людини (період усереднення експозиції для канцерогенів – 70 років).

- фактор канцерогенного потенціалу (SF) — фактор, що характеризує ступінь розвитку канцерогенного ризику зі збільшенням

діючої дози на одну одиницю. Цей показник демонструє верхню, консервативну оцінку ризику канцерогенності за очікувану тривалість життя людини (70 років).

– характеристика ризику – завершальний етап оцінки ризику, на якому узагальнюються дані попередніх етапів і пов'язаних з ними невизначеностей з метою обґрунтування висновків і рекомендацій, необхідних для управління ризиком.

Інші терміни вживаються у значенні, наведеному в Законах України «Про систему громадського здоров'я», «Про охорону атмосферного повітря», «Про забезпечення хімічної безпеки та управління хімічною продукцією» [1-3].

1.2 Коротка характеристика зв'язку між показниками здоров'я населення та станом довкілля

Здоров'я людини визначається складною взаємодією цілого ряду факторів: спадковість, соціально-економічне та психологічне благополуччя, доступність і якість медичного обслуговування, спосіб життя і наявність шкідливих звичок, умови життєдіяльності та якість навколишнього природного середовища. Визначення точного внеску окремих факторів у розвиток захворювання нерідко є досить важким завданням, яке ускладнюється значною кількістю обумовлених ними ефектів, багато з яких, до того ж, можуть зустрічатися серед населення і без впливу цих факторів [4].

У той же час, шляхом проведення належним чином спланованих епідеміологічних та еколого-гігієнічних досліджень можна виявити і кількісно оцінити ризик розвитку захворювань, пов'язаних зі шкідливою дією факторів навколишнього природного середовища для відносно великих груп населення. Сьогодні одним із найбільш ефективних сучасних підходів до встановлення зв'язку між станом навколишнього природного середовища та здоров'ям населення в певному регіоні чи місті, що дозволяє вирішувати подібні задачі в умовах обмежених термінів і фінансових можливостей, є методологія оцінки ризику.

Методологія оцінки ризику – це вибір оптимальних у даній конкретній ситуації шляхів усунення або зменшення ризику, він складається з трьох взаємопов'язаних елементів [4]:

- оцінка ризику;
- управління ризиком;
- інформування про ризик.

Саме їх сукупність дозволяє не лише виявити існуючі проблеми, розробити шляхи їх вирішення, а й створити умови для практичної реалізації цих рішень.

При цьому визначення ризику від забруднення атмосферного

повітря дозволяє прогнозувати ймовірність і медико-соціальну значимість можливих порушень здоров'я за різних сценаріїв його впливу, а ще й встановлювати першочерговість і пріоритетність заходів з управління факторами ризику на індивідуальному та популяційному рівнях [4].

Визначення факторів ризику, доведення їх ролі у порушенні здоров'я людини, а також кількісна характеристика залежностей шкідливих ефектів від рівнів впливу конкретних факторів дозволяє оцінити реальну загрозу здоров'ю населення, що проживає на певних територіях, і дає об'єктивні підстави для впровадження профілактичних заходів.

Одночасно результати можна використовувати для розрахунків економічних втрат суспільства у результаті погіршення здоров'я населення або визначення затрат на впровадження профілактичних заходів та поліпшення навколишнього природного середовища [4].

Отже, сучасна методологія оцінки ризиків для здоров'я та управління ними у разі впровадження її у практику роботи обласних центрів контролю та профілактики хвороб МОЗ України, установ охорони здоров'я тощо дозволяє вирішити як традиційні, так і нові задачі профілактичної медицини з урахуванням комплексу соціально-економічних та екологічних проблем.

1.3 Оцінка ризику

Повна, або базова, схема оцінки ризику передбачає проведення чотирьох взаємопов'язаних етапів, а саме [4]:

- ідентифікацію небезпеки;
- оцінку експозиції;
- характеристику небезпеки (оцінку залежності «доза-відповідь»);
- характеристику ризику.

Головним завданням етапу «Ідентифікація небезпеки» є відбір пріоритетних, індикаторних хімічних речовин, вивчення яких дозволить з достатньою точністю охарактеризувати рівні ризику порушення стану здоров'я населення та джерела його виникнення. Пріоритетність досліджуваних речовин визначають на основі даних щодо їх біологічної активності, у т.ч. канцерогенної, фізико-хімічних властивостей, які обумовлюють особливості поширеності і поведінки їх у навколишньому природному середовищі та впливу на організм людини, залежності розвитку негативних ефектів (специфічних і неспецифічних) від шляху надходження речовини в організм [4].

При цьому, як правило, використовують вторинні джерела інформації (аналітичні огляди, звіти, довідники, бази даних), що вже містять висновки висококваліфікованих експертів про небезпечні властивості даної речовини.

Етап оцінки ризику «Оцінка експозиції», у процесі якого

встановлюється кількісний рівень надходження речовини до організму людини певним шляхом. Він передбачає визначення шляху 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 [4].

Кількісна характеристика експозиції передбачає визначення концентрації хімічних сполук, що впливають на людину, орієнтуючись на дані [4]:

- моніторингових досліджень;
- моделювання поширеності та поведінки хімічних сполук у повітряному (навколишньому природному) середовищі;
- комбінації результатів моніторингових спостережень із даними, отриманими на основі моделювання.

Моніторинг якості атмосферного повітря є найбільш важливим інструментом для аналітичного визначення вмісту хімічних чинників. За сучасних умов джерелом даних можуть бути результати спеціально спрямованих спостережень і матеріали щодо стану забруднення атмосферного повітря, отримані Державною службою України з надзвичайних ситуацій та її територіальними органами [4].

Концентрація речовини у зоні спостережень (місце перебування людини) визначається як середньоарифметична величина концентрацій, що мали місце протягом періоду експозиції, або як максимальна концентрація за обмежений час (у залежності від постановки завдання).

Для оцінки ризиків, зумовлених хронічним впливом хімічних речовин, мають застосовуватись середньорічні концентрації та їхні верхні 95% довірчої межі. При визначенні ризиків гострих (екстремальних, аварійних) ситуацій терміном до 24 год використовуються максимальні концентрації [4].

Визначаючи ризик впливу атмосферного повітря на здоров'я людей, теоретично бажано враховувати весь спектр хімічних сполук, що можуть діяти у цьому місці. Однак, реально допускається обмеження їх числа пріоритетними (індикаторними) для даної території речовинами.

Критеріями вибору пріоритетних речовин антропогенного походження є їхні токсичні властивості, розповсюдження у навколишньому середовищі, стійкість, здатність до біокумуляції та міграції природними ланцюгами, здатність викликати негативні ефекти (незворотні, віддалені) та чисельність населення, на яке потенційно вони можуть впливати [4].

При визначенні пріоритетних речовин доцільно враховувати також закордонні переліки (країни ЄС, США), що склалися на основі вивчення компонентів забруднення повітряного середовища та характерних викидів різних промислових галузей.

Важливо орієнтуватися на переліки загальнопоширених

забруднюючих речовин атмосферного повітря, показників та інгредієнтів атмосферних опадів [5, 7].

Головним завданням етапу «Характеристика небезпеки» є узагальнення та аналіз наявних даних щодо гігієнічних нормативів, безпечних рівнів впливу (референтних доз та концентрацій), критичних органів/систем та негативних ефектів, що можуть виникати за дії певної речовини або групи речовин.

Дія хімічних сполук зумовлює широкий спектр шкідливих ефектів, які залежать від шляху та тривалості надходження в організм, рівнів доз або концентрацій. У методології оцінки ризику прийнято орієнтуватися на той шкідливий ефект, який виникає за впливу найменшої з ефективних доз (критичний ефект). Органи та системи організму людини, які зазнають негативного впливу за дії найменшої із ефективних доз, називають критичними [4].

При цьому міжнародна методологія оцінки ризику передбачає, що [4]:

- для неканцерогенних речовин та канцерогенів негенотоксичної дії передбачається наявність порогових рівнів, нижче від яких шкідливі ефекти не виникають;

- канцерогенні ефекти, обумовлені дією генотоксичних канцерогенних чинників, можливі за дії будь-яких доз, що викликають пошкодження генетичного матеріалу; для такого роду сполук відсутні порогові рівні.

Для характеристики ризику розвитку неканцерогенних ефектів найчастіше використовують два показники: максимальна недіюча доза і мінімальна доза, що викликає пороговий ефект. Дані показники є основою для установа рівнів мінімального ризику – референтних доз (RfD) і концентрації (RfC). Перевищення референтної дози не обов'язково пов'язане із розвитком шкідливого ефекту, але чим вища доза впливу і чим більше вона перевищує референтну, тим більша імовірність його виникнення, однак оцінити цю ймовірність за даного методичного підходу неможливо. У зв'язку з цим кінцевими характеристиками оцінки експозиції на основі референтних доз і концентрацій є коефіцієнти (HQ) та індекси (HI) небезпеки. Якщо референтна доза не перевищена, то ніяких регулюючих втручань не потрібно. У випадку, коли вплив речовини перевищує референтну дозу, виникає небезпека, величину якої можна оцінити лише за допомогою вивчення залежності "доза-відповідь" та спектру шкідливих ефектів [4].

Значення референтних концентрацій деяких хімічних речовин, а також критичних органів та систем, на які вони впливають у першу чергу, наведено у додатку Б [4].

Для оцінки ризику генотоксичних канцерогенів основним параметром є фактор канцерогенного потенціалу SF, що відображає ступінь наростання канцерогенного ризику на одну одиницю зі збільшенням дози впливу і має розмірність $(\text{мг/кг} \cdot \text{доба})^{-1}$ [4].

Значення фактора канцерогенного потенціалу деяких хімічних речовин за повітряного шляху надходження наведено у додатку В [4].

Етап «Характеристика ризику» інтегрує дані про небезпеку досліджуваних речовин, величину експозиції, параметри залежності «доза-відповідь», які було отримано на попередніх етапах дослідження. На основі цих даних дається кількісна та якісна оцінка ризику окремих речовин та визначається порівняльний ряд небезпеки для здоров'я населення групи сполук. Характеристика ризику є сполучною ланкою між оцінкою ризику для здоров'я та управлінням ризиком [4].

Оцінку ризику розвитку неканцерогенних ефектів здійснюють шляхом визначення коефіцієнтів небезпеки (HQ) – порівняння фактичного рівня впливу сполук з безпечними (референтними) [4]:

$$HQ = \frac{C}{RfC}, \quad (1.1)$$

де HQ – коефіцієнт небезпеки;

C – рівень впливу речовини, мг/м³;

RfC – безпечний рівень впливу (референтна концентрація), мг/м³.

Якщо розрахований коефіцієнт небезпеки речовини менший за одиницю, то можливість розвитку у людини шкідливих ефектів за щоденного надходження речовини протягом життя несуттєва і такий вплив характеризується як допустимий.

У випадку перевищення коефіцієнтом небезпеки одиниці вірогідність виникнення шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню HQ.

Досліджувані речовини ранжують за величиною коефіцієнта небезпеки для визначення найбільш пріоритетних забруднювачів, що дає змогу конкретизувати напрямок профілактичних заходів.

Коефіцієнт небезпеки розраховують окремо для умов короткотривалого (гострого), підгострого і тривалого впливу хімічної речовини. При цьому період осереднення експозиції і відповідних безпечних рівнів впливу має бути аналогічним.

Оцінку ризику розвитку неканцерогенних ефектів за комбінованого впливу хімічних речовин проводять на основі розрахунку індексу небезпеки за формулою [4]:

$$HI = \sum HQ_i, \quad (1.2)$$

де HQ_i – коефіцієнти небезпеки і тих компонентів суміші хімічних речовин, що впливають

Розрахунок індексів небезпеки, як правило, проводять з урахуванням критичних органів та систем, які у першу чергу зазнають негативного впливу досліджуваних речовин. Як свідчать результати

наукових досліджень, за впливу компонентів суміші на одні і ті ж органи або системи організму найбільш ймовірним типом їх комбінованого впливу є сумація (адитивність). Це правило не є універсальним, оскільки не враховує можливої різниці у механізмах специфічної дії компонентів суміші, а також локальних шкідливих реакцій у місці первинного контакту речовини з організмом (наприклад, слизових оболонках дихальних шляхів або шлунку). Разом з тим, на думку міжнародних експертів, такий підхід хоча і може перебільшувати небезпеку для здоров'я, однак має більшу перевагу порівняно з роздільною, незалежною оцінкою кожного із компонентів.

Класифікацію рівнів неканцерогенного ризику наведено у додатку Г [4].

Така градація рівнів неканцерогенного ризику дає змогу обґрунтувати проведення відповідних заходів з його мінімізації як для окремих сполук, так і забруднення повітряного середовища у цілому. За рекомендаціями US EPA, за високого рівня ризику необхідно проведення термінових оздоровчих та інших заходів щодо його зниження. За насторожуючого рівня ризику необхідний постійний контроль, розробка і проведення планових оздоровчих заходів. За допустимого рівня ризику здійснюється постійний контроль за цими сполуками, передбачається планування і проведення додаткових заходів щодо його зниження. За мінімального (цільового) рівня ризику не потребується заходів з його зниження. Ці рівні підлягають періодичному контролю з метою підтримання якості даного об'єкта середовища проживання людини на сприятливому рівні.

Оцінку ризику розвитку канцерогенних ефектів проводять з урахуванням середньої добової дози сполуки, що може надходити до організму людини протягом природної тривалості життя (LADD), та фактора її канцерогенного потенціалу SF. Середня добова доза (або надходження) розраховується за формулою, що враховує концентрацію, яка впливає на людину, тривалість контакту зі сполукою, частоту дії, масу тіла та час осереднення впливу [4]:

$$LADD = \frac{C \cdot CR \cdot EF \cdot ED}{BW \cdot AT \cdot 365}, \quad (1.3)$$

- де *LADD* – надходження (або середня добова доза), мг/(кг·доба);
C – концентрація сполуки у забрудненому повітряному середовищі, мг/м³;
CR – швидкість надходження повітря до організму, м³/добу (20 м³/добу);
EF – частота впливу, днів на рік;
ED – тривалість впливу, років (для канцерогенів 70 років);
BW – маса тіла людини, кг (70 кг);
AT – період усереднення експозиції, років (для канцерогенів – 70 років);

365 – кількість днів на рік

Величину факторів канцерогенного потенціалу сполук знаходять у базах даних інтегрованої інформаційної системи про ризики IRIS (U.S.EPA), Агентства США з охорони навколишнього середовища EPA, Міжнародного агентства з вивчення раку (на укр. мові – МАВР, на англ. мові – IARC) [4, 8, 10-12].

Розрахунок індивідуального канцерогенного ризику CR здійснюють за формулою [4]:

$$CR = LADD \cdot SF, \quad (1.4)$$

де $LADD$ – середня добова доза сполуки протягом життя, мг/(кг·доба);
 SF – фактор канцерогенного потенціалу сполуки, (мг/(кг·доба))⁻¹

При застосуванні величини одиничного ризику розрахункова формула набуває вигляду:

$$CR = LADC \cdot UR, \quad (1.5)$$

де $LADC$ – середня концентрація речовини в атмосферному повітрі за весь період усереднення експозиції, мг/м³;
 UR – одиничний ризик, (мг/м³)⁻¹

Канцерогенний ризик за комбінованої дії декількох хімічних сполук розглядають як адитивний і розраховують за формулою

$$CR_A = \sum CR_i, \quad (1.6)$$

де CR_A – сумарний канцерогенний ризик за аерогенного шляху надходження сполук;
 CR_i – канцерогенний ризик і-тої канцерогенної речовини

Поряд з розрахунками індивідуального канцерогенного ризику проводять визначення популяційного ризику (PCR), який відображає додаткову (до фонові) кількість випадків новоутворень, які можуть виникнути протягом життя внаслідок впливу досліджуваного фактора:

$$PCR = CR \cdot POP, \quad (1.7)$$

де CR – індивідуальний канцерогенний ризик;
 POP – чисельність популяції, що підпадає під вплив даного фактора, чол.

При аналізі доцільно групувати досліджувані канцерогени з

урахуванням виду та/або локалізації пухлин. У цьому випадку розрахунок сумарного канцерогенного ризику здійснюють окремо для кожної групи (наприклад, для раку легень, пухлин печінки тощо).

У додатках Д та Е [4] наведено приклади розрахунку канцерогенного та неканцерогенного ризику, пов'язаного із забрудненням атмосферного повітря формальдегідом та N – нітрозодиметиламіном, діоксидом азоту та аміаком відповідно.

При оцінці ризиків для здоров'я, зумовлених впливом забруднювачів атмосферного повітря, доцільно орієнтуватися на класифікацію рівнів канцерогенного ризику, рекомендовану US EPA, наведену у додатку Ж [4].

В кінці кожного етапу оцінки ризику проводять аналіз невизначеностей, що можуть вплинути на достовірність результатів. Невизначеності являють собою часткову відсутність знань або фактичних даних щодо певних параметрів, процесів або моделей.

Можливі невизначеності поділяються на три категорії [4]:

- невизначеності, зумовлені відсутністю або неповною інформацією, яка необхідна для коректного визначення ризику (наприклад, неповні або неточні дані про джерела забруднення навколишнього природного середовища, якісних та кількісних характеристиках емісії хімічних сполук тощо);

- невизначеності, пов'язані із деякими параметрами, які використовують для оцінки експозиції і розрахунку ризику (наприклад, установлення токсикологічних параметрів в експериментальних умовах та екстраполяція їх на населення);

- невизначеності, зумовлені пробілами в науковій теорії, яка необхідна для передбачення на основі причинних зв'язків (неповнота інформації щодо параметрів, які застосовуються при аналізі ризику: характеристика популяції, довкілля, фізико-хімічні властивості сполуки тощо).

Оскільки невизначеність властива самому процесу оцінки ризику, в певних випадках вона може бути зменшена шляхом додаткових досліджень чи вимірювань через виділення декількох параметрів, точність визначення яких чинить найбільший вплив на кінцеві оцінки ризику і величину загальної невизначеності.

Невизначеності притаманні усім етапам оцінки ризику і повинні враховуватись при підведенні підсумку і визначенні елементів управління ризиком.

1.4 Управління та інформування про ризики

Управління ризиком є логічним продовженням оцінки ризику. Основні завдання управління ризиком – порівняльне вивчення факторів ризику, установлення вагомості ризиків, їхнє ранжування і виявлення пріоритетів, обґрунтування найкращих в даній ситуації рішень з усунення

або мінімізації ризику, а також оцінка ефективності і корегування оздоровчих заходів [4].

Управління ризиком базується на сукупності політичних, соціальних і економічних оцінок отриманих величин ризиків, порівняльній характеристиці можливої шкоди для здоров'я людини і суспільства в цілому, можливих витрат на реалізацію різних варіантів управлінських рішень зі зниження ризику і тих вигод, які будуть отримані в результаті реалізації заходів.

Останнім етапом методології аналізу ризику є інформування про ризик. Інформування про ризик – це процес розповсюдження результатів визначення ступеня ризику для здоров'я людини і рішень щодо його контролю.

На їх основі центри контролю та профілактики хвороб у межах області, міст Києва та Севастополя, Автономної Республіки Крим (на рівні регіону) спільно з місцевими органами виконавчої влади та органами місцевого самоврядування, з огляду на пріоритетність як окремих джерел забруднення, так і провідних чинників, які формують найбільш високий і небезпечний рівень ризику для здоров'я населення та стану навколишнього природного середовища, розробляють комплекс профілактичних заходів і черговість їх впровадження [4].

Цей аспект є принципово новим і відрізняє концепцію ризику від попередніх концепцій, що використовувались при оцінці небезпеки впливу шкідливих факторів оточуючого середовища на населення.

1.5 Завдання та приклад оцінення канцерогенного та неканцерогенного ризиків для здоров'я населення від хімічного забруднення атмосферного повітря

1.5.1 Приклад розрахунку канцерогенного ризику, пов'язаного із забрудненням атмосферного повітря бенз(а)піреном та N-нітрозодиметиламіном

Завдання (приклад)

Розглянемо приклад розрахунку канцерогенного ризику, пов'язаного із забрудненням атмосферного повітря бенз(а)піреном (а) та N-нітрозодиметиламіном (б). Слід розрахувати середню добову дозу впливу канцерогена LADD на населення м. Дніпро, де концентрація в атмосферному повітрі становить: бенз(а)пірену – $0,95 \cdot 10^{-6}$ мг/м³ та N-нітрозодиметиламіну – 0,000064 мг/м³. Кількість населення в м. Дніпро становить 940 948 чоловік.

Рішення

Використовуючи стандартні дескриптори експозиції та дані щодо факторів канцерогенного потенціалу сполук, проводять розрахунок за формулою (1.3):

$$LADD = C \cdot CR \cdot EF \cdot ED / (BW \cdot AT \cdot 365)$$

Параметр	Характеристика	Стандартне значення
LADD	Середня добова доза канцерогена, мг/(кг·доба)	-
C	Середня концентрація в атмосферному повітрі, мг/м ³	бенз(а)пірену 0,95·10 ⁻⁶ мг/м ³
		N-нітрозодиметиламіну 0,000064 мг/м ³
CR	Швидкість надходження сполуки до організму із забрудненим атмосферним повітрям	20,0 м ³ /добу
EF	Частота впливу, днів на рік	365 днів
ED	Тривалість впливу, років	70 років
BW	Середня маса тіла дорослої людини, кг	70 кг
AT	Період осереднення експозиції, років	для канцерогенів 70 років
365	Днів у році	
	SF для інгаляційного впливу бенз(а)пірену	3,1 (мг/(кг·доба)) ⁻¹
	SF для інгаляційного впливу N-нітрозодиметиламіну	49,0 (мг/(кг·доба)) ⁻¹

Примітка. Фактор канцерогенного потенціалу сполуки SF, (мг/(кг·доба))⁻¹, обрано за дод. В [4].

а) для бенз(а)пірену:

$$LADD = 0,95 \cdot 10^{-6} \cdot 20,0 \cdot 365 \cdot 70 / (70 \cdot 70 \cdot 365) = 0,000\ 000\ 2714 = 2,714 \cdot 10^{-7} \text{ мг/(кг·доба)}$$

Величина індивідуального канцерогенного ризику впливу цієї концентрації бенз(а)пірену буде складати:

$$CR = LADD \cdot SF = 2,714 \cdot 10^{-7} \cdot 3,1 = 8,4 \cdot 10^{-7},$$

б) для N-нітрозодиметиламіну:

$$LADD = 0,000064 \cdot 20,0 \cdot 365 \cdot 70 / (70 \cdot 70 \cdot 365) = 0,000018 \text{ мг/(кг·доба)}$$

Величина індивідуального канцерогенного ризику впливу цієї концентрації N-нітрозодиметиламіну буде складати:

$$CR = LADD \cdot SF = 0,000018 \cdot 49,0 = 9,0 \cdot 10^{-4}$$

В теперішній час, у зв'язку з розвитком промисловості, зростанням процесів урбанізації створюються умови надходження в навколишнє середовище і організм людини одночасно декількох шкідливих хімічних речовин. У зв'язку з цим з'явилася таке поняття, як комбінована дія хімічних речовин. Існують три основні типи комбінованої дії хімічних речовин:

- синергізм, коли одна речовина посилює дію іншої;
- антагонізм, коли одна речовина послаблює дію іншої;
- сумація або адитивна дія, коли дія речовин в комбінації сумується.

Накопичені токсикологічними дослідженнями дані свідчать про те, що в більшості випадків промислові викиди і скиди шкідливих речовин в комбінації діють за типом сумації, тобто дія їх додається. Це важливо враховувати при оцінці якості повітряного середовища.

Канцерогенний ризик за комбінованої дії декількох хімічних сполук розглядають як адитивний і розраховують за формулою (1.6):

$$CR_A = \sum CR_i = 0,0084 \cdot 10^{-4} + 9,0 \cdot 10^{-4} = 9,0084 \cdot 10^{-4}$$

За класифікацією рівнів канцерогенного ризику (див. дод. Е) визначено середній ризик, оскільки: $9,0 \cdot 10^{-4}$ можна віднести до діапазону $10^{-3} - 10^{-4}$. Середній – прийнятний для виробничих умов, але неприйнятний для населення; потребує динамічного контролю і поглибленого вивчення джерел викиду і можливих наслідків шкідливої дії для вирішення питання про заходи з його зниження.

Визначення популяційного ризику (PCR), який відображає додаткову (до фонові) кількість випадків новоутворень, які можуть виникнути протягом життя внаслідок впливу досліджуваного фактора. Враховуючи, що кількість населення в досліджуваному місті Дніпро становить 940 948 чоловік і вважаючи, що всі мешканці міста підпадають під вплив даного фактора, розраховуємо величину популяційного ризику (PCR) за формулою (1.7):

$$PCR = CR \cdot POP = 9,0084 \cdot 10^{-4} \cdot 940\,948 = 847,64$$

де CR – індивідуальний канцерогенний ризик;

POP – чисельність популяції, що підпадає під вплив даного фактора, чол.

Висновки. Індивідуальний канцерогенний ризик впливу концентрації бенз(а)пірену $C = 0,95 \cdot 10^{-6}$ для мешканця м. Дніпро становить $CR = 8,4 \cdot 10^{-7}$, а індивідуальний канцерогенний ризик впливу концентрації N-нітрозодиметиламіну $C = 0,000064$ мг/м³ становить $CR = 9,0 \cdot 10^{-4}$. Канцерогенний ризик за комбінованої дії бенз(а)пірену та N-нітрозодиметиламіну при адитивної дії становить $CR_A = 9,0 \cdot 10^{-4}$. Виявлено середній рівень ризику ($10^{-3} - 10^{-4}$), тобто ризик прийнятний для виробничих умов, але неприйнятний для населення; потребує динамічного контролю і поглибленого вивчення джерел викиду і можливих наслідків шкідливої дії для вирішення питання про заходи з його зниження. Необхідне здійснення заходів з усунення або зниження ризику. Величина популяційного ризику, за умови, що всі мешканці міста Дніпро підпадають

під вплив даного фактора, PCR = 847,64.

1.5.2 Приклад оцінки ризику розвитку неканцерогенних ефектів, пов'язаних із забрудненням повітря

Завдання (приклад)

Необхідно виконати оцінку ризику розвитку неканцерогенних ефектів для мешканців міста Дніпро, пов'язаного із забрудненням атмосферного повітря аміаком, якщо його концентрація у повітрі дорівнює 0,14 мг/м³.

Рішення

Визначення коефіцієнтів небезпеки (HQ) – порівняння фактичного рівня впливу сполук з безпечними (референтними) виконують за формулою (1.1):

$$HQ = \frac{C}{RfC} = \frac{0,14}{0,5} = 0,28$$

де RfC = 0,5 – безпечний рівень впливу (референтна концентрація аміаку), мг/м³ (див. дод. Б)

HQ = 0,28 < 1 – розрахований коефіцієнт небезпеки речовини менший за одиницю, то можливість розвитку у людини шкідливих ефектів за щоденного надходження речовини протягом життя несуттєва і такий вплив характеризується як допустимий

Висновки. Ризик розвитку неканцерогенних ефектів оцінено як допустимий (див. дод. Г) [4] за умови концентрації аміаку у повітрі 0,14 мг/м³.

1.5.3 Приклад оцінки неканцерогенного ризику, пов'язаного із забрудненням повітря

Завдання (приклад)

Необхідно оцінити ризик розвитку неканцерогенних ефектів за комбінованого впливу хімічних речовин (HI) від чотирьох умовних хімічних речовин – А, Б, С та Д з урахуванням критичних органів та систем, які в першу чергу зазнають негативного впливу від них. Дози та безпечні рівні впливу (референтні дози) наведені у табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Вихідні дані для розрахунку

Речовина	Концентрація С, мг/м ³	RfC, мг/м ³	Критичні органи
А	0,099	0,04	органи дихання
Б	0,075	0,10	печінка

Речовина	Концентрація С, мг/м ³	RfC, мг/м ³	Критичні органи
С	0,09	0,10	органи дихання
Д	0,004	0,007	печінка

Рішення

Оцінку ризику розвитку неканцерогенних ефектів здійснюють шляхом визначення коефіцієнтів небезпеки (HQ) – порівняння фактичного рівня впливу сполук з безпечними (референтними) за формулою (1.1):

$$HQ = \frac{C}{RfC}$$

Коефіцієнти небезпеки для чотирьох речовин складуть:

$HQ_A = C_A / RfC_A = 0,099/0,04 = 2,475 \approx 2,48$ (органи дихання);
 $HQ_A = 2,48 > 1$ – вірогідність виникнення шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню HQ_A ;

$HQ_B = C_B / RfC_B = 0,075/0,10 = 0,75$ (печінка);
 $HQ_B = 0,75 < 1$ – можливість розвитку у людини шкідливих ефектів за щоденного надходження речовини протягом життя несуттєва і такий вплив характеризується як допустимий;

$HQ_C = C_C / RfC_C = 0,09/0,10 = 0,90$ (органи дихання);
 $HQ_C = 0,90 < 1$ – можливість розвитку у людини шкідливих ефектів за щоденного надходження речовини протягом життя несуттєва і такий вплив характеризується як допустимий;

$HQ_D = C_D / RfC_D = 0,004/0,007 = 0,57$ (печінка);
 $HQ_D = 0,57 < 1$ – можливість розвитку у людини шкідливих ефектів за щоденного надходження речовини протягом життя несуттєва і такий вплив характеризується як допустимий.

Виконані розрахунки сумарного неканцерогенного ризику (HI) з урахуванням критичних органів та систем, які в першу чергу зазнають негативного впливу хімічних речовин, зводимо в табл. 1.2. За величинами отриманих коефіцієнтів небезпеки розвитку неканцерогенних ефектів (HQ) для окремих сполук виконують оцінку рівнів ризику відповідно до дод. Г (див. колонка 6, табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Приклад розрахунку сумарного неканцерогенного ризику впливу сполук (HI) на критичні органи та системи організму

Речовина	С, мг/м ³	RfC, мг/м ³	HQ	Критичні органи	Рівень ризику (див. дод. В) [4]
1	2	3	4	5	6
А	0,099	0,04	2,48	органи дихання	Насторожуючий
Б	0,075	0,10	0,75	печінка	Допустимий

С	0,09	0,10	0,90	органи дихання	Допустимий
Д	0,004	0,007	0,57	печінка	Допустимий
Сумарний ризик	HI загальний		4,70		Насторожуючий
	HI органи дихання		3,38		Насторожуючий
	HI печінка		1,32		Допустимий

Оцінку ризику розвитку неканцерогенних ефектів за комбінованого впливу хімічних речовин проводять на основі розрахунку індексу небезпеки за формулою (1.2):

$$HI \text{ загальний} = \sum HQ_i = 2,48 + 0,75 + 0,90 + 0,57 = 4,70 - \text{насторожуючий рівень ризику}$$

Оцінку ризику розвитку неканцерогенних ефектів за комбінованого впливу хімічних речовин проводять на основі розрахунку індексу небезпеки з урахуванням критичних органів та систем, які зазнають негативного впливу досліджуваних речовин за формулою (1.2):

$$HI \text{ органи дихання} = HQ_A + HQ_C = 2,48 + 0,90 = 3,38 - \text{насторожуючий рівень ризику};$$

$$HI \text{ печінка} = HQ_B + HQ_D = 0,75 + 0,57 = 1,32 - \text{допустимий рівень ризику}$$

Найбільший внесок як у величину загального індексу небезпеки *HI загальний*, так і в ризик впливу на органи дихання, справляє речовина А (див. табл. 1.2).

Висновки. Сумарний неканцерогенний ризик від чотирьох умовних хімічних речовин становить 4,70; ця величина є насторожуючою, бо існує імовірність розвитку шкідливих ефектів, яка зростає пропорційно збільшенню коефіцієнтів небезпеки. Як критичні органи та системи, які найімовірніше постраждають від впливу такої комбінації хімічних речовин, є органи дихання. Найбільший внесок як у величину загального індексу небезпеки *HI загальний*, так і в ризик впливу на органи дихання, справляє речовина А

1.5.4 Завдання № 1

Виконайте розрахунок середньодобової дози впливу забруднюючої речовини на населення міста, концентрація якої в атмосферному повітрі наведена в табл. 1.3. Під час оцінки індивідуального канцерогенного ризику використовуйте дані розподілу часу перебування у приміщенні та поза ним з урахуванням власного способу життя. Під час розв'язання завдання № 1 виконайте розрахункову частину, проаналізуйте отримані результати та зробіть відповідні висновки (див. п. 1.5.1 та/або дод. Е).

Таблиця 1.3 – Вихідні дані для завдання №1 за варіантами*

№ варіанту	Населений пункт	Чисельність населення, чол.	Забруднююча речовина атмосферного повітря	Концентрація, $1 \cdot 10^{-6}$ мг/м ³
1	м. Вінниця	369739	Бенз(а)пірен	0.931
2	м. Київ	2952301	Бенз(а)пірен	0.912
3	м. Луцьк	215986	Бенз(а)пірен	0.894
4	м. Кривий Ріг	603904	Бенз(а)пірен	0.876
5	м. Ковель	67575	Бенз(а)пірен	0.859
6	м. Дніпро	968502	Бенз(а)пірен	0.842
7	м. Кам'янське	226845	Бенз(а)пірен	0.825
8	м. Нікополь	105160	Бенз(а)пірен	0.849
9	м. Павлоград	101430	Бенз(а)пірен	0.875
10	м. Новомосковськ	69855	Бенз(а)пірен	0.901
11	м. Житомир	261624	Бенз(а)пірен	0.928
12	м. Калуш	65088	Бенз(а)пірен	0.956
13	м. Біла Церква	207273	Бенз(а)пірен	0.985
14	м. Бориспіль	64117	Бенз(а)пірен	0.975
15	м. Миколаїв	470011	Бенз(а)пірен	0.965
16	м. Полтава	279593	Бенз(а)пірен	0.956
17	м. Кременчук	215271	Бенз(а)пірен	0.946
18	м. Горішні Плавні	50414	Бенз(а)пірен	0.936
19	м. Київ	2952301	Бенз(а)пірен	0.927
20	м. Луцьк	215986	Бенз(а)пірен	0.918
21	м. Кривий Ріг	603904	Бенз(а)пірен	0.909
22	м. Ковель	67575	Бенз(а)пірен	0.927
23	м. Дніпро	968502	Бенз(а)пірен	0.945
24	м. Кам'янське	226845	Бенз(а)пірен	0.964
25	м. Нікополь	105160	Бенз(а)пірен	0.984
26	м. Павлоград	101430	Бенз(а)пірен	0.944
27	м. Київ	2952301	Бенз(а)пірен	0.906
28	м. Новомосковськ	69855	Бенз(а)пірен	0.870
29	м. Житомир	261624	Бенз(а)пірен	0.835
30	м. Калуш	65088	Бенз(а)пірен	0.802
31	м. Біла Церква	207273	Бенз(а)пірен	0.834
32	м. Бориспіль	64117	Бенз(а)пірен	0.867
33	м. Миколаїв	470011	Бенз(а)пірен	0.902
34	м. Полтава	279593	Бенз(а)пірен	0.938
35	м. Кременчук	215271	Бенз(а)пірен	0.976
36	м. Горішні Плавні	50414	Бенз(а)пірен	0.966
37	м. Новомосковськ	69855	Бенз(а)пірен	0.956
38	м. Житомир	261624	Бенз(а)пірен	0.947
39	м. Калуш	65088	Бенз(а)пірен	0.937
40	м. Біла Церква	207273	Бенз(а)пірен	0.928
41	м. Бориспіль	64117	Бенз(а)пірен	0.919
42	м. Миколаїв	470011	Бенз(а)пірен	0.909
43	м. Полтава	279593	Бенз(а)пірен	0.900
44	м. Кременчук	215271	Бенз(а)пірен	0.891
45	м. Горішні Плавні	50414	Бенз(а)пірен	0.882
46	м. Новомосковськ	69855	Бенз(а)пірен	0.874
47	м. Житомир	261624	Бенз(а)пірен	0.865
48	м. Калуш	65088	Бенз(а)пірен	0.856
49	м. Біла Церква	207273	Бенз(а)пірен	0.848
50	м. Київ	2952301	Бенз(а)пірен	0.839
51	м. Луцьк	215986	Бенз(а)пірен	0.831
52	м. Кривий Ріг	603904	Бенз(а)пірен	0.822
53	м. Ковель	67575	Бенз(а)пірен	0.814
54	м. Дніпро	968502	Бенз(а)пірен	0.806
55	м. Кам'янське	226845	Бенз(а)пірен	0.798

№ варіанту	Населений пункт	Чисельність населення, чол.	Забруднююча речовина атмосферного повітря	Концентрація, $1 \cdot 10^{-6}$ мг/м ³
56	м. Нікополь	105160	Бенз(а)пірен	0.790
57	м. Павлоград	101430	Бенз(а)пірен	0.782
58	м. Київ	2952301	Бенз(а)пірен	0.774
59	м. Луцьк	215986	Бенз(а)пірен	0.767
60	м. Кривий Ріг	603904	Бенз(а)пірен	0.759

Примітка. Використано дані по чисельності населення по деяким містам України станом на 01.01.2022 р. за даними Мінфін (URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/reference/people/town/>) [9].

1.5.5 Завдання № 2

Оцініть ризик розвитку неканцерогенних ефектів, пов'язаних із забрудненням повітря. Концентрація забруднюючої речовини в атмосферному повітрі наведена в табл. 1.4. Під час розв'язання завдання № 2 виконайте розрахункову частину, проаналізуйте отримані результати та зробіть відповідні висновки (див. п. 1.5.2 та/або дод. Д).

Таблиця 1.4 – Вихідні дані для індивідуального завдання №2 за варіантами*

№ варіанту	Населений пункт (спостереження)	Забруднююча речовина атмосферного повітря	Концентрація, мг/м ³
1	Місто Херсон (дані за 2019 р.)	Азоту діоксид (NO ₂)	0,152
2	Місто Київ (дані за 2019 р.)	Азоту діоксид (NO ₂)	0,120
3	Місто Вінниця (дані за 2019 р.)	Азоту діоксид (NO ₂)	0,112
4	Місто Дніпро (дані за 2019 р.)	Азоту діоксид (NO ₂)	0,112
5	Місто Чернігів (дані за 2019 р.)	Азоту діоксид (NO ₂)	0,100
6	Місто Біла Церква (дані за 2019 р.)	Азоту діоксид (NO ₂)	0,092
7	Місто Житомир (дані за 2019 р.)	Азоту діоксид (NO ₂)	0,092
8	Місто Бровари (дані за 2019 р.)	Азоту діоксид (NO ₂)	0,080
9	Місто Запоріжжя (дані за 2019 р.)	Азоту діоксид (NO ₂)	0,080
10	Місто Луцьк (дані за 2019 р.)	Азоту діоксид (NO ₂)	0,080
11	Місто Обухів (дані за 2019 р.)	Азоту діоксид (NO ₂)	0,080
12	Місто Українка (дані за 2019 р.)	Азоту діоксид (NO ₂)	0,080
13	Місто Херсон (дані за 2020 р.)	Азоту діоксид (NO ₂)	0,14
14	Місто Київ (дані за 2020 р.)	Азоту діоксид (NO ₂)	0,12
15	Місто Вінниця (дані за 2020 р.)	Азоту діоксид (NO ₂)	0,12
16	Місто Житомир (дані за 2020 р.)	Азоту діоксид (NO ₂)	0,10
17	Місто Дніпро (дані за 2020 р.)	Азоту діоксид (NO ₂)	0,10
18	Місто Біла Церква (дані за 2020 р.)	Азоту діоксид (NO ₂)	0,092
19	Місто Обухів (дані за 2020 р.)	Азоту діоксид (NO ₂)	0,092
20	Місто Чернігів (дані за 2020 р.)	Азоту діоксид (NO ₂)	0,092
21	Місто Українка (дані за 2020 р.)	Азоту діоксид (NO ₂)	0,08
22	Місто Бровари (дані за 2020 р.)	Азоту діоксид (NO ₂)	0,08
23	Місто Кам'янське (дані за 2020 р.)	Азоту діоксид (NO ₂)	0,08
24	Місто Київ (дані за 2018 р.)	Азоту діоксид (NO ₂)	0,132
25	Місто Дніпро (дані за 2018 р.)	Азоту діоксид (NO ₂)	0,12
26	Місто Херсон (дані за 2018 р.)	Азоту діоксид (NO ₂)	0,112
27	Місто Біла Церква (дані за 2018 р.)	Азоту діоксид (NO ₂)	0,092
28	Місто Житомир (дані за 2018 р.)	Азоту діоксид (NO ₂)	0,092
29	Місто Луцьк (дані за 2018 р.)	Азоту діоксид (NO ₂)	0,092
30	Місто Чернігів (дані за 2018 р.)	Азоту діоксид (NO ₂)	0,092
31	Місто Дніпро (дані за 2017 р.)	Азоту діоксид (NO ₂)	0,132

№ варіанту	Населений пункт (спостереження)	Забруднююча речовина атмосферного повітря	Концентрація, мг/м ³
32	Місто Київ (дані за 2017 р.)	Азоту діоксид (NO ₂)	0,120
33	Місто Луцьк (дані за 2017 р.)	Азоту діоксид (NO ₂)	0,100
34	Місто Слов'янськ (дані за 2017 р.)	Азоту діоксид (NO ₂)	0,100
35	Місто Херсон (дані за 2017 р.)	Азоту діоксид (NO ₂)	0,100
36	Місто Біла Церква (дані за 2017 р.)	Азоту діоксид (NO ₂)	0,092
37	Місто Запоріжжя (дані за 2017 р.)	Азоту діоксид (NO ₂)	0,092
38	Місто Бровари (дані за 2017 р.)	Азоту діоксид (NO ₂)	0,080
39	Місто Житомир (дані за 2017 р.)	Азоту діоксид (NO ₂)	0,080
40	Місто Українка (дані за 2017 р.)	Азоту діоксид (NO ₂)	0,080
41	Місто Чернігів (дані за 2017 р.)	Азоту діоксид (NO ₂)	0,080

Примітка. «*» Враховані дані моніторингу рівня забруднення атмосферного повітря, які наведені у Національній доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2017-2020 рр. [6] та розміщені на офіційному сайті Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України в розділі Екологічного моніторингу.

1.6 Загальні відомості про оцінку канцерогенного ризику для здоров'я населення від споживання хлорованої питної води

Затверджені методичні вказівки "Оцінка канцерогенного ризику для здоров'я населення від споживання хлорованої питної води" наказом Міністерство охорони здоров'я України від 21.10.2005 № 545 [13].

Методичні вказівки призначені для установ та закладів державної санітарно-епідеміологічної служби, що здійснюють оцінку рівня забруднення питної води хлорорганічними сполуками, які утворюються у процесі хлорування, а також можуть бути використані підприємствами, установами, організаціями та закладами, що вирішують питання розробки та впровадження нових технологій водопідготовки з метою перевірки дотримання вимог Державних санітарних правил і норм "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (ДСанПіН 2.2.4-171-10) [14].

Терміни та визначення, які вживаються у даних методичних вказівках [13]:

- ризик – імовірність того чи іншого несприятливого результату (ефекту) під впливом тих чи інших чинників для здоров'я окремої особи, певної частини населення або населення у цілому;
- канцерогенний ризик – очікувана частота випадків онкологічних хвороб, зумовлених дією певної дози канцерогенного чинника;
- індивідуальний канцерогенний ризик – імовірність появи у окремої людини захворювання на рак внаслідок дії факторів ризику за певний проміжок часу або протягом усього життя;
- популяційний канцерогенний ризик характеризує загальне число очікуваних онкозахворювань (додаткових до фонових) у конкретній популяції (наприклад, у населенні міста, району тощо).
- оцінка ризику – наукове визначення генезису і масштабів ризику у

конкретній ситуації;

- управління ризиком – аналіз ситуації та розробка рішень, спрямованих на мінімізацію ризику.

1.7 Характеристика хлорорганічних сполук – продуктів хлорування питної вод

Забруднення питної води хлорорганічними сполуками (далі – ХОС) відбувається за рахунок утворення їх у процесі хлорування вихідної води. У питній воді міст багатьох країн світу виявляється близько 300 ХОС – аліфатичних, зокрема тригалометанів, ароматичних, сумарна кількість яких може варіювати від 0,1 до 1000 мкг/дм³. З усіх представників ХОС найбільш численну групу складають хлорвмісні аліфатичні сполуки, індикаторним показником яких є хлороформ – питома вага його сягає 75% загального вмісту речовин цього класу [13].

Більшості ХОС притаманна токсичність та виражені кумулятивні властивості, для 20 з них існують різного ступеня докази канцерогенної активності. Найбільш небезпечними серед них є хлороформ, чотирихлористий вуглець, трихлоретилен, тетрахлоретан, тетрахлоретилен (перхлоретилен), дихлорметан, 1,2-дихлоретан тощо. Деякі з цих сполук мають мутагенні властивості (тетрахлоретан, трихлоретилен, дибромхлорметан, тетрахлоретилен, 1,2-дихлоретан).

Епідеміологічні спостереження закордонних дослідників [13, 15] свідчать про наявність прямого зв'язку між рівнем захворюваності на рак нирок, сечового міхура, кишківника та інших локалізацій з тривалим вживанням хлорованої питної води, яка містить ХОС і, перш за все, хлороформ.

За результатами моніторингових досліджень, в Україні вміст хлороформу у питній воді водопровідної мережі міст Дніпровського басейну (зокрема Києва, Дніпро, Запоріжжя, Нікополя) складає 0,03-0,2 мг/дм³, а в окремі періоди (весняний паводок, період цвітіння водойм тощо) значно підвищується [13].

Наявність ХОС у питній воді з огляду на існуючий закордонний досвід та матеріали вітчизняних експериментальних і натурних спостережень варто розглядати як один із дійових чинників ризику підвищення онкологічної захворюваності населення.

З огляду на вищезазначене, первинна профілактика раку потребує при впровадженні Державних санітарних норм та правил "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (ДСанПіН 2.2.4-171-10) більш широко провадити дослідження якості питної води з метою визначення умов утворення ХОС та їх реального рівня у питній воді в залежності від вмісту органічних речовин у вихідній воді, температури води у водоймах, сезонних особливостей режиму хлорування тощо.

У першу чергу необхідно контролювати вміст хлороформу як одного

із найбільш небезпечних і найбільш часто ідентифікованих сполук із ряду тригалометанів. Проте, для визначення канцерогенного ризику необхідно враховувати і інші ХОС, для яких визначено потенціали ризику, хоча може і не бути обґрунтованих гігієнічних стандартів.

1.8 Аналіз безпеки і оцінки ризику

Аналіз ризику для здоров'я людини, пов'язаний із забрудненням навколишнього середовища, передбачає такі умови [13]:

1) існування джерела ризику (шкідливої речовини чи суміші сполук);
2) присутність даного джерела ризику у певній, небезпечній для здоров'я людини, дозі або концентрації;

3) реальність впливу означеної дози шкідливого чинника на людину;
Із урахуванням зазначеного, оцінка ризику включає 4 етапи:

1. Ідентифікація безпеки – врахування усіх хімічних речовин, що забруднюють навколишнє середовище, визначення шкідливого характеру їх дії на людей або екосистеми.

2. Оцінка експозиції – оцінка того, якими шляхами і через які об'єкти середовища, на якому кількісному рівні і за якої тривалості впливу має місце реальна чи очікувана експозиція; це також оцінка отриманих доз та чисельності населення, що підлягає впливу такої експозиції.

Оцінка експозиції базується, по-перше, на фактичних даних моніторингу забруднення різних компонентів довкілля, по-друге – на математичному моделюванні поведінки забруднювачів у різних об'єктах і накопичення їх у біосередовищах людини [13].

Прикладом такого моделювання є розрахунок середньодобової дози шкідливої речовини (СДД) (мг/кг або мкг/кг), яка може надходити до організму з питною водою [13]:

$$СДД = \frac{[C_{\text{ср}} \cdot ОП]}{[MT]} \quad (1.8)$$

де $C_{\text{ср}}$ – середня арифметична концентрація токсичної речовини у відповідному компоненті середовища (мг/дм³ або мкг/дм³);
 $ОП$ – об'єм питної води, що споживається за добу (3 дм³);
 MT – вага тіла (70 кг)

Оцінка залежності "доза-ефект" – пошук кількісних закономірностей, що пов'язують дозу речовини з виникненням шкідливих для здоров'я ефектів. Аналіз провадиться окремо для канцерогенних та неканцерогенних речовин [13].

Як правило, реакція організму на вплив шкідливого чинника визначається експериментально на рівні досить високих, явно діючих доз,

а оцінка реального навантаження здійснюється методом екстраполяції. Зважаючи на обмеженість існуючих на сьогодні знань щодо механізмів процесів, що протікають в організмі, а також складність математично-статистичного аналізу, який застосовується для описання біологічних (канцерогенних) ефектів, очевидно, що отримати точний і в той же час достатньо простий математичний вираз, який пов'язував би величину ефекту з рівнем та тривалістю дії канцерогенної речовини (залежність "доза-час-ефект"), можна лише у рамках певних обмежень – як за механізмом, так і за умов експерименту [13].

При відсутності даних із експериментального визначення канцерогенних ризиків останні рекомендується розраховувати за допомогою офіційних даних, розроблених фахівцями US EPA [3], в яких наводяться уніфіковані характеристики потенціалів канцерогенних або неканцерогенних ризиків окремих сполук [13].

Зважаючи на викладене, для розрахунку ризику застосовується лінійна залежність:

$$\text{Ризик} = SFo \cdot \text{СДД} \quad (1.9)$$

де SFo – величина потенціалу канцерогенного ризику за перорального надходження тієї чи іншої канцерогенної сполуки (кг/мг-доба або кг/мкг-доба)⁻¹

Характеристика ризику – аналіз всіх отриманих даних, розрахунків ризиків для популяції і її окремих підгруп, порівняння ризиків з допустимими (прийнятними) рівнями, порівняльна оцінка і ранжування різних ризиків за ступенем їх статистичної, медико-біологічної і соціальної значущості. Мета даного етапу – встановлення медичних пріоритетів і тих ризиків, які повинні бути попереджені або знижені до припустимого для даного суспільства рівня [13].

При необхідності визначення ризику за рахунок дії комбінації речовин (наприклад, хлороформ, трихлоретилен, чотири-хлористий вуглець, дибромхлор-метан), загальний ризик буде дорівнювати сумі ризиків окремих сполук [13]:

$$\text{Ризик}^{\text{сума } n} = \sum_n^i \text{Ризик} \quad (1.10)$$

Запропоновані підходи дозволяють визначати не тільки ступінь небезпеки існуючого стану забруднення питної води для здоров'я населення, а й оцінювати ефективність заходів щодо зменшення рівня вмісту шкідливих речовин у воді за показниками кількості попереджених захворювань на злоякісні новоутворення у даному регіоні (місті, районі, області).

Аналогічно можна визначити канцерогенний ризик, пов'язаний із забрудненням питної води іншими речовинами, зокрема нітратами [16],

металами [17].

1.9 Приклад розрахункового визначення канцерогенного ризику, пов'язаного із забрудненням питної води хлорорганічними сполуками

Наведений приклад відповідає додатку 2 до методичних вказівок "Оцінка канцерогенного ризику для здоров'я населення від споживання хлорованої питної води" [13].

Для практичного використання системи оцінки ризику використовують, як правило, лінійну модель (формули (1.8), (1.9)) [13].

Рівень ХОС, зокрема хлороформу, доля якого складає 70-90% від їх загальної кількості, у питній воді залежить від багатьох факторів, провідним з яких є кількість хлору, що вводиться в процесі водопідготовки для очищення та знезараження. Похідними для утворення хлороформу та інших ХОС є органічні сполуки природного (гумінові та фульвокислоти) та техногенного походження (ароматичні й аліфатичні вуглеводні, дифеніли, нафталін, пестициди тощо), що містяться у необробленій воді. Різний вміст похідних екзогенного синтезу ХОС обумовлює різний рівень забруднення питної води хлороформом [13].

Для прикладу, використовуючи величину канцерогенного потенціалу (табл. 1.5), розрахуємо ризик дії хлороформу, який міститься у питній воді у концентрації 0,3 мг/л, з використанням наведеної вище методики УА ЕРА [13].

В основу розрахунку покладаються такі вимоги [13]:

- ризик визначається з огляду на щоденне споживання води з даною концентрацією хлороформу протягом всього життя людини;
- існують дані щодо канцерогенного потенціалу сполуки;
- середньодобове споживання води становить 3 дм³;
- середня вага людини – 70 кг;
- розрахований ризик є кумулятивним за 70 років (середня тривалість життя).

Таблиця 1.5 – Стандартні критерії розрахунку канцерогенного ризику, пов'язаного із забрудненням води хлорорганічними сполуками [13]

Величина потенціалу ризику	Хімічні сполуки			
	хлороформ	трихлоретилен	чотири-хлористий вуглець	дибромхлор-метан
Канцерогенний потенціал перорального ризику, (мг/кг-доба) ⁻¹	0,031	0,0153	0,15	0,094

Таким чином, середньодобова доза (СДД) хлороформу, що надходить в організм з питною водою, складає за формулою (1.8) [13]:

$$\text{СДД} = \frac{(3 \text{ дм}^3 \cdot 0,3 \frac{\text{мг}}{\text{дм}^3})}{70 \text{ кг}} = 0,0128 \frac{\text{мг}}{\text{кг}}$$

Тоді ризик визначаємо за формулою (1.8):

$$\text{Ризик} = SFo \cdot \text{СДД} = 0,031 \cdot 0,0128 = 0,0003968 \approx 397 \cdot 10^{-6}$$

Висновок. За вживання протягом життя питної води із вмістом хлороформу $0,3 \text{ мг/дм}^3$ можна очікувати розвиток 397 додаткових випадків захворювання на рак у когорті населення чисельністю 1 млн. ($397 \cdot 10^{-6}$).

Таким же чином можна розрахувати канцерогенний ризик дії інших сполук.

1.10 Завдання № 3 щодо розрахункового визначення канцерогенного ризику, пов'язаного із забрудненням питної води хлорорганічними сполуками

Визначте канцерогенний ризик дії хлороформу, який міститься у питній воді у концентрації $C \text{ мг/л}$ (табл. 1.6), використовуючи величину канцерогенного потенціалу $0,031 \text{ (мг/кг-доба)}^{-1}$ (див. табл. 1.5) [13].

В основу розрахунку покладаються такі вимоги:

- ризик визначається з огляду на щоденне споживання води з даною концентрацією хлороформу протягом всього життя людини;
- існують дані щодо канцерогенного потенціалу сполуки;
- середньодобове споживання води становить 3 дм^3 ;
- середня вага людини – 70 кг ;
- розрахований ризик є кумулятивним за 70 років (середня тривалість життя).

Таблиця 1.6 – Вихідні дані за варіантами щодо вмісту хлороформу у питній воді

№ варіанту	Концентрація C , мг/л
1	0,28
2	0,29
3	0,27
4	0,25
5	0,24
6	0,22
7	0,20
8	0,21
9	0,35

№ варіанту	Концентрація C , мг/л
16	0,31
17	0,23
18	0,32
19	0,33
20	0,34
21	0,42
22	0,43
23	0,44
24	0,45

№ варіанту	Концентрація С, мг/л
10	0,36
11	0,37
12	0,38
13	0,39
14	0,41
15	0,40

№ варіанту	Концентрація С, мг/л
25	0,46
26	0,47
27	0,48
28	0,49
29	0,50
30	0,15

Питання для самоперевірки

1. Поясніть зміст поняття «методологія оцінки ризику».
2. З яких етапів складається базова схема оцінки ризику?
3. Які дані враховують під час визначення концентрації хімічних сполук, що впливають на людину?
4. За якими критеріями здійснюється вибір пріоритетних речовин антропогенного походження?
5. Як прийнято називати органи та системи організму людини, які зазнають негативного впливу за дії найменшої із ефективних доз?
6. З якою метою виконують характеристику ризику?
7. На підставі яких методичних вказівок визначається канцерогенний ризик для здоров'я населення від споживання хлорованої питної води?
8. На відповідність до вимог якого стандарту перевіряється якість питної води?

Перелік рекомендованих джерел

1. Про систему громадського здоров'я : Закон України від 6.09.2022 р. № 2573-IX. Дата оновлення: 11.02.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2573-20#Text> (дата звернення: 30.05.2024).
2. Про охорону атмосферного повітря : Закон України від 16.10.1992 р. № 2707-XII. Дата оновлення: 01.10.2023. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2707-12#Text> (дата звернення: 30.05.2024).
3. Про забезпечення хімічної безпеки та управління хімічною продукцією : Закон України від 1.12.2022 р. № 2804-IX. Дата оновлення: 01.12.2022. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2804-20#Text> (дата звернення: 30.05.2024).
4. Методичні рекомендації «Оцінка канцерогенного та неканцерогенного ризику для здоров'я населення від хімічного забруднення атмосферного повітря» : затв. наказом Міністерства охорони здоров'я України від 18.10.2023 р. № 1811. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v1811282-23#Text> (дата звернення: 30.05.2024).

5. Про затвердження державних медико-санітарних нормативів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць : наказ Міністерства охорони здоров'я України від 10.05.2024 № 813. Дата оновлення: 19.06.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0763-24#Text> (дата звернення: 14.08.2024).

6. Національні доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України : офіційний сайт. URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/napryamky/ekologichnyj-monitoryng/natsionalni-dopovidi-pro-stan-navkolyshnogo-pyrodnogo-seredovyshha-v-ukrayini/> (дата звернення: 14.08.2024).

7. Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря: Постанова Кабінету Міністрів України від 14.08.2019 р. № 827. Дата оновлення: 11.05.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/827-2019-%D0%BF#Text> (дата звернення: 14.08.2024).

8. Черниченко І. О., Литвиченко О. М., Бабій В. Ф., Гаркавий С. І., Баленко Н. В., Кондратенко О. Є., Главачек Д. О. До питання перегляду нормативної бази хімічних канцерогенів у повітряному середовищі за критерієм ризику. *Environment & Health*. 2022. № 2 (103). С. 42-48. DOI: <https://doi.org/10.32402/dovkil2022.02.042> .

9. Чисельність населення по великих містах України на 01.01.2022. Мінфін : веб-сайт. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/reference/people/town/> (дата звернення: 30.05.2024).

10. International Agency for Research on Cancer IARC. World Health Organization : official website. URL: <https://www.iarc.who.int/> (дата звернення: 30.05.2024).

11. IRIS Assessments. United States Environmental Protection Agency : official website. URL: https://iris.epa.gov/AtoZ/?list_type=erd (дата звернення: 30.05.2024).

12. U.S. Environmental Protection Agency. EPA : official website. URL: <https://www.epa.gov/> (дата звернення: 14.08.2024).

13. Методичні вказівки "Оцінка канцерогенного ризику для здоров'я населення від споживання хлорованої питної води" : затв. наказом Міністерства охорони здоров'я України від 21.10.2005 р. № 545. Нормативно-директивні документи МОЗ України : веб-сайт. URL: <https://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=4448> (дата звернення: 30.05.2024).

14. Про затвердження Державних санітарних норм та правил "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" : наказ Міністерства охорони здоров'я України від 12.05.2010 р. № 400. Дата оновлення: 22.03.2022. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text> (дата звернення: 20.06.2024).

15. Framework for Cumulative Risk Assessment. United States Environmental Protection Agency: official website. URL: <https://www.epa.gov/risk/framework-cumulative-risk-assessment> (дата звернення: 30.05.2024).

16. Darvishmotevalli M., Moradnia M., Noorisepehr M., Fatehizadeh A., Fadaei S., Mohammadi H., Salari M., Jamali H. A., Daniali S. S. Evaluation of carcinogenic risks related to nitrate exposure in drinking water in Iran. *MethodsX*. 2019. Vol. 6. P. 1716-1727. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mex.2019.07.008> (дата звернення: 14.08.2024).

17. Moradnia M., Attar H. M., Hajizadeh Y., Lundh T., Salari M., Darvishmotevalli M. Assessing the carcinogenic and non-carcinogenic health risks of metals in the drinking water of Isfahan, Iran. *Scientific Reports*. 2024. Vol. 14(1). № 5029. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-024-55615-3> (дата звернення: 14.08.2024).

Зміст та вимоги до контрольних точок

Назва контрольної точки	Опис контрольної точки, порядок її проходження та отримання балів
Робота на практичних заняттях	<p>Практичні роботи виконуються безпосередньо на занятті, що є бажаним, однак не обов'язковим; матеріали для виконання практичної роботи доступні в записі, які зберігаються в Microsoft Teams, та викладені в повному обсязі в Moodle. Оцінка за практичну роботу виставляється за фактом виконання та враховуючи правильність розрахунків. Якщо студент виконав роботу з помилками, то за згодою з викладачем може допрацювати свої розрахунки та підвищити оцінки, але не пізніше залікового тижня.</p> <p>Оцінка за захист роботи на практичному (семінарському) занятті виставляється в Moodle наприкінці заняття або продовж доби, після заняття, та може бути оскаржена одразу ж або продовж доби, після виставлення оцінки в Moodle.</p> <p>Max 8 балів:</p> <ul style="list-style-type: none"> – студент дав пряму і релевантну відповідь на поставлене питання з використанням обґрунтованого посилання на теоретичний матеріал та варіації зміни відповідь на зміну вхідних умов, в т.ч. у вигляді додаткових запитань / зміг стисло формалізувати вербально сутність проблеми за ситуацією, ідентифікувати ключові складові і пріоритети вирішення, запропонував логічне розв'язання та виконав вірно завдання і проявив організованість при оформленні розрахункової частини, а за потреби розрахунково-графічної частини (6 балів); – оцінка ініціативності у роботі над проблемою, логічності та структурованості відповіді, здатності комунікувати у команді та під впливом негативних факторів, в т.ч. під тиском викладача та/або групи, вміння вести дискусію та бути критичним і самокритичним (2 бали).

Практична робота № 2 Районування ризиків підтоплення міст і селищ

2.1 Теоретичні відомості

Відповідно до закону України «Про оцінку впливу на довкілля» (ОВД), статті 2, частини 2 «Оцінка впливу на довкілля здійснюється з дотриманням вимог законодавства про охорону навколишнього природного середовища, з урахуванням стану довкілля в місці, де планується провадити плановану діяльність, екологічних ризиків і прогнозів, перспектив соціально-економічного розвитку регіону, потужності та видів сукупного впливу (прямого та опосередкованого) на довкілля, у тому числі з урахуванням впливу наявних об'єктів, планованої діяльності та об'єктів, щодо яких отримано рішення про провадження планованої діяльності або розглядається питання про прийняття таких рішень».

Відзначимо, що розділ «Оцінка впливу на навколишнє середовище (ОВНС)» є обов'язковим у складі проектної документації на нове будівництво, розширення, реконструкцію та технічне переоснащення об'єктів промислового й цивільного призначення згідно з положеннями діючого ДБН А.2.2-3-2014 «Склад та зміст проектної документації на будівництво» (дод. В, Д та Е) [1].

За ДБН А.2.2-1-2021 «Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС)» під час оцінки впливів планованої діяльності на геологічне середовище «... аналіз існуючих і прогнозованих негативних ендегенних і екзогенних процесів і явищ природного і техногенного походження (тектонічних, сейсмічних, геодинамічних, зсувних, селєвих, карстових, змін напруженого стану і властивостей масивів порід, деформації земної поверхні тощо) ...», а також «обґрунтовується прийнятність проектних заходів щодо запобігання або зменшення розвитку небезпечних геологічних процесів і явищ...» (див. підпункт 5.6.7) [2].

Таким чином, оцінка екологічних ризиків входить до складу звітів з ОВД планової діяльності, а також наводиться у розділі ОВНС у складі проектної документації об'єктів цивільного та виробничого будівництва.

Як відомо, під екологічним ризиком розуміється ймовірність несприятливих для навколишнього середовища наслідків будь-яких змін природних об'єктів і факторів. Ризик розглядається як ймовірність виникнення надзвичайних подій у певний проміжок часу, виражена кількісними параметрами. Частіше розглядається техногенний аспект екологічного ризику – ймовірність виникнення техногенних аварій, що здатні завдати істотної шкоди навколишньому середовищу або здоров'ю людей. Одні ризики конкретні, інші не можуть бути конкретно визначені.

Екологічний ризик часто розглядають у двох аспектах – потенційний

ризик і реальний ризик. Потенційний екологічний ризик – це явище небезпеки порушення стосунків живих організмів з навколишнім середовищем внаслідок дії природних чи антропогенних чинників. Реальний екологічний ризик утворюється потенційним з урахуванням ймовірної частоти його реалізації. За характером прояву екологічний ризик може бути раптовим (техногенна аварія, землетрус тощо) і повільним (зсув, підтоплення, ерозія тощо).

В роботі пропонується розглянути один з найпоширеніших екологічно-небезпечних процесів – підтоплення. Підтоплення забудованих територій завдає економіці населених пунктів значної шкоди. Першопричиною виникнення ризику розвитку процесів підтоплення є діяльність людини, в результаті якої природні та техногенні процеси стають небезпечними і на забудованій території виникають джерела та об'єкти небезпеки. В практичній роботі розглядається в якості джерела небезпеки процес підтоплення та інші інженерно-геологічні процеси, спровоковані підтопленням (просадки, набухання, забруднення підземних вод та ін.).

Оцінка ризику – це аналіз причин його виникнення і масштабів прояву в конкретній ситуації. Ризик збитків від підтоплення залежить від уразливості об'єкта небезпеки, тобто здатності протистояти процесу, який наносить йому певної шкоди.

Таким чином, оцінка ризику підтоплення вимагає послідовного розгляду формування небезпеки і уразливості об'єкта. Розглянемо методичні рекомендації з районування ризиків підтоплення міст і селищ [6], які затверджені наказом Міністерства з питань житлово-комунального господарства України від 23.12.2010 № 468.

Терміни, що використовуються у методичних рекомендаціях [6], вживаються у значеннях, які наведені у Водному кодексі України, Законі України «Про охорону навколишнього природного середовища», постанові Кабінету Міністрів України від 15.02.2002 № 160 «Про затвердження Комплексної програми ліквідації наслідків підтоплення територій в містах і селищах України», яка втратила чинність у 2011 р.

Оскільки підготовка територій до початку будівництва (вертикальне планування, розробка котлованів і траншей, прокладка комунікацій, влаштування водойм, тощо), будівництво й подальша експлуатація окремих будівель, споруд і їхніх комплексів призводить до порушення раніше сформованої динамічної рівноваги у водному балансі цих територій, що викликає підйомом рівня ґрунтових вод, при проектуванні будівель, споруд, інженерних мереж слід враховувати, що мінімальна глибина рівня ґрунтових вод спостерігається на ділянках з глибиною залягання водотривких порід (глин) до 4 м від поверхні та на ділянках з несприятливими умовами підземного стоку [6].

2.2 Підходи до районування підтоплених територій за ступенем ризиків підтоплення

В методичних рекомендаціях [6] наведені наступні основні причини виникнення та розвитку процесу підтоплення забудованих територій.

1. Причинами підтоплення територій при будівництві є зміна умов поверхневого стоку при вертикальному плануванні й засипанні природних дрен, тривалий розрив між земляними й будівельними роботами нульового циклу, що приводить до нагромадження поверхневих вод у будівельних котлованах і траншеях, витоків з тимчасових комунікацій, а при експлуатації будинків та споруд – інфільтрація витоків виробничих і стічних вод, зменшення випару під будинками й покриттями, баражний ефект (затримка ґрунтових вод під будинками й спорудами).

2. При районуванні ризиків підтоплення територій міст і селищ рекомендується виділити основні джерела підтоплення територій, до яких відносяться:

- близько розташовані масиви зрошення, на яких у результаті систематичних поливів відбувається підйом рівня ґрунтових вод, що викликає відповідно підвищення його на прилягаючих забудованих територіях;

- виробництва, що споживають велику кількість води в технологічному процесі (наприклад, ТЕЦ та ін.);

- розташовані поблизу або безпосередньо на території міст і промислових майданчиків.

3. Рекомендується враховувати, що процеси підтоплення найчастіше розвиваються в слабопроникних, глинистих ґрунтах і призводять до фізико-механічних змін властивостей ґрунтів, що може привести до нерівномірного осідання основ фундаментів.

При оцінці ступеня небезпеки і ризику настання процесу підтоплення необхідно оцінити схильність території до розвитку негативних процесів і уразливість об'єкта небезпеці при впливі на нього підтоплення та інших супутніх небезпечних геологічних процесів. Схильність території до розвитку підтоплення характеризує стан геологічного середовища, що сприяє утворенню небезпечного зовнішнього впливу на певний (обраний) об'єкт небезпеки, а уразливість – здатність власне об'єкта чинити опір цьому впливу, який наносить певної шкоди об'єкту. Під час оцінки ступеня ризику важливо оцінити сприйнятливості об'єкта і оцінити його стан (наприклад, ступінь фізичного зносу та ін.). Уразливість характеризується реакцією об'єкта на небезпечний вплив.

Оцінка небезпеки підтоплення, схильності забудованої території до розвитку небезпечних процесів, уразливості об'єкта небезпеки і ризику від процесу підтоплення на локальному рівні може виконуватися, наприклад, за такою схемою (рис. 2.1).

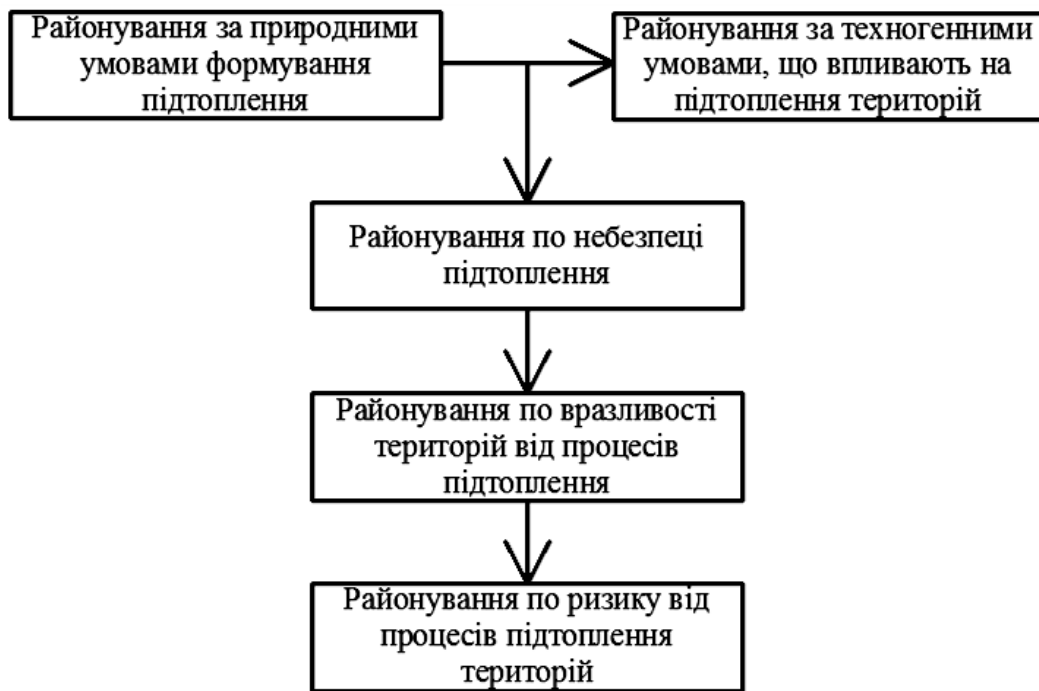


Рисунок 2.1 – Схема оцінки ризику підтоплення територій

Таким чином, в основу оцінки небезпеки, уразливості та ризику підтоплення територій покладено прогнозована величина підйому рівня ґрунтових вод в заданий момент часу на розглянутій території, зміна якості та агресивності підземних вод, зміни міцнісних і деформаційних властивостей ґрунтів разом з даними про умови забудови території, її функціонального призначення, ступеня екологічного благополуччя. Ці питання найбільш успішно вирішуються з використанням даних моніторингу за режимом поверхневих і підземних вод і прогнозних розрахунків процесу підтоплення територій.

Складання карти небезпеки підтоплення необхідно для аналізу та оцінки можливих негативних ситуацій на забудованій території, а також для прийняття керуючого рішення щодо забезпечення безпеки території.

Приклад. За основу карти небезпеки підтоплення оберемо ситуаційний план с. Іванівка, який зображений на рис. 2.2. В межах сільського населеного пункту наявні одно- та двоповерхові житлові будови, загальною площею 200 км², багатоповерхові споруди – школа, деревопереробна фабрика, загальною площею 50 км², зона відпочинку на узбережжі річки, загальною площею 10 км² тощо.

Ступінь ризику підтоплення рекомендується визначати в залежності від ступеня небезпеки та ступеня уразливості територій.

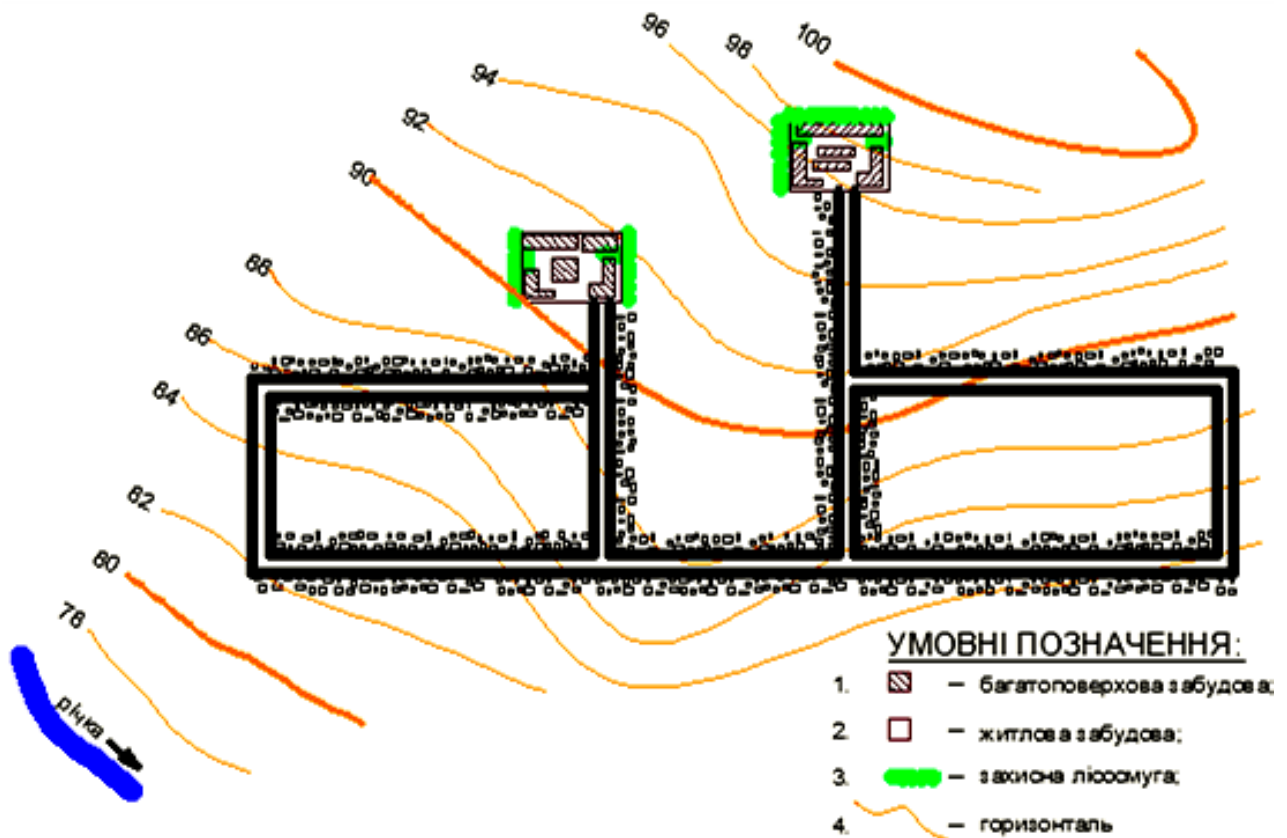


Рисунок 2.2 – Приклад плану сільського населеного пункту

2.2.1 Визначення ступеню небезпеки територій

В якості показників небезпеки підтоплення території обираються:

1. Рівень ґрунтових вод (РГВ), підвищення якого викликає процес підтоплення території.

2. Зміна якості ґрунтових вод, що призводить до забруднення підземних вод, зміни їх агресивності до залізобетонних та металевих конструкцій, засолення ґрунтів зони аерації.

3. Зміна фізико-механічних властивостей ґрунтів, що приводить до додаткових осадок або просядок, зниження несучої здатності ґрунтів.

Кожен з показників небезпеки залежно від його величини може викликати різний ступінь небезпеки. По кожному з трьох показників вона приймається окремо. Вид небезпеки рекомендується визначати трьохзначний кодом: перша цифра – ступінь небезпеки за положенням рівня ґрунтових вод, друга цифра – ступінь небезпеки за зміною якості ґрунтових вод; третя цифра – ступінь небезпеки зміни властивостей ґрунтів при підтопленні.

Показник 1 (положення рівня ґрунтових вод від поверхні землі). Ступінь небезпеки за цим показником вибирається залежно від типу забудови території по табл. 2.1 [6].

Таблиця 2.1 – Ступінь небезпеки за положенням рівня ґрунтових вод [6]

Вид небезпеки	Ступінь небезпеки	Положення РґВ від поверхні землі, м			
		території великих промислових комплексів	міські промзони, комунально-складські території, центри великих міст	селітебні території міст та сільських населених пунктів	території спортивно-оздоровчих об'єктів та зон рекреації
0	відсутній	> 15	> 5	> 3	> 2
1	малий	8 – 15	3 – 5	2 – 3	1 – 2
2	середній	3 – 8	2 – 3	1 – 2	0,5 – 1
3	великий	0 – 3	0 – 2	0 – 1	0 – 0,5

Зауважимо, що згідно ДБН Б-2.2-12:18 «Планування і забудова територій» населені пункти в залежності від чисельності населення поділяються на групи (табл. 2.2) [3].

Таблиця 2.2 – Групування населених пунктів за чисельністю населення згідно ДБН Б-2.2-12:18 [3]

Групи населених міст	Населення, тис. осіб	
	міста	сільські населені пункти
найкрупніші	понад 800	понад 5
крупні	понад 500 до 800	понад 3 до 5
великі	понад 250 до 500	понад 0,5 до 3
середні	понад 50 до 250	понад 0,2 до 0,5
малі (включаючи селища)	до 50	менше 0,2

Приклад. Для с. Іванівка (рис. 2.2), чисельність якого налічує 0,33 тис. чол. і відноситься за табл. 2.2 до середнього сільського населеного пункту, табл. 2.1 приймає наступний вигляд.

Приклад визначення ступеню небезпеки і відповідного йому коду для показника 1

Вид небезпеки	Ступінь небезпеки	Положення РґВ від поверхні землі, м			
		території великих промислових комплексів	комунально-складські території	селітебні території сільських населених пунктів	території зон рекреації та захисного озеленення
0	відсутній	-			
1	малий			3 м (200 км ²)	
2	середній		2,5 м (50 км ²)		
3	великий				0,4 м (10 км ²)

Приклад. Отже, за показником 1 отримуємо велику ступінь небезпеки розвитку підтоплення внаслідок підйому рівнів ґрунтових вод на узбережжі річки і обираємо вид небезпеки 3, що є першою цифрою трьохзначного коду.

Показник 2 (зміна якості ґрунтових вод) являється найбільш складним показником, оскільки він визначається набором хімічних, біологічних та інших компонентів. Ступінь небезпеки за показником 2 обирається за фактором, який характеризується найбільшим ступенем небезпеки (табл. 2.3) [6].

Таблиця 2.3 – Ступінь небезпеки за зміною якості ґрунтових вод [6]

Вид небезпеки	Ступінь небезпеки	Перевищення ГДК у ґрунтових водах	Перевищення ГДК у підземних водах, що використовуються для водопостачання	Зміна агресивності ґрунтових вод	Ступінь засолення ґрунтів
0	відсутній	0	0	неагресивна	відсутній
1	малий	0-10	0-0,1	слабо агресивна	слабкий
2	середній	10-100	0,1-1	середньо агресивна	середній
3	великий	більше 100	більше 1	сильноагресивна	сильний

Зауважимо, що під час оцінки якості підземних вод слід користуватися вимогами до якості питної води з колодязів та каптажів джерел за діючим стандартом ДСанПіН 2.2.4-171-10 "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (табл. 2.4-2.8) [4].

Таблиця 2.4 – Санітарно-хімічні показники безпечності та якості питної води згідно дод. 2, табл. 1 у ДСанПіН 2.2.4-171-10 [4]

№ з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи для питної води	
			водопровідної	з колодязів та каптажів джерел
1	2	3	4	5
1. Органолептичні показники				
1	Запах:	бали		
	при t 20°C		≤ 2	≤ 3
	при t 60°C		≤ 2	≤ 3
2	Забарвленість	градуси	≤ 20	≤ 35
3	Каламутність	нефелометрична одиниця каламутності (1 НОК = 0,58 мг/дм ³)	≤ 1,0 ≤ 2,6 – для підземного вододжерела	≤ 3,5
4	Смак та присмак	бали	≤ 2	≤ 3
2. Фізико-хімічні показники				
а) неорганічні компоненти				
5	Водневий показник	одиниці рН	6,5-8,5	6,5-8,5
6	Діоксин вуглецю	%	не визначається	не визначається
7	Загальне залізо	мг/дм ³	≤ 0,2	≤ 1,0
8	Загальна жорсткість	ммоль/дм ³	≤ 7,0	≤ 10,0
9	Загальна лужність	ммоль/дм ³	не визначається	не визначається
10	Йод	мкг/дм ³	не визначається	не визначається
11	Кальцій	мг/дм ³	не визначається	не визначається
12	Магній	мг/дм ³	не визначається	не визначається
13	Марганець	мг/дм ³	≤ 0,05	≤ 0,5
14	Мідь	мг/дм ³	≤ 1,0	не визначається
15	Поліфосфати (за PO ₄ ³⁻)	мг/дм ³	≤ 3,5	не визначається
16	Сульфати	мг/дм ³	≤ 250	≤ 500
17	Сухий залишок	мг/дм ³	≤ 1000	≤ 1500
18	Хлор залишковий	мг/дм ³	≤ 0,5	≤ 0,5

№ з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи для питної води	
			водопровідної	з колодязів та каптажів джерел
1	2	3	4	5
	вільний			
19	Хлориди	мг/дм ³	≤ 250	≤ 350
20	Цинк	мг/дм ³	≤ 1,0	не визначається
б) органічні компоненти				
21	Хлор залишковий зв'язний	мг/дм ³	≤ 1,2	≤ 1,2
3. Санітарно-токсикологічні показники				
а) неорганічні компоненти				
22	Алюміній**	мг/дм ³	≤ 0,20 (0,50) ¹	не визначається
23	Амоній	мг/дм ³	≤ 0,5	≤ 2,6
24	Діоксид хлору	мг/дм ³	≥ 0,1	не визначається
25	Кадмій**	мг/дм ³	≤ 0,001	не визначається
26	Кремній**	мг/дм ³	≤ 10	не визначається
27	Миш'як	мг/дм ³	≤ 0,01	не визначається
28	Молібден**	мг/дм ³	≤ 0,07	не визначається
29	Натрій**	мг/дм ³	≤ 200	не визначається
30	Нітрати (по NO ₃)	мг/дм ³	≤ 50,0	≤ 50,0
31	Нітрити**	мг/дм ³	≤ 0,5 (0,1) ²	≤ 3,3
32	Озон залишковий	мг/дм ³	0,1-0,3	не визначається
33	Ртуть*	мг/дм ³	≤ 0,0005	не визначається
34	Свинець**	мг/дм ³	≤ 0,010	не визначається
35	Срібло**	мг/дм ³	не визначається	не визначається
36	Фториди**	мг/дм ³	для кліматичних зон: IV ≤ 0,7 III ≤ 1,2 II ≤ 1,5	≤ 1,5
37	Хлорити	мг/дм ³	≤ 0,2	не визначається
б) органічні компоненти				
38	Поліакриламід** залишковий	мг/дм ³	≤ 2,0	не визначається
39	Формальдегід**	мг/дм ³	≤ 0,05	не визначається
40	Хлороформ**	мг/дм ³	–	не визначається
в) інтегральний показник				
41	Перманганат на окиснюваність	мг/дм ³	–	≤ 5,0

Примітка.

¹ Норматив, зазначений у дужках, установлюється для питної води, обробленої реагентами, що містять алюміній.

² Норматив, зазначений у дужках, установлюється для обробленої питної води, крім обробленої методом хлорування з преамонізацією.

³ Норматив, зазначений у дужках, установлюється для питної води фасованої газованої, питної води з пунктів розливу та бюветів.

⁴ рН для газованої питної води.

⁵ Норматив встановлюється виключно для питної води фасованої. Для питної води з пунктів розливу та бюветів норматив встановлюється за кліматичними зонами.

⁶ Норматив, зазначений у дужках, установлюється для негазованої питної води.

* Речовини I класу небезпеки.

** Речовини II класу небезпеки.

1. У водопровідній питній воді визначаються:

хлороформ – якщо питна вода з поверхневих вододжерел;

хлор залишковий вільний та зв'язаний, озон, поліакриламід – у разі застосування в процесі водопідготовки відповідних реагентів;

формальдегід – у разі озонування води в процесі водопідготовки;

діоксид хлору та хлорити – у разі обробки води діоксидом хлору в процесі

водопідготовки.

2. У питній воді фасованій, з пунктів розливу та бюветів визначаються:

хлороформ та хлор залишковий – якщо вода хлорується в процесі водопідготовки або використовується хлорована вихідна вода;

формальдегід – у разі озонування води в процесі водопідготовки або якщо використовується озонована вихідна вода;

срібло та діоксид вуглецю – у разі застосування в процесі водопідготовки відповідних реагентів чи речовин;

поліакриламід – у разі використання в процесі водопідготовки водопровідної питної води з поверхневого джерела питного водопостачання.

Таблиця 2.5 – Санітарно-хімічні показники безпечності та якості питної води згідно дод. 2, табл. 2 у ДСанПіН 2.2.4-171-10 [4]

№ з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи для питної води	
			водопровідної	з колодязів та каптажів джерел
1. Фізико-хімічні показники				
органічні компоненти				
1	Нафтопродукти	мг/дм ³	≤ 0,1	не визначається
2	Поверхнево активні речовини аніонні	мг/дм ³	≤ 0,5	не визначається
2. Санітарно-токсикологічні показники				
а) неорганічні компоненти				
3	Кобальт**	мг/дм ³	≤ 0,1	не визначається
4	Нікель	мг/дм ³	≤ 0,02	не визначається
5	Селен**	мг/дм ³	≤ 0,01	не визначається
6	Хром загальний	мг/дм ³	≤ 0,05	не визначається
б) органічні компоненти				
7	Бенз(а)пірен*	мкг/дм ³	≤ 0,005	не визначається
8	Дибромхлорметан**	мкг/дм ³	≤ 10	не визначається
9	Пестициди ^{1, 2}	мг/дм ³	≤ 0,0001	не визначається
10	Пестициди ^{1, 3} (сума)	мг/дм ³	≤ 0,0005	не визначається
11	Тригалогенметани ⁴ (сума)	мкг/дм ³	≤ 100	не визначається
12	Хлороформ**	мкг/дм ³	≤ 60	–
в) інтегральний показник				
13	Перманганатна окиснюваність	мг/дм ³	≤ 5,0	–

Примітка.

«1» Пестициди включають органічні інсектициди, органічні гербіциди, органічні фунгіциди, органічні нематоциди, органічні акарициди, органічні альгіциди, органічні родентициди, органічні слімициди, споріднені продукти (серед них регулятори росту) та їх метаболіти, продукти реакції та розпаду. Перелік пестицидів, що визначаються у питній воді, встановлюється в кожному конкретному випадку та повинен включати тільки ті пестициди, що можуть знаходитись в джерелі питного водопостачання.

«2» Норматив для кожного окремого пестициду. У разі наявності в джерелі питного водопостачання алдрину, діелдрину, гептахлориду та гептахлорепоксиду їх вміст у питній воді повинен становити не більше ніж 0,03 мкг/куб.дм для кожної з цих речовин.

«3» Сума пестицидів визначається як сума концентрацій кожного окремого пестициду.

«4» Сума тригалогенметанів визначається як сума концентрацій хлороформу, бромформу, дибромхлорметану та бромдихлорметану.

«*» Речовини I класу небезпеки.

«**» Речовини II класу небезпеки.

Довідкова інформація. Тригалогенметани та дибромхлорметан визначаються у водопровідній питній воді з поверхневих вододжерел, а також у питній воді фасованій, з пунктів розливу та бюветів – у разі якщо вода хлорується в процесі водопідготовки або використовується хлорована вихідна вода.

Таблиця 2.6 – Санітарно-хімічні показники безпечності та якості питної води згідно дод. 2, табл. 3 у ДСанПіН 2.2.4-171-10 [4]

№ з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи для питної води	
			водопровідної	з колодязів та каптажів джерел
1. Фізико-хімічні показники				
органічні компоненти				
1	Феноли леткі	мг/дм ³	≤ 0,001	не визначається
2	Хлорфеноли	мг/дм ³	≤ 0,0003	не визначається
2. Санітарно-токсикологічні показники				
а) неорганічні компоненти				
3	Берилій*	мг/дм ³	≤ 0,002	не визначається
4	Бор**	мг/дм ³	≤ 0,5	не визначається
5	Стронцій**	мг/дм ³	≤ 7,0	не визначається
6	Сурма**	мг/дм ³	≤ 0,005	не визначається
7	Ціаніди**	мг/дм ³	≤ 0,050	не визначається
б) органічні компоненти				
8	Бензол**	мг/дм ³	≤ 0,001	не визначається
9	1,2 – дихлоретан**	мкг/дм ³	≤ 3	не визначається
10	Тетрахлорвуглець**	мкг/дм ³	≤ 2	не визначається
11	Трихлоретилен** та тетрахлоретилен** (сума)	мкг/дм ³	≤ 10	не визначається
в) інтегральний показник				
12	Загальний органічний вуглець	мг/дм ³	≤ 8,0***	не визначається

Примітка.

* Речовини I класу небезпеки.

** Речовини II класу небезпеки.

*** Не визначається на підприємствах питного водопостачання з об'ємом виробництва питної води менше 10000 м³ на добу.

1. 1,2-дихлоретан, тетрахлорвуглець, трихлоретилен та тетрахлоретилен (сума) визначаються у водопровідній питній воді з поверхневих вододжерел, а також у питній воді фасованій, з пунктів розливу та бюветів – у разі якщо вода хлорується в процесі водопідготовки або використовується хлорована вихідна вода.

2. Загальний органічний вуглець може визначатись замість перманганатної окиснюваності.

Таблиця 2.7 – Показники питомої сумарної альфа- і бета-активності питної води згідно дод. 3, табл. 1 у ДСанПіН 2.2.4-171-10 [4]

№ з/п	Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи
1	Сумарна альфа-активність	Бк/дм ³	≤ 0,1
2	Сумарна бета-активність	Бк/дм ³	≤ 1,0

Таблиця 2.8 – Радіаційні показники безпечності питної води згідно дод. 3, табл. 2 у ДСанПіН 2.2.4-171-10 [4]

Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи
Сумарна активність природної суміші ізотопів U	Бк/дм ³	≤ 1
Питома активність ²²⁶ Ra	Бк/дм ³	≤ 1
Питома активність ²²⁸ Ra	Бк/дм ³	≤ 1

Найменування показників	Одиниці виміру	Нормативи
Питома активність ^{222}Rn	Бк/дм ³	≤ 100
Питома активність ^{137}Cs	Бк/дм ³	≤ 2
Питома активність ^{90}Sr	Бк/дм ³	≤ 2

Кліматологічні зони рекомендовано визначати за національним стандартом України ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 «Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія» (рис. 2.3) [5].

Приклад. Відомо, що ступінь засолення ґрунтів на околиці с. Іванівка – середня. Це свідчить про середню ступінь небезпеки і код 2 за табл. 2.2. Разом з цим, наявні результати хімічного аналізу води з колодязя, розташованого на селітебній території с. Іванівка. Дані про якісний склад ґрунтових вод наводимо у вигляді порівняльної таблиці для зручного виявлення перевищення допустимої концентрації. Ці ж підземні води використовуються й для водопостачання населених пунктів.

Приклад отримання підґрунтя для оцінки ступеню небезпеки за зміною якості ґрунтових вод

Гідрокарбонати HCO_3^-	Хлориди Cl^-	Сульфати SO_4^{2-}	Перевищення вмісту сульфатів за Гігієнічними нормативами якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення, затвердженими наказом Міністерства охорони здоров'я України від 02.05.2022 № 721 [7]	Перевищення вмісту сульфатів за ДСанПіН 2.2.4-171-10 [4] для питної води з колодязів та каптажів джерел	Карбонати CO_3^{2-}	Кальцій Ca^{2+}	Магній Mg^{2+}	Натрій + калій $\text{Na}^+ + \text{K}^+$	Азот амонійний NH_4^+	Нітриди NO_2^-	Нітрати NO_3^-	Залізо загальне Fe	Жорсткість, мг-екв/л	pH
317,3	262,7	707,6	707,6 / 500 = 1,42	≤ 500, тобто 707,6 / 500 = 1,42	вітс.	112,2	90	328,9	0,05	< 0,01	4,9	0,1	13	7,6

Примітка. Концентрації хімічних речовин і сполук наведено у мг/дм³.

Приклад. Якісний склад ґрунтових вод, які використовуються для питних потреб місцевого населення, свідчить про високий ступінь небезпеки і відповідно – код 3. Отже, за показником 2 обираємо найбільший отриманий ступінь небезпеки – високий і відповідний код 3.

Показник 3 (зміна фізико-механічних властивостей ґрунтів при підтопленні). В таблиці 3 наведений наближений перелік факторів небезпеки, пов'язаних зі зміною фізико-механічних властивостей ґрунтів при підтопленні. Ступінь небезпеки за показником 3 призначається за тим фактором, який має місце на досліджуваній території і характеризується найбільшим ступенем небезпеки.

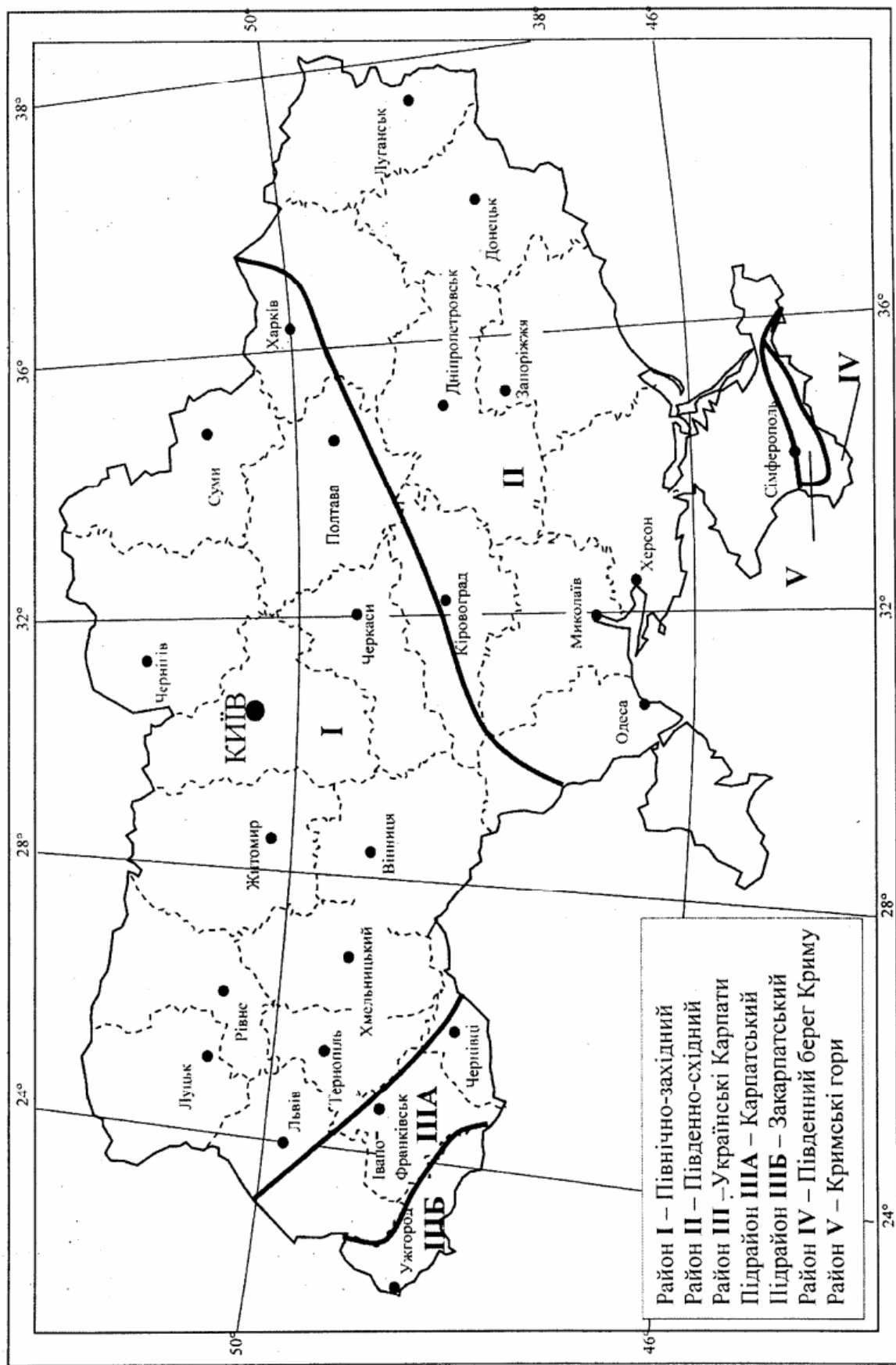


Рисунок 2.3 – Архітектурно-будівельне кліматичне району району території України згідно рис. 1 у ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 [5]

Таблиця 2.9 – Ступінь небезпеки зміни властивостей ґрунтів при підтопленні [6]

Вид небезпеки	Ступінь небезпеки	Зниження несучої здатності ґрунтів	Наявність особливих порід		
			просадочні лесовидні ґрунти	набухаючі глинисті ґрунти	пучинисті глинисті чи пілуваті піщані ґрунти
0	відсутній	0-10 %	замочені лесовидні породи, практично не схильні до нерівномірних деформацій	$\varepsilon_{sw} < 0,04$	$\varepsilon_{fn} \leq 0,01$
1	малий	< 10 %	замочені лесовидні породи, схильні до нерівномірних деформацій	слабонабухаючі ґрунти ($\varepsilon_{sw} = 0,04 \div 0,08$)	слабкопучинисті ґрунти ($\varepsilon_{fn} = 0,01 \div 0,035$)
2	середній	10 – 30 %	величина просадки від власної ваги до 5 см (I тип)	середньонабухаючі ґрунти ($\varepsilon_{sw} = 0,08 \div 0,12$)	середньопучинисті ґрунти ($\varepsilon_{fn} = 0,035 \div 0,07$)
3	великий	> 30 %	величина просадки від власної ваги більше, ніж 5 см (II тип)	сильнонабухаючі ґрунти ($\varepsilon_{sw} > 12$)	сильнопучинисті ґрунти ($\varepsilon_{fn} > 0,07$)

Примітка. ε_{sw} та ε_{fn} – відносна деформація набухання і пучення ґрунту відповідно. Визначається згідно національного стандарту України ДСТУ Б В.2.1-11:2009 «Основи та підвалини будинків та споруд. Ґрунти. Методи лабораторного визначення властивостей набухання та усадки».

Приклад. На південно-заході с. Іванівка спостерігаються прошарки пілуватих піщаних ґрунтів, які характеризуються зниженням несучої здатності на 8 %. Це свідчить про малу ступінь небезпеки і код 1 за показником 3 згідно табл. 2.3.

В реальних умовах інтегральна небезпека підтоплення забудованих територій різна в залежності від показників і ступеню їх прояву (див. табл. 2.1, 2.2, 2.9). В табл. 2.10 надається кількісна характеристика небезпеки підтоплення територій у вигляді частки (вірогідності) від найбільш несприятливої обстановки. Ця величина називається коефіцієнтом небезпеки і позначається λ_0 .

Таблиця 2.10 – Інтегральна оцінка коефіцієнта небезпеки підтоплення територій, (λ_0) [6]

Код небезпеки	λ_0	Код небезпеки	λ_0	Код небезпеки	λ_0	Код небезпеки	λ_0
000	0	100	0,12	200	0,25	300	0,37
001	0,1	101	0,22	201	0,35	301	0,47
002	0,2	102	0,32	202	0,45	302	0,57
003	0,3	103	0,42	203	0,55	303	0,67
010	0,11	110	0,23	210	0,36	310	0,48
011	0,21	111	0,33	211	0,46	311	0,58
012	0,31	112	0,43	212	0,56	312	0,68
013	0,41	113	0,53	213	0,66	313	0,78

Код небезпеки	λ_0	Код небезпеки	λ_0	Код небезпеки	λ_0	Код небезпеки	λ_0
020	0,22	120	0,34	220	0,47	320	0,59
021	0,32	121	0,44	221	0,57	321	0,69
022	0,42	122	0,54	222	0,67	322	0,79
023	0,52	123	0,64	223	0,77	323	0,89
030	0,33	130	0,46	230	0,58	330	0,7
031	0,43	131	0,56	231	0,68	331	0,8
032	0,53	132	0,66	232	0,78	332	0,9
033	0,63	133	0,76	233	0,88	333	1

Отже, в таблиці 4 надана кількісна характеристика небезпеки підтоплення територій, яка заснована на трьох показниках підтоплення: рівень ґрунтових вод (**показник 1**); зміна складу підземних вод при підтопленні (**показник 2**); зміна властивостей ґрунтів при підтопленні (**показник 3**).

Приклад. Для с. Іванівка та його околиць коефіцієнт небезпеки підтоплення територій становить $\lambda_0 = 0,8$, що відповідає попередньо отриманому кодові 331 за табл. 2.1-2.2, 2.9.

Відзначимо, що у методичних рекомендаціях з районування ризиків підтоплення міст і селищ [6], які затверджені наказом Міністерства з питань житлово-комунального господарства України від 23.12.2010 № 468, пропонується особливу увагу звертати на показник рівня ґрунтових вод, як найбільш небезпечний при визначенні підтоплення, наступним за значимістю показник якості ґрунтових вод, найменш вагомим вважається показник зміни властивостей ґрунтів.

2.2.2 Визначення ступеня уразливості територій

Для оцінки ризику розвитку процесів підтоплення необхідно виконати оцінку уразливості підтопленої території з урахуванням різного ступеню небезпеки підтоплення [6]. Ступінь уразливості території залежить від сприйняття небезпечного впливу підтоплення. При визначенні ступеня уразливості території рекомендується враховувати сприйнятливість території до небезпечного впливу процесів підтоплення, яка залежить від факторів, пов'язаних із функціональним призначенням території, стійкістю об'єктів, ступенем та часом освоєння території.

Кількісну оцінку рекомендується приймати експертно-аналітичним методом, що ґрунтується на узагальненні доступних даних по збитку, нанесеному територіям підтопленням, аналізі процесів, що відбуваються при впливі ґрунтових вод на підземні конструкції та оцінки екологічних наслідків підтоплення територій.

Вид уразливості рекомендується визначати п'ятизначним кодом [6]: 1-а цифра – ступінь уразливості за поверховістю забудови; 2-а цифра – ступінь уразливості за типом підземної споруди (підвалу); 3-я цифра – ступінь уразливості за ступеню амортизації (зносу) об'єкта; 4-а цифра –

ступінь уразливості за типом фундаменту; 5-а цифра – ступінь уразливості за функціональним призначенням території.

Таблиця 2.11 – Ступінь уразливості за поверховістю забудови (показник 1) [6]

Вид уразливості	Ступінь уразливості за поверховістю забудови
1	1-2 поверхові забудови
2	3-7 поверхові забудови
3	> 7 поверхові забудови

Для оцінки ступеню уразливості селітебної території підтопленню, окрім кількості поверхів забудови, важливе значення має наявність підвального приміщення або підземної споруди та його тип (табл. 2.12) [6].

Таблиця 2.12 – Ступінь уразливості за типом підземної споруди або підвалу (показник 2) [6]

Вид уразливості	Ступінь уразливості за типом підземної споруди (підвалу)
1	відсутній
2	напівпровідний підвал
3	прохідний підвал

Для оцінки уразливості об'єктів на забудованій селітебній території слід звертати увагу на ступінь амортизації об'єкта (показник 3, табл. 2.13), а також на тип фундаментів в даних інженерно-геологічних і гідрогеологічних умовах (показник 4, табл. 2.14) [6].

Таблиця 2.13 – Ступінь уразливості за ступінню амортизації (зносу) об'єкту (показник 3) [6]

Вид уразливості	Ступінь уразливості, %
1	< 15
2	15 – 50
3	> 50

Таблиця 2.14 – Ступінь уразливості за типом фундаменту (показник 4) [6]

Вид уразливості	Ступінь уразливості за типом фундаменту
1	паля
2	плита
3	стрічка

Критерій уразливості за функціональним призначенням території рекомендується приймати за табл. 2.15 [6].

Таблиця 2.15 – Ступінь уразливості за функціональним призначенням території (показник 5) [6]

Вид уразливості	Ступінь уразливості за функціональним призначенням території
1	рекреаційні зони

Вид уразливості	Ступінь уразливості за функціональним призначенням території
2	промислові і виробничі
3	житлові забудови

Приклад. На території с. Іванівка забудова представлена одно- та двоповерховими будинками на стрічковому фундаменті. Будинки без підвалів або з підвалами напівпрохідного типу характеризуються ступенем амортизації більше 50 %. Отже, за табл. 2.11 обираємо код 1, згідно табл. 2.12 – код 2, відповідно до табл. 2.13 – код 3, за табл. 2.14 – код 3, за табл. 2.15 – код 3. Таким чином, уразливість селітебної території при підтопленні характеризується кодом 12333.

Кожний з п'яти виділених критеріїв уразливості (поверховість, тип підвалу, ступінь амортизації, тип фундаменту та «щільність» забудови, яку можна дослідити (табл. 2.11-2.15), виходячи із даних по функціональному призначенню тієї чи іншої території), може проявлятися незалежно від інших [6]. При визначенні ступеня уразливості забудованої селітебної території рекомендується розглядати комплексний вплив критеріїв уразливості.

Таким чином, коефіцієнт уразливості v об'єктів при підтопленні території являє собою долю від найбільш уразливої підтопленню території за наведеною диференціацією (багатоповерхова забудова, прохідні підвальні приміщення, ступінь амортизації більше 50 %, стрічковий фундамент). Коефіцієнти уразливості рекомендується визначати за табл. 2.16, в якій в першому стовпчику надається характеристика об'єкта на досліджуваній території за видом уразливості (отриманий п'ятизначний код за табл. 2.11-2.15) [6].

Таблиця 2.16 – Значення коефіцієнта уразливості v об'єктів при підтопленні територій [6]

Вид уразливості	v	Вид уразливості	v	Вид уразливості	v	Вид уразливості	v	Вид уразливості	v
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11111	0,326	12111	0,384	13111	0,46	21111	0,396	22111	0,454
11112	0,398	12112	0,456	13112	0,532	21112	0,468	22112	0,526
11113	0,472	12113	0,53	13113	0,606	21113	0,542	22113	0,6
11121	0,386	12121	0,444	13121	0,52	21121	0,456	22121	0,514
11122	0,458	12122	0,516	13122	0,592	21122	0,528	22122	0,586
11123	0,532	12123	0,59	13123	0,666	21123	0,602	22123	0,66
11131	0,446	12131	0,504	13131	0,58	21131	0,516	22131	0,574
11132	0,518	12132	0,576	13132	0,652	21132	0,588	22132	0,646
11133	0,592	12133	0,65	13133	0,726	21133	0,662	22133	0,72
11211	0,394	12211	0,452	13211	0,528	21211	0,464	22211	0,522
11212	0,466	12212	0,524	13212	0,6	21212	0,536	22212	0,594
11213	0,54	12213	0,598	13213	0,674	21213	0,61	22213	0,668
11221	0,454	12221	0,512	13221	0,588	21221	0,524	22221	0,582
11222	0,526	12222	0,584	13222	0,66	21222	0,596	22222	0,654
11223	0,6	12223	0,658	13223	0,734	21223	0,67	22223	0,728
11231	0,514	12231	0,572	13231	0,648	21231	0,584	22231	0,642

Вид уразливості	v	Вид уразливості	v	Вид уразливості	v	Вид уразливості	v	Вид уразливості	v
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11232	0,586	12232	0,644	13232	0,72	21232	0,656	22232	0,714
11233	0,66	12233	0,718	13233	0,794	21233	0,73	22233	0,788
11311	0,46	12311	0,518	13311	0,594	21311	0,53	22311	0,588
11312	0,532	12312	0,59	13312	0,666	21312	0,602	22312	0,66
11313	0,606	12313	0,664	13313	0,74	21313	0,676	22313	0,734
11321	0,52	12321	0,578	13321	0,654	21321	0,59	22321	0,648
11322	0,592	12322	0,65	13322	0,726	21322	0,662	22322	0,72
11323	0,666	12323	0,724	13323	0,8	21323	0,736	22323	0,794
11331	0,58	12331	0,638	13331	0,714	21331	0,65	22331	0,708
11332	0,652	12332	0,71	13332	0,786	21332	0,722	22332	0,78
11333	0,726	12333	0,784	13333	0,86	21333	0,796	22333	0,854

Продовження табл. 2.16

Вид уразливості	v	Вид уразливості	v	Вид уразливості	v	Вид уразливості	v
11	12	13	14	15	16	17	18
23111	0,53	31111	0,466	32111	0,524	33111	0,6
23112	0,602	31112	0,538	32112	0,596	33112	0,672
23113	0,676	31113	0,612	32113	0,67	33113	0,746
23121	0,59	31121	0,526	32121	0,584	33121	0,66
23122	0,662	31122	0,598	32122	0,656	33122	0,732
23123	0,736	31123	0,672	32123	0,73	33123	0,806
23131	0,65	31131	0,586	32131	0,644	33131	0,72
23132	0,722	31132	0,658	32132	0,716	33132	0,792
23133	0,796	31133	0,732	32133	0,79	33133	0,866
23211	0,598	31211	0,534	32211	0,592	33211	0,668
23212	0,67	31212	0,606	32212	0,664	33212	0,74
23213	0,744	31213	0,68	32213	0,738	33213	0,814
23221	0,658	31221	0,594	32221	0,652	33221	0,728
23222	0,73	31222	0,666	32222	0,724	33222	0,8
23223	0,804	31223	0,74	32223	0,798	33223	0,874
23231	0,718	31231	0,654	32231	0,712	33231	0,788
23232	0,79	31232	0,726	32232	0,784	33232	0,86
23233	0,864	31233	0,8	32233	0,858	33233	0,934
23311	0,664	31311	0,6	32311	0,658	33311	0,734
23312	0,736	31312	0,972	32312	0,73	33312	0,806
23313	0,81	31313	0,746	32313	0,804	33313	0,88
23321	0,724	31321	0,66	32321	0,718	33321	0,794
23322	0,796	31322	0,732	32322	0,79	33322	0,866
23323	0,87	31323	0,806	32323	0,864	33323	0,94
23331	0,784	31331	0,72	32331	0,778	33331	0,854
23332	0,856	31332	0,792	32332	0,85	33332	0,926
23333	0,93	31333	0,866	32333	0,924	33333	1

Наприклад, коду 12333 відповідає коефіцієнт уразливості v об'єктів при підтопленні територій 0,784 (див. табл. 2.16) [6]

2.2.3 Розрахунок коефіцієнту ризику підтоплення території

В основі оцінки ризику підтоплення територій лежать результати

визначення ступеня небезпеки підтоплення і ступеня уразливості території підтопленню ґрунтовими водами [6]. Ступінь ризику підтоплення території оцінюється за принципом перехресту ступенів небезпеки та уразливості.

Коефіцієнт ризику підтоплення території R рекомендується визначати за формулою:

$$R = \lambda \cdot v, \quad (2.1)$$

де λ – коефіцієнт небезпеки підтоплення; v – коефіцієнт уразливості до підтоплення

Враховуючи, що показники небезпеки можуть бути відсутні, а показники уразливості існують у будь-якому випадку, систему згідно [6] рекомендується вважати уразливою в більшій чи меншій мірі.

У рекомендаціях [6] пропонується враховувати, що показники, які визначають остаточний результат не є рівнозначними, а тому:

1) рекомендується особливу увагу звертати на показник «функціональне призначення території», який визначає масштабність збитків при перерахунку на економічні одиниці;

2) менш впливовим є показник «поверховість забудови», який визначає кількість втрачених фондів у прямій залежності від кількості поверхів;

3) наступним рекомендується розглядати показник «ступінь амортизації – зносу об'єкта», який визначає фактичну стійкість споруди до руйнівних процесів;

4) ще менш вагомим є показник «тип підземної споруди – підвалу». Він не визначає таких масштабних збитків, як попередні показники, але все таки є досить вагомим фактором впливу;

5) найменш вагомим, серед відповідних 5 показників, є показник «тип фундаменту». Він не створює загальної картини, але все таки може послаблювати чи посилювати деякі процеси.

Слід відмітити, що фізичний зміст коефіцієнта R складається в тому, що він відображає ризик (в частках від одиниці), який виникає при підтопленні території ґрунтовими водами до глибини від поверхні землі менше одного метра, сильно забрудненими і сильно агресивними водами зі зміною несучої здатності ґрунтів більше ніж на 30 %. При цьому підтоплюється селітебна територія з багатоповерховою забудовою, яка існує багато років (знос більше 50 %), має, в основному, стрічкові фундаменти і прохідні підвальні приміщення.

Приклад. Якщо визначати інтегральний коефіцієнт ризику підтоплення для всієї території с. Іванівка (з урахуванням районування за цільовим, функціональним призначенням територій тощо), то формула (2.1) набуде виразу:

$$R_n = \frac{\sum_{i=1}^k v_{yi} \lambda_{oi} S_i}{S_0} = \frac{3,2 \cdot 0,4 \cdot 50 + 3,3 \cdot 0,6 \cdot 20}{50 + 20} = \frac{64 + 39,6}{70} = 1,48.$$

Приклад. Отже, забудована територія с. Іванівка характеризується критичним ступенем ризику розвитку підтоплення.

2.3 Завдання № 1

Під час виконання практичної роботи здобувач вищої освіти повинен охарактеризувати районування території за небезпекою розвитку підтоплення з урахуванням вихідних даних (табл. 2.21-2.23). У висновку також надати розгорнуту відповідь (в обсязі до 0,5-1,0 сторінки) на поставлене питання за варіантом (див. табл. 2.23) із зазначеними по тексту використаними джерелами літератури та наведеним обов'язково списком використаної літератури оформленої відповідно до вимог ДСТУ 8302:2015. Здобувачу також пропонується обрати інше питання за темою роботи, в якому студент зацікавлений, але за умови обов'язкового узгодження з викладачем.

Назва населеного пункту приймається за прізвищем здобувача.

Чисельність місцевого населення приймається рівною номеру варіанту здобувача помноженого на 10 000, наприклад: для варіанту № 25 чисельність місцевого населення складе $25 \cdot 10\,000 = 250\,000$ чол.

Таблиця 2.21 – Вихідні дані до виконання практичної роботи

Показник	№ варіанту									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
РГВ на території крупних промислових комплексів, м	1,4	2,1	1,3	1,8	2,2	2,7	1,9	1,6	1,9	1,3
РГВ на території міських промзон, комунально-складських зон, центрів найбільших, крупних і великих міст, м	1,6	1,8	1,2	1,6	1,4	0,98	0,8	1,2	1,1	1,3
РГВ на селітебній території населених пунктів, м	0,8	0,7	0,8	0,9	0,7	0,6	0,8	0,9	1,1	0,8
РГВ на території спортивно-оздоровчих об'єктів, зон рекреації та захисного озеленення	0,7	0,6	0,8	0,9	0,4	0,3	0,9	0,8	0,6	0,7
Ступінь засолення ґрунтів	сильна	середня	слабка	середня	слабка	сильна	слабка	сильна	слабка	середня
Зниження несучої здатності ґрунтів, %	32	15	8	4	22	26	6	26	11	18

Показник	№ варіанту									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Наявність особливих порід	величина просадки лесовидного ґрунту від власної ваги до 5 см (I тип)	замочені лесовидні породи, схильні до нерівномірних деформацій	пучинисті глинисті ґрунти ($\epsilon_{fn} = 0,065$)	набухаючі глинисті ґрунти ($\epsilon_{sw} = 0,06$)	набухаючі глинисті ґрунти ($\epsilon_{sw} = 0,10$)	пилуваті піщані ґрунти ($\epsilon_{sw} = 0,40$)	пилуваті піщані ґрунти ($\epsilon_{sw} = 0,15$)	пучинисті глинисті ґрунти ($\epsilon_{fn} = 0,022$)	набухаючі глинисті ґрунти ($\epsilon_{sw} = 0,21$)	пилуваті піщані ґрунти ($\epsilon_{sw} = 0,16$)
Величина сезонних коливань РґВ, м	0,5	1,1	0,6	0,7	0,6	0,6	0,8	0,9	0,8	0,6
Максимальна кількість поверхів житлових будинків	16	9	5	3	5	14	9	28	9	5
Тип підвалу житлових будинків	прохідна	напівпрохідна	відсутня	відсутня	прохідна	прохідна	напівпрохідна	прохідна	напівпрохідна	прохідна
Ступінь амортизації житлових будинків, %	20	55	15	20	10	52	34	28	46	54
Тип фундаменту житлових будинків	паля	паля	стрічка	стрічка	стрічка	паля	паля	паля	паля	стрічка
Максимальна кількість поверхів промислової забудови	2	2	3	2	3	2	2	2	3	2
Тип підвалу промислової забудови	прохідна	прохідна	прохідна	прохідна	прохідна	прохідна	прохідна	прохідна	прохідна	прохідна
Ступінь амортизації промислової забудови, %	55	45	62	43	54	45	55	52	32	65
Тип фундаменту промислової забудови	плита	плита	плита	плита	стрічка	плита	стрічка	плита	стрічка	плита

Продовження табл. 2.21

Показник	№ варіанту									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
РґВ на території крупних промислових комплексів, м	1,3	1,8	2,2	2,7	1,9	2,1	2,1	1,4	1,2	1,8
РґВ на території міських промзон, комунально-складських зон, центрів найбільших, крупних і великих міст, м	1,4	1,3	1,1	1,6	1,6	1,8	1,2	1,6	1,4	1,6

Показник	№ варіанту									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
РГВ на селітебній території населених пунктів, м	0,9	1,1	0,8	0,7	0,8	0,9	0,8	0,6	0,8	0,9
РГВ на території спортивно-оздоровчих об'єктів, зон рекреації та захисного озеленення	0,7	0,8	1,1	1,2	0,6	0,4	0,7	0,6	0,8	0,9
Ступінь засолення ґрунтів	сильна	слабка	сильна	слабка	слабка	середня	сильна	слабка	середня	середня
Зниження несучої здатності ґрунтів, %	32	15	8	4	22	36	17	6	4	18
Наявність особливих порід	величина просадки лесовидного ґрунту від власної ваги до 5 см (1 тип)	замочені лесовидні породи, схильні до нерівномірних деформацій	пучинисті глинисті ґрунти ($\epsilon_{fv} = 0,062$)	набухаючі глинисті ґрунти ($\epsilon_{sv} = 0,10$)	набухаючі глинисті ґрунти ($\epsilon_{sv} = 0,14$)	величина просадки лесовидного ґрунту від власної ваги до 5 см (1 тип)	замочені лесовидні породи, схильні до нерівномірних деформацій	пучинисті глинисті ґрунти ($\epsilon_{fv} = 0,058$)	набухаючі глинисті ґрунти ($\epsilon_{sv} = 0,06$)	набухаючі глинисті ґрунти ($\epsilon_{sv} = 0,08$)
Величина сезонних коливань РГВ, м	0,9	0,8	0,7	0,5	1,1	0,6	0,7	0,6	0,6	0,5
Максимальна кількість поверхів житлових будинків	2	5	16	9	5	3	5	14	16	9
Тип підвалу житлових будинків	відсутня	прохідна	прохідна	напівпрохідна	відсутня	відсутня	прохідна	прохідна	прохідна	напівпрохідна
Ступінь амортизації житлових будинків, %	18	14	26	62	23	26	18	54	23	48
Тип фундаменту житлових будинків	стрічка	стрічка	паля	паля	стрічка	стрічка	стрічка	паля	паля	паля
Максимальна кількість поверхів промислової забудови	2	3	2	2	3	2	3	2	2	2
Тип підвалу промислової забудови	прохідна	прохідна	прохідна	прохідна	прохідна	прохідна	прохідна	прохідна	прохідна	прохідна
Ступінь амортизації промислової	43	36	48	45	66	48	52	54	42	45

Показник	№ варіанту									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
забудови, %										
Тип фундаменту промислової забудови	плита	стрічка	плита	плита	плита	плита	стрічка	плита	плита	плита

Продовження табл. 2.21

Показник	№ варіанту				
	21	22	23	24	25
РГВ на території крупних промислових комплексів, м	1,1	1,2	1,4	1,6	1,3
РГВ на території міських промзон, комунально-складських зон, центрів найбільших, крупних і великих міст, м	0,9	1,3	1,1	1,2	1,1
РГВ на селітебній території населених пунктів, м	0,7	0,8	1,1	1,2	0,6
РГВ на території спортивно-оздоровчих об'єктів, зон рекреації та захисного озеленення	0,6	0,4	0,8	0,7	0,6
Ступінь засолення ґрунтів	сильна	слабка	середня	середня	слабка
Зниження несучої здатності ґрунтів, %	26	12	8	11	17
Наявність особливих порід	величина просадки лесовидного ґрунту від власної ваги до 5 см (I тип)	замочені лесовидні породи, схильні до нерівномірних деформацій	пучинисті глинисті ґрунти ($\epsilon_m = 0,052$)	набухаючі глинисті ґрунти ($\epsilon_{sw} = 0,13$)	набухаючі глинисті ґрунти ($\epsilon_{sw} = 0,12$)
Величина сезонних коливань РГВ, м	0,5	0,7	0,6	0,8	0,7
Максимальна кількість поверхів житлових будинків	3	5	9	9	5
Тип підвалу житлових будинків	відсутня	прохідна	прохідна	напівпрохідна	відсутня
Ступінь амортизації житлових будинків, %	46	56	62	62	48
Тип фундаменту житлових будинків	стрічка	стрічка	паля	паля	стрічка
Максимальна кількість поверхів промислової	2	3	2	2	3

Показник	№ варіанту				
	21	22	23	24	25
забудови					
Тип підвалу промислової забудови	прохідна	прохідна	прохідна	прохідна	прохідна
Ступінь амортизації промислової забудови, %	48	45	66	48	56
Тип фундаменту промислової забудови	плита	стрічка	плита	плита	плита

Таблиця 2.22 – Результати хімічних аналізів проб води

№ варіанту / № проби	Сухий надлишок, мг/дм ³	Гідрокарбонати НСО ³⁻ , мг/дм ³	Хлориди Сl ⁻ , мг/дм ³	Сульфати SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	Кальцій Са ²⁺ , мг/дм ³	Магній Mg ²⁺ , мг/дм ³	Натрій + калій Na ⁺ +K ⁺ , мг/дм ³	Азот амонійний NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	Нітрити NO ₂ ⁻ , мг/дм ³	Нітрати NO ₃ ⁻ , мг/дм ³	Залізо загальне Fe, мг/дм ³	Жорсткість, мг-еквл	pH
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	1808	317,3	262,7	707,6	112,2	90	328,9	0,05	< 0,01	4,9	0,1	13	7,6
2	2156	329,5	326,6	864,1	128,3	116,7	379,5	0,5	0,5	1,85	0,1	16	7,2
3	1978	317,3	273,4	818,9	132,3	104,6	338,1	0,05	0,1	6	0,05	15,2	7,25
4	1508	283,8	191,7	622,8	108,2	85,1	243,8	0,25	< 0,01	0,8	< 0,05	12,4	6,2
5	1888	280,7	276,9	749	130,3	100,9	303,6	0,05-0,25	0,1-0,2	1,8	0,05	14,8	8,1
6	1700	268,5	255,6	691,8	72,1	116,7	296,7	< 0,15	0,82	4,2	< 0,05	13,2	7,8
7	2196	414,9	653,2	367,1	164,3	85,1	446,2	0,05	0,1	11,5	0,25	15,2	7,3
8	3444	183,1	1317,1	750	220,4	125,2	791,2	< 0,05	0,01-0,1	7,3	0,05	21,3	7,6
9	2190	314,1	362,1	880,9	132,3	116,7	400,2	0,15	0,4	0,5	0,1	16,2	7,4
10	1684	305,1	319,5	561	116,2	88,8	289,8	0,5	< 0,01	1,7	< 0,05	13,1	7
11	2044	280,7	355	792,7	132,3	103,4	368	0,05-0,25	0,2-0,5	0,5	0,05	15,1	8,05
12	1850	256,3	397,6	605,3	70,1	127,7	324,3	< 0,15	0,55	4,4	0,05	14	7,65
13	2170	292,9	378,9	868,1	128,3	104,6	425,5	< 0,05	< 0,01	5	0,1	15	7,4
14	2440	317,3	526,1	778,2	138,3	200,4	443,9	< 0,15	< 0,03	4,6	0,05	16,9	7,1
15	1864	317,3	379,9	598,7	124,2	90	338,1	< 0,05	0,01	5,4	0,05	13,6	6,69
16	2274	280,7	504,1	735	138,3	108,2	420,9	0,05-0,25	0,1-0,2	1,9	0,05	15,8	7,9
17	2350	256,3	639	735	48,1	177,5	473,8	< 0,15	2,28	4,5	0,1	17	7,45
18	3045	222,7	636,9	1160,2	184,4	104,6	650,9	< 0,05	0,01	16,6	0,1	17,8	7,8
19	2750	158,7	844,9	720,6	174,3	82,7	595,7	< 0,15	< 0,03	18,7	0,5	15,5	6,9
20	2528	170,8	841,4	645	172,3	74,2	586,5	0,05	0,1	17,8	< 0,05	14,7	6,98
21	2548	170,9	788,1	648,5	172,3	77,8	540,5	0,05-0,25	0,1	14,9	0,05-0,1	15	8,05

№ варіанту / № проби	Сухий надлишок, мг/дм ³	Гідрокарбонати HCO ³⁻ , мг/дм ³	Хлориди Cl ⁻ , мг/дм ³	Сульфати SO ₄ ²⁻ , мг/дм ³	Кальцій Ca ²⁺ , мг/дм ³	Магній Mg ²⁺ , мг/дм ³	Натрій + калій Na ⁺ +K ⁺ , мг/дм ³	Азот амонійний NH ₄ ⁺ , мг/дм ³	Нітриди NO ²⁻ , мг/дм ³	Нітрати NO ³⁻ , мг/дм ³	Залізо загальне Fe, мг/дм ³	Жорсткість, мг-екв/л	pH
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
22	2754	109,8	653,2	980,5	134,3	119,2	600,3	< 0,05	0,2	14,2	0,1	16,5	7,5
23	3440	183,1	1420	551,4	128,3	165,4	800,4	0,15	0,13	20,4	0,5-1	20	6,85
24	1985	286,8	411,8	677,3	134,3	91,2	384,1	0,05	0,01	24,3	0,05	14,2	7,7
25	2456	262,4	628,35	754,2	150,3	103,4	499,1	0,05	0,1-0,2	4,3	0,05	16	7,15

Таблиця 2.23 – Теми за варіантами

№ варіанту	Тема
1.	Критичний рівень ґрунтових вод
2.	Вплив агресивних підземних вод на металеві конструкції
3.	Вплив зміни вологості ґрунтів на міцнісні властивості ґрунтів
4.	Вплив зміни вологості ґрунтів на деформаційні властивості ґрунтів
5.	Вплив зміни рівневого режиму підземних вод на несучу здатність ґрунтів
6.	Вплив зміни рівневого режиму ґрунтових вод на деревну рослинність
7.	Розвиток негативних ситуацій на забудованій території як наслідок підтоплення
8.	Вплив підвищення рівнів ґрунтових вод на фізико-механічні властивості ґрунтів
9.	Вплив ґрунтових вод на підземні споруди і комунікації
10.	Територіальне розповсюдження процесів підтоплення в Україні
11.	Поняття несучої здатності ґрунтів та його важливість для забудови території
12.	Поширені причини просадки породної основи
13.	Чому просадочні лесовидні ґрунти відносять до особливих порід?
14.	Чому набухаючі глинисті ґрунти відносять до особливих порід?
15.	Чому пучинисті глинисті ґрунти відносять до особливих порід?
16.	Чому пілуваті піщані ґрунти відносять до особливих порід?
17.	Зміна властивостей набухаючих глинистих ґрунтів при підтопленні
18.	Зміна властивостей просадочних лесовидних ґрунтів при підтопленні
19.	Зміна властивостей пучинистих лесовидних ґрунтів при підтопленні
20.	Зміна властивостей пілуватих піщаних лесовидних ґрунтів при підтопленні

Питання до самоперевірки

1. Що таке ґрунтові води, підтоплення, затоплення?
2. Поясніть «ризик підтоплення території»?
3. В чому полягає основний зміст оцінки ризику підтоплення територій.
4. Як виконується інтегральна оцінка небезпеки підтоплення територій ґрунтовими водами?
5. Що лежить в основі визначення уразливості територій підтопленню?
6. Як впливає підвищення рівнів ґрунтових вод на фізико-механічні

властивості ґрунтів?

7. Опишіть вплив ґрунтових вод на фундаменти та інші підземні споруди.

Перелік рекомендованих джерел

1. ДБН А.2.2-3-2014. Склад та зміст проектної документації на будівництво. [Чинний від 2014-10-01]. Вид. офіц. Київ, 2014. 25 с. (Інформація та документація).

2. ДБН А.2.2-1-2021. Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС). [Чинний від 2022-09-01]. Вид. офіц. Київ, 2022. 22 с. (Інформація та документація).

3. ДБН В.1.1-25-2009. Інженерний захист територій та споруд від підтоплення та затоплення. [Чинний від 2011-01-01]. Вид. офіц. Київ, 2010. 30 с. (Інформація та документація).

4. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. Затверджено наказом Міністерства охорони здоров'я України 12.05.2010 № 400. Дата оновлення: 22.03.2022. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10> (дата звернення 14.08.2024 р.).

5. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. [Чинний від 2011-11-01]. Вид. офіц. Київ, 2011. 123 с. (Інформація та документація).

6. Про затвердження методичних рекомендацій з районування ризиків підтоплення міст і селищ : наказ Міністерства з питань житлово-комунального господарства України від 23.12.2010 № 468. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0468738-10#Text> (дата звернення 14.08.2024 р.)

7. Про затвердження Гігієнічних нормативів якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення : наказ Міністерства охорони здоров'я України від 02.05.2022 № 721. Дата оновлення: 22.02.2023. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0524-22#top> (дата звернення 14.08.2024 р.).

8. Brauer C., Stricker H. Uijlenhoet R. Hydrology in a Dutch polder catchment: natural processes in a man-made landscape. *Internet-First University Press*. 2012. 3540. URL: <https://hdl.handle.net/1813/29600> (дата звернення 14.08.2024 р.).

9. Максимова Н. М., Чушкіна І. В., Орлінська О. В. Оцінювання екологічного ризику підтоплення територій, прилеглих до гідротехнічних споруд водогосподарської інфраструктури у сільській місцевості. *Екологічні науки*. 2021. Випуск 5 (38). С. 60-65. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.5-38.11>.

10. Льовкіна А. С., Максимова Н. М. Оцінка розвитку підтоплення на

території в сільській місцевості Дніпровського району. *Тиждень еколога – 2019* : тези доповідей міжнародного наукового симпозиуму, м. Кам'янське, ДДТУ, 7-10 жовтня 2019 р. Кам'янське, 2019. С. 140-142. URL: https://www.dstu.dp.ua/uni/downloads/z_zbirn_tez-eko_2019.pdf (дата звернення 14.08.2024 р.).

11. Льовкіна А. С., Максимова Н. М. Районування територій населених пунктів Улянівка та Чумаки за ступенем ризиків підтоплення. *Молодь: наука та інновації*: матеріали VII Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених, м. Дніпро, 27 листопада – 03 грудня 2019 р. Дніпро, 2019. Т. 10. С. 136-137. URL: <http://ir.nmu.org.ua/handle/123456789/154799> (дата звернення 14.08.2024 р.).

Зміст та вимоги до контрольних точок

Назва контрольної точки	Опис контрольної точки, порядок її проходження та отримання балів
Робота на практичних заняттях	<p>Практичні роботи виконуються безпосередньо на занятті, що є бажаним, однак не обов'язковим; матеріали для виконання практичної роботи доступні в записі, які зберігаються в Microsoft Teams, та викладені в повному обсязі в Moodle. Оцінка за практичну роботу виставляється за фактом виконання та враховуючи правильність розрахунків. Якщо студент виконав роботу з помилками, то за згодою з викладачем може допрацювати свої розрахунки та підвищити оцінки, але не пізніше залікового тижня.</p> <p>Оцінка за захист роботи на практичному (семінарському) занятті виставляється в Moodle наприкінці заняття або продовж доби, після заняття, та може бути оскаржена одразу ж або продовж доби, після виставлення оцінки в Moodle.</p> <p><u>Мах 8 балів:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> – студент дав пряму і релевантну відповідь на поставлене питання з використанням обґрунтованого посилання на теоретичний матеріал та варіації зміни відповідь на зміну вхідних умов, в т.ч. у вигляді додаткових запитань / зміг стисло формалізувати вербально сутність проблеми за ситуацією, ідентифікувати ключові складові і пріоритети вирішення, запропонував логічне розв'язання та виконав вірно завдання і проявив організованість при оформленні розрахункової частини, а за потреби розрахунково-графічної частини (6 балів); – оцінка ініціативності у роботі над проблемою, логічності та структурованості відповіді, здатності комунікувати у команді та під впливом негативних факторів, в т.ч. під тиском викладача та/або групи, вміння вести дискусію та бути критичним і самокритичним (2 бали).

Практична робота № 3

Розрахунок неорганізованих викидів забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану та визначення розмірів завданої шкоди

3.1 Загальні відомості

Методика розрахунку неорганізованих викидів забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану та визначення розмірів завданої шкоди затверджена наказом Міністерства довкілля та природних ресурсів України 13.04.2022 р. № 175 [1].

Методика визначає розрахунок маси неорганізованих викидів забруднюючих речовин або сум ішей таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану, перелік яких визначено додатком 1 до Методики [1], та визначення розмірів шкоди завданої такими викидами.

Фактичним забруднення атмосферного повітря вважається у разі, коли внаслідок надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану, від джерела викиду в атмосферне повітря здійснено неорганізований викид забруднюючих речовин або сумішей таких речовин.

Факти неорганізованого викиду забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря, а також їх масштаби встановлюються уповноваженими особами, які здійснюють у межах повноважень, передбачених законом, державний нагляд (контроль) у сфері охорони навколишнього природного середовища, зокрема, але не виключно, шляхом огляду місця події, даних дистанційного зондування землі, лабораторних досліджень атмосферного повітря, опрацювань висновків будь-яких експертиз, пояснення, довідок, документів, матеріалів, відомостей, отриманих з будь-яких джерел, оперативних повідомлень фізичних та юридичних осіб тощо.

У Методиці [1] наводиться наступне значення терміну: неорганізований викид – викид, який надходить в атмосферне повітря у вигляді ненаправлених потоків газопилової суміші від джерел забруднення не оснащених спеціальними спорудами для відведення газів газоходами, трубами та іншими спорудами.

3.2 Розрахунок маси неорганізованих викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану

У разі наявності інформації про масу згорілої речовини, розрахунок маси неорганізованих викидів кожної забруднюючої речовини або суміші таких речовин ($M_{i \text{ викид}}$) в атмосферне повітря від джерела викиду, здійснюється за формулою (3.1) [1]:

$$M_{i \text{ викид}} = q_i \cdot M_{ci} \quad (3.1)$$

де i - забруднююча речовина або суміш таких речовин (СО, NO_x та ін);

q_i - питомий показник викиду забруднюючої речовини або суміші таких речовин, визначається згідно з [додатком 1](#) до Методики [1] (або див. табл. 3.1), т/т;

M_{ci} - маса згорілої речовини, т

Таблиця 3.1 – Перелік забруднюючих речовин, ГДК, клас небезпеки та питомі викиди [1]

№ з/п	Назва забруднюючих речовин або суміші таких речовин	Гранично допустима концентрація, мг/м ³		Клас небезпеки	Питомі викиди		
		максимально разова	середньодобова		коефіцієнт при спалюванні нафти, нафтопродуктів та газу, т/т	середній коефіцієнт при згорянні об'єктів, відходів та інших речовин, т/т	коефіцієнт при лісових пожеж та інших насаджень, т/га
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Оксиди азоту (у перерахунку на азоту діоксид [NO + NO ₂])	0,2	0,04	3	0,0014	0,001071	0,1
2	Аміак	0,2	0,04	4	0,000003	0,000003	0,02
3	Ангідрид сірчистий	0,5	0,005	3	0,000013	0,000087	0,02
4	Бенз(а)пирен	-	0,1 мкг / 100 м ³	1	3,02·10 ⁻¹¹	8,40·10 ⁻¹²	0,000005
5	Неметанові леткі органічні сполуки (НМЛОС)	1	-	4	0,0018	0,0000059	0,3
6	Вуглецю оксид	5	3	4	0,0063	0,000041	3
7	Вуглецю діоксид	-	-	-	3,4498184	2,64	712,8
8	Тверді речовини	-	-	-	0,0026	0,000003	5,4
8.1	Пил недиференційований за складом	0,5	0,15	3			
8.2	Сажа	0,15	0,05	3			
9	Метали та його сполуки, з них:	-	-	-	0,00000182	0,000115	-
9.1	Кадмій та його сполуки (у перерахунку на кадмій)	-	0,0003	1	0,00002	0,000000005	0,000008

№ з/п	Назва забруднюючих речовини або суміші таких речовин	Гранично допустима концентрація, мг/м ³		Клас небезпеки	Питомі викиди		
		максимально разова	середньодобова		коефіцієнт при спалювання нафти, нафтопродуктів та газу, т/т	середній коефіцієнт при згорянні об'єктів, відходів та інших речовин, т/т	коефіцієнт при лісових пожеж та інших насаджень, т/га
1	2	3	4	5	6	7	8
9.2	Міді оксид (у перерахунку на мідь)	-	0,002	2	0,0000016	0,000000014	0,000099
9.3	Миш'як, неорганічні сполуки (у перерахунку на миш'як)	-	0,0003	3	0,0000038	0,000000006	0,000044
9.4	Нікелю оксид (у перерахунку на нікель)	-	0,001	2	0,000038	0,000000022	0,000067
9.5	Ртуть та її сполуки (у перерахунку на ртуть)	-	0,0003	1	0,0000047	0,000000019	0,000007
9.6	Селену діоксид (у перерахунку на селен)	0,1 мкг/м ³	0,05 мкг/м ³	1	0,0000004	0,000000012	0,000006
9.7	Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)	0,001	0,0003	1	0,0000049	0,000000058	0,000097
9.8	Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)	0,0015	0,0015	1	0,0000013	0,000000016	0,000042
9.9	Цинку оксид (у перерахунку на цинк)	-	0,05	3	0,00052	0,000000025	0,00085

Примітка: у випадку не визначення класу небезпеки забруднюючих речовин, допускається приймати значення, 4-й клас небезпеки.

У разі відсутності інформації про масу згорілої речовини, розрахунок маси неорганізованого викиду для кожної забруднюючої речовини або суміші таких речовин ($M_{i \text{ викид}}$) в атмосферне повітря від джерела викиду, здійснюється за формулою (3.2) [1]:

$$M_{i \text{ викид}} = q_i \cdot \rho_o \cdot S, \quad (3.2)$$

- де i - забруднююча речовина або суміш таких речовин (СО, NO_x та ін.);
 q_i - питомий показник викиду забруднюючої речовини або суміші таких речовин, визначається згідно з [додатком 1](#) до Методики [1] (або див. табл. 3.1), т/т;
 ρ_o - коефіцієнт середньої щільності речовин дорівнює 0,03;
 S - площа пожежі, м²

У разі встановлення факту загоряння лісових та інших насаджень, розрахунок маси неорганізованого викиду кожної забруднюючої речовини

або сумішей таких речовин ($M_{i \text{ викид}}$) в атмосферне повітря від джерела викиду, здійснюється за формулою (3.3) [1]:

$$M_{i \text{ викид}} = q_i \cdot S, \quad (3.3)$$

- де i - забруднююча речовина або суміш таких речовин (CO, NO_x та ін.);
 q_i - питомий показник викиду забруднюючої речовини або суміші таких речовин, визначається згідно з [додатком 1](#) Методики [1] (або див. табл. 3.1), т/га;
 S - площа пожежі, га

У разі наявності інформації про $M_{i \text{ викид}}$ кожної забруднюючої речовини або сумішей таких речовин та їх щільність, на підставі лабораторних досліджень та/або висновків будь-яких експертиз, у розрахунках розміру шкоди значення приймається за наявними даними.

Під питомими викидами у цій Методиці розуміються викиди, віднесені до одиниці маси згорілої речовини або сумішей таких речовин і позначаються символом q . Чисельні значення питомих викидів приймаються в т/т та наведено у додатку 1 до Методики [1] (або див. табл. 3.1).

У разі наявності інформації про об'єм згорілої речовини, перерахунок в масу згорілої речовини здійснюється з урахуванням щільності, що залежать від виду речовин, наведених у [додатку 2](#) до Методики [1] (або див. табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Показники середньої щільності речовин [1]

Назва речовин	Середня щільність, кг/м ³
1	2
Бензин	680
Газ	780
Мазут, мастило (оливи)	950
Нафта	880
Дизельне паливо	780
Моторне паливо	900
Авіаційне (реактивне) паливо	790
Пічне побутове паливо	955
Природний газ (газоподібний)	0,71
Скrapлений газ (рідкий)	600
Інші речовини	300

3.3 Визначення розмірів шкоди, завданої неорганізованими викидами забруднюючих речовин або сумішей таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану

Розміри шкоди обчислюються уповноваженими особами, що здійснюють державний нагляд (контроль) у сфері охорони навколишнього природного середовища, на основі, зокрема, але не виключно, матеріалів, що підтверджують факт забруднення атмосферного повітря визначених пунктом 3 розділу I Методики [1].

Розмір шкоди розраховується за формулою (3.4) [1]:

$$P_{ш} = M_{i \text{ викид}} \cdot C_{п} \cdot K_{неб} \cdot K_{е} \cdot K_{мп} \cdot K_{пп}, \quad (3.4)$$

- де $P_{ш}$ - розмір шкоди, грн;
- $M_{i \text{ викид}}$ - маса неорганізованого викиду забруднюючої речовини або суміші таких речовин в атмосферне повітря, внаслідок надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану, т;
- $C_{п}$ - ставка податку за неорганізовані викиди забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря відповідно до [ст. 243](#) Податкового кодексу України [2] (див. табл. 3.3-3.5 та відповідне текстове пояснення), грн/т;
- $K_{неб}$ - коефіцієнт класу небезпеки забруднюючих речовин або суміші таких речовин, визначається згідно з [додатком 3](#) до Методики [1] (або див. табл. 3.6);
- $K_{е}$ - коефіцієнт впливу на довкілля в залежності від тривалості події, визначається згідно з [додатком 4](#) до Методики [1] (або див. табл. 3.7);
- $K_{мп}$ - коефіцієнт, що залежить від масштабу подій, визначається згідно з [додатком 5](#) до Методики [1] (або див. табл. 3.8);
- $K_{пп}$ - коефіцієнт, що залежить від характеру походження події, визначається згідно з [додатком 6](#) до Методики [1] (або див. табл. 3.9)

Таблиця 3.3 – Ставки податку за викиди в атмосферне повітря окремих забруднюючих речовин стаціонарними джерелами забруднення (відповідно до [ст. 243.1](#) Податкового кодексу України) [2]

Найменування забруднюючої речовини	Ставка податку, гривень за 1 тону
Азоту оксиди	2574,43
Аміак	482,84
Ангідрид сірчистий	2574,43

Найменування забруднюючої речовини	Ставка податку, гривень за 1 тонну
Ацетон	965,67
Бенз(о)пірен	3277278,63
Бутилацетат	579,84
Ванадію п'ятиокис	9656,78
Водень хлористий	96,99
Вуглецю окис	96,99
Вуглеводні	145,50
Газоподібні фтористі сполуки	6373,91
Тверді речовини	96,99
Кадмію сполуки	20376,22
Марганець та його сполуки	20376,22
Нікель та його сполуки	103816,62
Озон	2574,43
Ртуть та її сполуки	109127,84
Свинець та його сполуки	109127,84
Сірководень	8273,63
Сірковуглець	5376,59
Спирт н-бутиловий	2574,43
Стирол	18799,08
Фенол	11685,10
Формальдегід	6373,91
Хром та його сполуки	69113,38.

Таблиця 3.4 – Ставки податку за викиди в атмосферне повітря стаціонарними джерелами забруднення забруднюючих речовин (сполук), які не увійшли до [пункту 243.1 ст. 243](#) Податкового кодексу України та на які встановлено клас небезпечності відповідно до [ст. 243.2](#) Податкового кодексу України [2]

Клас небезпечності	Ставка податку, гривень за 1 тонну
I	18413,24
II	4216,92
III	628,32
IV	145,50.

Таблиця 3.5 – Для забруднюючих речовин (сполук), які не увійшли до пункту 243.1 [ст. 243](#) Податкового кодексу України та на які не встановлено клас небезпечності (крім двоокису вуглецю), ставки податку застосовуються залежно від установлених орієнтовно безпечних рівнів впливу таких речовин (сполук) в атмосферному повітрі населених пунктів (відповідно до [ст. 243.3](#) Податкового кодексу України) [2]

Орієнтовно безпечний рівень впливу речовин (сполук), міліграмів на 1 м ³	Ставка податку, гривень за 1 тонну
Менше ніж 0,0001	775097,25
0,0001 – 0,001 (включно)	66410,35
Понад 0,001 – 0,01 (включно)	9173,92
Понад 0,01 – 0,1 (включно)	2574,43
Понад 0,1	96,99.

Відповідно до [ст. 243.4](#) Податкового кодексу України [2] ставка податку за викиди двоокису вуглецю становить 30 гривень за 1 тону.

Відповідно до [ст. 243.5](#) Податкового кодексу України [2] Для забруднюючих речовин (сполук), на які не встановлено клас небезпечності та орієнтовнобезпечний рівень впливу (крім двоокису вуглецю), ставки податку встановлюються як за викиди забруднюючих речовин I класу небезпечності згідно з [пунктом 243.2](#) цієї статті.

Таблиця 3.6 – Показник коефіцієнту небезпеки забруднюючих речовин або суміші таких речовин ($K_{неб}$) [1]

Перелік забруднюючих речовин або суміші таких речовин		$K_{неб}$
NO _x	Азоту діоксид	3
NH ₃	Аміак	2
SO _x	Ангідрид сірчистий	3
CO ₂	Вуглецю діоксид	2
CO	Вуглецю оксид	2
NMVOС	НМЛОС	2
ОКВЧ + PM ₁₀ + PM _{2,5} (Сажа)	Тверді речовини (пил + сажа)	3
Pb	Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)	5
Cd	Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)	5
Hg	Ртуті оксид (у перерахунку на ртуть)	5
As	Миш'як, неорганічні сполуки (у перерахунку на миш'як)	4
Cr	Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)	5
Cu	Міді оксид (у перерахунку на мідь)	4
Ni	Нікелю оксид (у перерахунку на нікель)	4
Se	Селену діоксид (у перерахунку на селен)	5
Zn	Цинку оксид (у перерахунку на цинк)	3
Benzo(a)pyrene	Бенз(а)пірен	5

Таблиця 3.7 – Показник коефіцієнту впливу (K_e) [1]

Тривалість подій, годин	K_e
у разі не визначення тривалості подій	3
до 12	4
від 12 до 24	5
більше 24	6

Таблиця 3.8 – Показник коефіцієнту масштабу подій ($K_{мп}$) [1]

Масштаб події, тон або га	$K_{мп}$
у разі не визначення або до 50	1,2
від 50 до 150	2
від 150 до 500	3
від 500 до 1000	4
від 1000	5

Таблиця 3.9 – Показник коефіцієнту характеру подій ($K_{пп}$) [1]

Характер походження події	$K_{пп}$
Надзвичайна ситуація	3
Надзвичайна ситуація, що призвело до неможливості проживання населення на такій території чи об'єкті, провадження на ній господарської діяльності	6
Воєнний стан	10

Загальний розмір $P_{ш (заг)}$ шкоди, розраховується як сума розмірів шкоди, за неорганізований викид в атмосферне повітря за сумарним показником кожної забруднюючої речовини або сумішей таких речовин.

Приклади розрахунку маси викиду та розміру шкоди за формулами (3.1) – (3.4), наведені у [додатку 7](#) до Методики [1], а також наведені нижче (див. пп. 3.3.1-3.3.3).

3.3.1 Приклад розрахунку неорганізованих викидів забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану та визначення розмірів завданої шкоди (у разі наявності інформації про масу згорілої речовини)

Розглянемо та розрахуємо викиди, що мали місце під час пожежі на складі нафтопродуктів [1].

За інформацією Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС) згоріло 100 тон дизельного палива.

У разі наявності інформації про масу згорілої речовини, розрахунок маси неорганізованих викидів кожної забруднюючої речовини або суміші таких речовин ($M_{i \text{ викид}}$) в атмосферне повітря від джерела викиду, здійснюється за формулою (3.1).

Наприклад, для азоту діоксиду (NO_x) знаходимо:

- $q_{i \text{ NO}_x} = 0,0014$ т/т – коефіцієнт питомих викидів при спалюванні нафти, нафтопродуктів та газу, т/т (див. табл. 3.1, колонка 6) [1];

- $M_{ci} = 100$ т – маса згорілої речовини, т (див. вихідні умови);

- маса неорганізованих викидів азоту діоксиду (NO_x) ($M_{i \text{ викид NO}_x}$) в атмосферне повітря від джерела викиду за формулою (3.1) складе:

$$M_{i \text{ викид}} = q_i \cdot M_{ci} = 0,0014 \text{ т/т} \cdot 100 \text{ т} = 0,14 \text{ т.}$$

Виконуються аналогічні розрахунки за іншими забруднюючими речовинами, які зведені у табл. 3.10 (або див. [додаток 7](#) до Методики [1]).

Таблиця 3.10 – Приклад розрахунку маси викиду забруднюючих речовин, що мав місце під час пожежі на складі нафтопродуктів [1]

Назва забруднюючих речовин		Коефіцієнт питомих викидів при спалюванні нафти, нафтопродуктів та газу q_i , т/т	Маса згорілої речовини M_{ci} , т	$M_{i \text{ викид}}$, т
NO _x	Азоту діоксид	0,0014	100,00	0,14
NH ₃	Аміак	0,000003		0,0003
SO _x	Ангідрид сірчистий	0,000013		0,0013
CO ₂	Вуглецю діоксид	3,4498184		344,98184
CO	Вуглецю оксид	0,0063		0,63
NM VOC	НМЛОС	0,0018		0,18
ОКВЧ + PM ₁₀ + PM _{2,5} (Сажа)	Тверді речовини	0,0026		0,26
Pb	Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)	0,0000049		0,00049
Cd	Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)	0,00002		0,002
Hg	Ртуті оксид (у перерахунку на ртуть)	0,0000047		0,00047
As	Миш'як, неорганічні сполуки (у перерахунку на миш'як)	0,0000038		0,00038
Cr	Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)	0,0000013		0,00013
Cu	Міді оксид (у перерахунку на мідь)	0,0000016		0,00016
Ni	Нікелю оксид (у перерахунку на нікель)	0,000038		0,0038
Se	Селену діоксид (у перерахунку на селен)	0,0000004		0,00004
Zn	Цинку оксид (у перерахунку на цинк)	0,00052		0,052
Benzo(a)pyrene	Бенз(а)пірен	3,02E-11	0,00000000302	

Знаходимо розмір шкоди за формулою (3.4), як приклад для азоту діоксиду (NO_x):

$$P_{ш} = M_{i \text{ викид}} \cdot C_{п} \cdot K_{неб} \cdot K_{в} \cdot K_{мп} \cdot K_{пп} =$$

$$= 0,14 \text{ т} \cdot 2574,43 \text{ грн/т} \cdot 3 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 10 = 162 \ 189,09 \text{ грн}$$

- де $P_{ш}$ - розмір шкоди, грн;
- $M_{i \text{ викид}} = 0,14 \text{ т}$ - маса неорганізованого викиду забруднюючої речовини або суміші таких речовин в атмосферне повітря, внаслідок надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану, т;
- $C_{п} = 2574,43 \text{ грн/т}$ - ставка податку за неорганізовані викиди забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря відповідно до [ст. 243](#) Податкового кодексу України [2] (див. табл. 3.3), грн/т;
- $K_{неб} = 3$ - коефіцієнт класу небезпеки забруднюючих речовин або суміші таких речовин, визначається

- згідно з [додатком 3](#) до цієї Методики [1] (або див. табл. 3.6);
- $K_e = 3$ - коефіцієнт впливу на довкілля в залежності від тривалості події, визначається згідно з [додатком 4](#) до цієї Методики [1] (або див. табл. 3.7, за вихідними умовами не визначена тривалість подій);
- $K_{мп} = 2$ - коефіцієнт, що залежить від масштабу подій, визначається згідно з [додатком 5](#) до цієї Методики [1] (або див. табл. 3.8);
- $K_{пп} = 10$ - коефіцієнт, що залежить від характеру походження події, визначається згідно з [додатком 6](#) до цієї Методики [1] (або див. табл. 3.9)

Аналогічні розрахунки за іншими забруднюючими речовинами зведені у табл. 3.11 (або див. [додаток 7](#) до Методики [1]).

Таблиця 3.11 – Приклад розрахунку розміру шкоди внаслідок виникнення пожежі на складі нафтопродуктів [1]

Назва забруднюючих речовин		M_i викид, т	Сума екоподатку, грн/тон	Коефіцієнт небезпеки забруднюючих речовин	Коефіцієнт впливу на довкілля	Коефіцієнт масштабу події	Коефіцієнт характеру походження події	Розмір шкоди, грн
NO _x	Азоту діоксид	0,14	2574,43	3	3	5	10	162 189,09
NH ₃	Аміак	0,0003	482,84	2				43,46
SO _x	Ангідрид сірчистий	0,0013	2574,43	3				1 506,04
CO ₂	Вуглецю діоксид	344,98184	30	2				3 104 836,56
CO	Вуглецю оксид	0,63	96,99	2				18 331,11
NM VOC	НМЛОС	0,18	145,5	2				7 857,00
ОКВЧ + PM ₁₀ + PM _{2,5} (Сажа)	Тверді речовини (пил + сажа)	0,26	96,99	3				11 347,83
Pb	Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)	0,00049	109127,84	5				40 104,48
Cd	Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)	0,002	20376,23	5				30 564,35
Hg	Ртуті оксид (у перерахунку на ртуть)	0,00047	109127,84	5				38 467,56
As	Миш'як, неорганічні сполуки (у перерахунку на миш'як)	0,00038	4216,92	4	961,46			

Назва забруднюючих речовин		M_i викид, т	Сума екоподатку, грн/тон	Коефіцієнт небезпеки забруднюючих речовин	Коефіцієнт впливу на довкілля	Коефіцієнт масштабу події	Коефіцієнт характеру походження події	Розмір шкоди, грн
Cr	Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)	0,00013	69113,38	5				6 738,55
Cu	Міді оксид (у перерахунку на мідь)	0,00016	4216,92	4				404,82
Ni	Нікелю оксид (у перерахунку на нікель)	0,0038	103816,62	4				236 701,89
Se	Селену діоксид (у перерахунку на селен)	0,00004	18413,24	5				552,40
Zn	Цинку оксид (у перерахунку на цинк)	0,052	628,32	3				14 702,69
Benzo(a)pyrene	Бенз(а)пірен	0,00000000302	3277278,63	5				7,42
$P_{ш}$ (заг)		Загальний розмір шкоди						3 675 316,72

Загальний розмір шкоди склав 3 675 316,72 грн.

3.3.2 Приклад розрахунку неорганізованих викидів забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану та визначення розмірів завданої шкоди (у разі відсутності інформації про масу згорілої речовини)

Розглянемо та розрахуємо викиди, що мали місце під час пожежі торговельного центру. За інформацією ДСНС згоріло 14 тис. м² [1].

У разі відсутності інформації про масу згорілої речовини, розрахунок маси неорганізованого викиду для кожної забруднюючої речовини або суміші таких речовин (M_i викид) в атмосферне повітря від джерела викиду, здійснюється за формулою (3.2):

$$M_i \text{ викид} = q_i \cdot p_o \cdot S,$$

де i - забруднююча речовина або суміш таких речовин (CO, NO_x та ін.);
 q_i - питомий показник викиду забруднюючої речовини або суміші таких речовин, визначається згідно з [додатком 1](#) до Методики [1] (або див. табл. 3.1), т/т;

p_o - коефіцієнт середньої щільності речовин дорівнює 0,03;

S - площа пожежі, м²

Наприклад, для азоту діоксиду (NO_x) знаходимо:

- $q_i \text{ NO}_x = 0,001071$ т/т – питомий показник викиду забруднюючої речовини або суміші таких речовин, а саме середній коефіцієнт при згорянні об'єктів, відходів та інших речовин, т/т (див. табл. 3.1, колонка 7);

- $S = 14\,000$ м² – площа пожежі, м² (див. вихідні умови);

- $p_o = 0,03$ – коефіцієнт середньої щільності речовин (див. пояснення до формули (3.2));

- маса неорганізованих викидів азоту діоксиду (NO_x) ($M_i \text{ викид NO}_x$) в атмосферне повітря від джерела викиду за формулою (3.2) складе:

$$M_i \text{ викид NO}_x = q_i \cdot p_o \cdot S = 0,001071 \cdot 0,03 \cdot 14\,000,00 = 0,44982 \text{ т.}$$

Аналогічні розрахунки за іншими забруднюючими речовинами або сумішами таких речовин зведені у табл. 3.12 (або див. [додаток 7](#) до Методики [1]).

Таблиця 3.12 – Приклад розрахунку маси викиду забруднюючих речовин, що мав місце під час пожежі торгівельного центру [1]

Назва забруднюючих речовин		Середній коефіцієнт при згорянні об'єктів, відходів та інших речовин, т/т	Коефіцієнт середньої щільності речовин	Площа пожежі, м ²	$M_i \text{ викид, Т}$
NO _x	Азоту діоксид	0,001071	0,03	14 000,00	0,44982
NH ₃	Аміак	0,000003			0,00126
SO _x	Ангідрид сірчистий	0,000087			0,03654
CO ₂	Вуглецю діоксид	2,64			1108,8
CO	Вуглецю оксид	0,000041			0,01722
NM _{VO} C	НМЛОС	0,0000059			0,002478
ОКВЧ + PM ₁₀ + PM _{2,5} (Сажа)	Тверді речовини	0,000003			0,00126
Pb	Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)	0,000097			0,04074
Cd	Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)	0,000008			0,00336
Hg	Ртуті оксид (у перерахунку на ртуть)	0,000007			0,00294
As	Миш'як, неорганічні сполуки (у перерахунку на миш'як)	0,000044	0,01848		
Cr	Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)	0,000042	0,01764		

Назва забруднюючих речовин		Середній коефіцієнт при згорянні об'єктів, відходів та інших речовин, т/т	Коефіцієнт середньої щільності речовин	Площа пожежі, м ²	$M_{i \text{ викид}}, \text{ Т}$
Cu	Міді оксид (у перерахунку на мідь)	0,000099			0,04158
Ni	Нікелю оксид (у перерахунку на нікель)	0,000067			0,02814
Se	Селену діоксид (у перерахунку на селен)	0,000006			0,00252
Zn	Цинку оксид (у перерахунку на цинк)	0,00085			0,357
Benzo(a)pyrene	Бенз(а)пірен	0,000005			0,0021

Знаходимо розмір шкоди за формулою (3.4), як приклад для азоту діоксиду (NO_x):

$$P_{ш} = M_{i \text{ викид}} \cdot C_{п} \cdot K_{неб} \cdot K_{е} \cdot K_{мп} \cdot K_{пп} =$$

$$= 0,44982 \text{ т} \cdot 2574,43 \text{ грн/т} \cdot 3 \cdot 3 \cdot 1,2 \cdot 10 = 125 \text{ 067,25 грн}$$

- де $P_{ш}$ - розмір шкоди, грн;
- $M_{i \text{ викид}} = 0,44982 \text{ т}$ - маса неорганізованого викиду забруднюючої речовини або суміші таких речовин в атмосферне повітря, внаслідок надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану, т;
- $C_{п} = 2574,43 \text{ грн/т}$ - ставка податку за неорганізовані викиди забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря відповідно до [ст. 243](#) Податкового кодексу України [2] (див. табл. 3.3), грн/т;
- $K_{неб} = 3$ - коефіцієнт класу небезпеки забруднюючих речовин або суміші таких речовин, визначається згідно з [додатком 3](#) до Методики [1] (або див. табл. 3.6);
- $K_{е} = 3$ - коефіцієнт впливу на довкілля в залежності від тривалості події, визначається згідно з [додатком 4](#) до Методики [1] (або див. табл. 3.7, за вихідними умовами не визначена тривалість подій);
- $K_{мп} = 1,2$ - коефіцієнт, що залежить від масштабу подій, визначається згідно з [додатком 5](#) до Методики [1] (або див. табл. 3.8);
- $K_{пп} = 10$ - коефіцієнт, що залежить від характеру походження події, визначається згідно з [додатком 6](#) до Методики [1] (або див. табл. 3.9)

Аналогічні розрахунки за іншими забруднюючими речовинами зведені у табл. 3.13 (або див. [додаток 7](#) до Методики [1]).

Таблиця 3.13 – Приклад розрахунку розміру шкоди внаслідок виникнення пожежі торговельного центру [1]

Назва забруднюючих речовин		Мі викид $M_{i, \text{викид}}$, т	Сума екоподатку C_n , грн/тон	Коефіцієнт небезпеки забруднюючих речовин $K_{\text{неб}}$	Коефіцієнт впливу на довкілля K_e	Коефіцієнт масштабу події $K_{\text{мл}}$	Коефіцієнт характеру походження події $K_{\text{пл}}$	Розмір шкоди P_w , грн
NO _x	Азоту діоксид	0,44982	2574,43	3	3	1,2	10	125 067,25
NH ₃	Аміак	0,00126	482,84	2				43,80
SO _x	Ангідрид сірчистий	0,03654	2574,43	3				10 159,52
CO ₂	Вуглецю діоксид	1108,8	30	2				2 395 008,00
CO	Вуглецю оксид	0,01722	96,99	2				120,25
NMVOС	НМЛОС	0,002478	145,5	2				25,96
ОКВЧ + РМ ₁₀ + РМ _{2,5} (Сажа)	Тверді речовини (пил + сажа)	0,00126	96,99	3				13,20
Pb	Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)	0,04074	109127,84	5				800 256,28
Cd	Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)	0,00336	20376,23	5				12 323,54
Hg	Ртуті оксид (у перерахунку на ртуть)	0,00294	109127,84	5				57 750,45
As	Миш'як, неорганічні сполуки (у перерахунку на миш'як)	0,01848	4216,92	4				11 221,73
Cr	Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)	0,01764	69113,38	5				219 448,80
Cu	Міді оксид (у перерахунку на мідь)	0,04158	4216,92	4				25 248,89
Ni	Нікелю оксид (у перерахунку на нікель)	0,02814	103816,62	4				420 681,55
Se	Селену діоксид (у перерахунку на селен)	0,00252	18413,24	5	8 352,25			
Zn	Цинку оксид (у перерахунку на цинк)	0,357	628,32	3	24 225,51			
Benzo(a)pyrene	Бенз(а)пірен	0,0021	3277278,63	5	1 238 811,32			

Назва забруднюючих речовин	Мі викид $M_{i \text{ викид}}$, т	Сума екоподатку C_n , грн/тон	Коефіцієнт небезпеки забруднюючих речовин $K_{неб}$	Коефіцієнт впливу на довкілля K_e	Коефіцієнт масштабу події $K_{мп}$	Коефіцієнт характеру походування події $K_{пп}$	Розмір шкоди $P_{ш}$, грн
$P_{ш} \text{ (заг)}$	Загальний розмір шкоди			5 348 758, 32			

Загальний розмір шкоди склав 5 348 758, 32 грн.

3.3.3 Приклад розрахунку неорганізованих викидів забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану та визначення розмірів завданої шкоди (у разі встановлення факту загоряння лісових та інших насаджень)

Розглянемо та розрахуємо викиди, що мали місце під час пожежі лісу. За інформацією ДСНС згоріло 1 га лісу [1].

У разі встановлення факту загоряння лісових та інших насаджень, розрахунок маси неорганізованого викиду кожної забруднюючої речовини або сумішей таких речовин ($M_{i \text{ викид}}$) в атмосферне повітря від джерела викиду, здійснюється за формулою (3.3):

$$M_{i \text{ викид}} = q_i \cdot S,$$

- де i - забруднююча речовина або суміш таких речовин (CO, NO_x та ін);
- q_i - питомий показник викиду забруднюючої речовини або суміші таких речовин, визначається згідно з [додатком 1](#) Методики [1] (або див. табл. 3.1), т/га;
- S - площа пожежі, га

Наприклад, для азоту діоксиду (NO_x) знаходимо:

- $q_{i \text{ NO}_x} = 0,1$ т/га – питомий коефіцієнт при лісових пожеж та інших насаджень, т/га (див. табл. 3.1, колонка 8) [1];
- $S = 1$ га – площа пожежі, м² (див. вихідні умови);
- маса неорганізованих викидів азоту діоксиду (NO_x) ($M_{i \text{ викид NO}_x}$) в атмосферне повітря від джерела викиду за формулою (3.3) складе:

$$M_{i \text{ викид NO}_x} = q_i \cdot S = 0,1 \cdot 1,0 = 0,1 \text{ т.}$$

Аналогічні розрахунки за іншими забруднюючими речовинами або

сумішами таких речовин зведені у табл. 3.12 (або див. [додаток 7](#) до Методики [1]).

Таблиця 3.14 – Приклад розрахунку маси викиду забруднюючих речовин, що мав місце під час пожежі торгівельного центру [1]

Назва забруднюючих речовин		Коефіцієнт при лісових пожеж та інших насаджень q_i , т/Га	Площа пожежі S , га	$M_{i \text{ викид}}$, т
NO _x	Азоту діоксид	0,1	1,00	0,1
NH ₃	Аміак	0,02		0,02
SO _x	Ангідрид сірчистий	0,02		0,02
CO ₂	Вуглецю діоксид	712,8		712,8
CO	Вуглецю оксид	3		3
NMVOС	НМЛОС	0,3		0,3
OKBЧ + PM ₁₀ + PM _{2,5} (Сажа)	Тверді речовини	5,4		5,4
Pb	Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)	0,000097		0,000097
Cd	Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)	0,000008		0,000008
Hg	Ртуті оксид (у перерахунку на ртуть)	0,000007		0,000007
As	Миш'як, неорганічні сполуки (у перерахунку на миш'як)	0,000044	0,000044	
Cr	Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)	0,000042	0,000042	
Cu	Міді оксид (у перерахунку на мідь)	0,000099	0,000099	
Ni	Нікелю оксид (у перерахунку на нікель)	0,000067	0,000067	
Se	Селену діоксид (у перерахунку на селен)	0,000006	0,000006	
Zn	Цинку оксид (у перерахунку на цинк)	0,00085	0,00085	
Benzo(a)pyrene	Бенз(а)пірен	0,000005	0,000005	

Знаходимо розмір шкоди за формулою (3.4), як приклад для азоту діоксиду (NO_x):

$$P_{ш} = M_{i \text{ викид}} \cdot C_{п} \cdot K_{неб} \cdot K_{е} \cdot K_{мп} \cdot K_{пп} =$$

$$= 0,1 \text{ т} \cdot 2574,43 \text{ грн/т} \cdot 3 \cdot 3 \cdot 1 \cdot 10 = 23 \text{ 169,87 грн}$$

де $P_{ш}$ – розмір шкоди, грн;
 $M_{i \text{ викид}} = 0,1 \text{ т}$ – маса неорганізованого викиду забруднюючої речовини або суміші таких речовин в атмосферне повітря, внаслідок надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану, т;
 $C_{п} = 2574,43 \text{ грн/т}$ – ставка податку за неорганізовані викиди забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря відповідно до [ст. 243](#) Податкового кодексу України [2] (див. табл. 3.3), грн/т;

- $K_{неб} = 3$ – коефіцієнт класу небезпеки забруднюючих речовин або суміші таких речовин, визначається згідно з [додатком 3](#) до цієї Методики [1] (або див. табл. 3.6);
- $K_e = 3$ – коефіцієнт впливу на довкілля в залежності від тривалості події, визначається згідно з [додатком 4](#) до цієї Методики [1] (або див. табл. 3.7, за вихідними умовами не визначена тривалість подій);
- $K_{мп} = 1$ – коефіцієнт, що залежить від масштабу подій, визначається згідно з [додатком 5](#) до цієї Методики [1] (або див. табл. 3.8);
- $K_{пп} = 10$ – коефіцієнт, що залежить від характеру походження події, визначається згідно з [додатком 6](#) до цієї Методики [1] (або див. табл. 3.9)

Аналогічні розрахунки за іншими забруднюючими речовинами зведені у табл. 3.15 (або див. [додаток 7](#) до Методики [1]).

Таблиця 3.15 – Приклад розрахунку розміру шкоди внаслідок виникнення пожежі торговельного центру [1]

Назва забруднюючих речовин		M_i викид, Т	Сума екоподатку C_{pi} грн/тон	Коефіцієнт небезпеки забруднюючих речовин $K_{неб}$	Коефіцієнт впливу на довкілля K_e	Коефіцієнт масштабу події $K_{мп}$	Коефіцієнт характеру походження події $K_{пп}$	Розмір шкоди $P_{ш}$, грн
NO _x	Азоту діоксид	0,1	2574,43	3	3	1	10	23 169,87
NH ₃	Аміак	0,02	482,84	2				579,41
SO _x	Ангідрид сірчистий	0,02	2574,43	3				4 633,97
CO ₂	Вуглецю діоксид	712,8	30	2				1 283 040,00
CO	Вуглецю оксид	3	96,99	2				17 458,20
NM VOC	НМЛОС	0,3	145,5	2				2 619,00
ОКВЧ + РМ ₁₀ + РМ _{2,5} (Сажа)	Тверді речовини (пил + сажа)	5,4	96,99	3				47 137,14
Pb	Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)	0,097	109127,84	5				1 587 810,07
Cd	Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)	0,008	20376,23	5				24 451,48
Hg	Ртуті оксид (у перерахунку на ртуть)	0,007	109127,84	5				114 584,23
As	Миш'як, неорганічні	0,044	4216,92	4	22 265,34			

Назва забруднюючих речовин		M_i викид, т	Сума екоподатку C_n , грн/тон	Коефіцієнт небезпеки забруднюючих речовин $K_{неб}$	Коефіцієнт впливу на довкілля K_e	Коефіцієнт масштабу події $K_{мп}$	Коефіцієнт характеру походження події $K_{пп}$	Розмір шкоди $P_{ш}$, грн
	сполуки (у перерахунку на миш'як)							
Cr	Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)	0,042	69113,38	5				435 414,29
Cu	Міді оксид (у перерахунку на мідь)	0,099	4216,92	4				50 097,01
Ni	Нікелю оксид (у перерахунку на нікель)	0,067	103816,62	4				834 685,62
Se	Селену діоксид (у перерахунку на селен)	0,006	18413,24	5				16 571,92
Zn	Цинку оксид (у перерахунку на цинк)	0,85	628,32	3				48 066,48
Benzo(a)pyrene	Бенз(а)пірен	0,005	3277278,63	5				2 457 958,97
$P_{ш(зар)}$			Загальний розмір шкоди				1 378 637,59	

Загальний розмір шкоди склав 1 378 637,59 грн.

3.4 Використання розрахунків розміру шкоди, заподіяної неорганізованими викидами забруднюючих речовин або сумішей таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану

Всі матеріали, які використовувалися для проведення розрахунку формуються в окрему справу, яка зберігається уповноваженим органом, що здійснює державний нагляд (контроль) у сфері охорони навколишнього природного середовища.

Уповноважений орган, що здійснює державний нагляд (контроль) у сфері охорони навколишнього природного середовища має право надавати копії розрахунків та матеріалів, що використовувались органам державної влади, місцевого самоврядування та правоохоронними органам або іншим запитувачам за умови дотримання вимог чинного законодавства України.

3.5 Завдання № 1

Розрахуйте неорганізовані викиди забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану та визначення розмірів завданої шкоди з урахуванням вихідних даних (табл. 3.16).

Таблиця 3.16 – Вихідні дані до завдання за варіантами

№ варіанту	Умови	Маса згорілої речовини (дизельне паливо) M_{ci} , т	Площа пожежі, тис. м ²	Приклад
1	пожежа на складі нафтопродуктів	105		п. 3.3.1
2	пожежа торговельного центру		10	п. 3.3.2
3	пожежа лісу		0,5	п. 3.3.3
4	пожежа на складі нафтопродуктів	110		п. 3.3.1
5	пожежа торговельного центру		5	п. 3.3.2
6	пожежа лісу		1,5	п. 3.3.3
7	пожежа на складі нафтопродуктів	115		п. 3.3.1
8	пожежа торговельного центру		8	п. 3.3.2
9	пожежа лісу		1,2	п. 3.3.3
10	пожежа на складі нафтопродуктів	120		п. 3.3.1
11	пожежа торговельного центру		12	п. 3.3.2
12	пожежа лісу		1,6	п. 3.3.3
13	пожежа на складі нафтопродуктів	116		п. 3.3.1
14	пожежа торговельного центру		4	п. 3.3.2
15	пожежа лісу		1,8	п. 3.3.3
16	пожежа на складі нафтопродуктів	106		п. 3.3.1
17	пожежа торговельного центру		14	п. 3.3.2
18	пожежа лісу		2,1	п. 3.3.3
19	пожежа на складі нафтопродуктів	103		п. 3.3.1
20	пожежа торговельного центру		16	п. 3.3.2

Питання для самоконтролю

1. Що таке неорганізований викид забруднюючих речовин у атмосферне повітря?

2. Наведіть приклад за яких умов використовується Методика розрахунку неорганізованих викидів забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану та визначення розмірів завданої шкоди.

3. Які показники впливають на загальний розмір шкоди за неорганізований викид забруднюючих речовин в атмосферне повітря?

4. Де зберігається справа, в якій знаходяться всі матеріали, які використовувалися для проведення розрахунку розміру шкоди, заподіяної неорганізованими викидами забруднюючих речовин або сумішей таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану?

5. В якому документі зводиться інформація про ставки нарахування податку за викиди забруднюючих речовин від джерел викидів у атмосферне повітря?

Перелік рекомендованих джерел

1. Про затвердження Методики розрахунку неорганізованих викидів забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану та визначення розмірів завданої шкоди затверджена: наказ Міністерства довкілля та природних ресурсів України від 13.04.2022 р. № 175. Дата оновлення: 13.04.2022. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0433-22#Text> (дата звернення 14.08.2024 р.).

2. Податковий кодекс України від 02.12.2010 р. № 2755-VI. Дата оновлення: 01.08.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17#n5992> (дата звернення 14.08.2024 р.).

Зміст та вимоги до контрольних точок

Назва контрольної точки	Опис контрольної точки, порядок її проходження та отримання балів
Робота на практичних заняттях	<p>Практичні роботи виконуються безпосередньо на занятті, що є бажаним, однак не обов'язковим; матеріали для виконання практичної роботи доступні в записі, які зберігаються в Microsoft Teams, та викладені в повному обсязі в Moodle. Оцінка за практичну роботу виставляється за фактом виконання та враховуючи правильність розрахунків. Якщо студент виконав роботу з помилками, то за згодою з викладачем може допрацювати свої розрахунки та підвищити оцінки, але не пізніше залікового тижня.</p> <p>Оцінка за захист роботи на практичному (семінарському) занятті виставляється в Moodle наприкінці заняття або продовж доби, після заняття, та може бути оскаржена одразу ж або продовж доби, після виставлення оцінки в Moodle.</p> <p><u>Мах 8 балів:</u></p> <ul style="list-style-type: none">– студент дав пряму і релевантну відповідь на поставлене питання з використанням обґрунтованого посилання на теоретичний матеріал та варіації зміни відповідь на зміну вхідних умов, в т.ч. у вигляді додаткових запитань / зміг стисло формалізувати вербально сутність проблеми за ситуацією, ідентифікувати ключові складові і пріоритети вирішення, запропонував логічне розв'язання та виконав вірно завдання і проявив організованість при оформленні розрахункової частини, а за потреби розрахунково-графічної частини (6 балів);– оцінка ініціативності у роботі над проблемою, логічності та структурованості відповіді, здатності комунікувати у команді та під впливом негативних факторів, в т.ч. під тиском викладача та/або групи, вміння вести дискусію та бути критичним і самокритичним (2 бали).

Практична робота № 4
Основні проблеми охорони природних вод

4.1 Вплив на якість природних вод і проблема скидів промислових стічних вод

Об'єктами водокористування є поверхневі води і підземні води, а також внутрішні води і територіальні морські води. Прісні води згідно з Правилами охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами, затвердженими від 7 серпня 2013 року № 748 поділяють на чотири класи залежно від характеру їх використання:

Категорія I – господарсько-питного водоспоживання населення та підприємств харчової промисловості;

Категорія II – культурно-побутового призначення (для купання, заняття спортом, відпочинку населення);

Категорія III – рибогосподарського призначення для збереження та розведення цінних порід риб (чутливих до кількості розчинного у воді кисню та кількості завислих часток);

Категорія VI – рибогосподарського призначення для збереження інших порід риб.

Для кожної категорії встановлені відповіді нормативи якості води в місцях водокористування. Встановлення нормативів якості дозволяє ефективно проводити контроль. Надзвичайно важливим є принцип встановлення гранично допустимих концентрацій (ГДК) забруднюючих речовин.

Для вод господарсько-питного і культурно-побутового призначення для нормування їх якості встановлюються ГДКв шкідливих речовин з врахуванням трьох показників шкідливості:

- органолептичного;
- санітарного (загальносанітарного);
- санітарно-токсикологічного.

Для вод рибогосподарського призначення (водокористування) встановлюються ГДКвр з врахуванням п'яти показників шкідливості:

- органолептичного;
- санітарного (загальносанітарного);
- санітарно-токсикологічного;
- токсикологічного;
- рибогосподарського.

Кожний показник шкідливості характеризує ту чи іншу властивість забруднюючих речовин, яка показує шкідливу дію цих речовин, а саме:

- органолептичний показник шкідливості характеризує здатність речовин змінювати органолептичні властивості води (смак, запах, колір тощо);

- загальносанітарний показник шкідливості характеризує вплив

речовин на процеси природного самоочищення вод за рахунок біохімічних і хімічних реакцій за участю природної мікрофлори;

- санітарно-токсикологічний показник характеризує шкідливу дію речовин на організм людини;

- токсикологічний показник шкідливості характеризує токсичність речовин для живих організмів, які живуть у водному об'єкті (планктон тощо);

- рибогосподарський показник шкідливості характеризує вплив речовин на погіршення якості промислових риб.

Найменша з нешкідливих концентрацій за трьома (п'ятьма) показниками шкідливості приймається за ГДК із зазначенням лімітуючого показника шкідливості.

Серед різноманітних впливів господарської діяльності людини на навколишнє середовище слід виділяти багатотоннажний відхід – стічні води.

При проектуванні очисних споруд необхідно враховувати склад та властивості виробничих стічних вод, норми водовідведення на одиницю продукції, умови скидання стічних вод у місцеву каналізацію та природні водойми, а також необхідний ступінь їх очистки.

На властивості і кількість стічних вод, а також на вимоги до ступеня їх очистки впливає схема промислового водопостачання. Розрізняють чотири основні схеми водопостачання: прямоточні, з послідовним використанням води, змішані, зворотні.

Найбільш екологічно безпечними є зворотні системи, які передбачають забір води з водного джерела, використання води у виробничому циклі, її очистки (при необхідності) та повернення у робочий цикл. Ефективність зворотних систем характеризується такими основними параметрами:

- коефіцієнт раціонального використання води;
- досконалість систем водопостачання;
- коефіцієнт обігу.

Коефіцієнт раціонального використання води розраховують за формулою:

$$K_{\text{ВИК}} = \frac{Q_{\text{ЗАБ}}^* - Q_{\text{СТ.В}}}{Q_{\text{ЗАБ}}} \quad (4.1)$$

де $Q_{\text{ЗАБ}}^*$ – кількість водозабору із джерела водозабезпечення, без врахування води, яка потрапляє з вихідною сировиною;

$Q_{\text{СТ.В}}$ – кількість утворюваних стічних вод;

$Q_{\text{ЗАБ}}$ – кількість водозабору із природного джерела.

Коефіцієнт обігу води у зворотній системі водопостачання розраховується за формулою:

$$K_{\text{ОБ}} = \frac{Q_{\text{ОБ}}}{Q_{\text{ОБ}} + Q_{\text{ЗАБ}}} \quad (4.2)$$

де $Q_{\text{ОБ}}$ – кількість води в обігу підприємства;

$Q_{\text{ЗАБ}}$ – кількість водозабору із джерела водозабезпечення.

Чим ближче до одиниці наближаються значення КВИК і КОБ, тим досконалішою є схема зворотного водопостачання.

Стічні води, які виводяться з території промислових підприємств, за своїм походженням можуть бути поділені на три види:

- виробничі – використовуються в технологічному процесі виробництва або утворені при добуванні корисних копалин;

- побутові – стічні води санітарних вузлів виробничих підприємств та душових установок;

- зливові – дощові та від талого снігу.

Забруднені стічні води, які містять різноманітні домішки, за своїм хімічним складом поділяють на такі групи:

- забруднені переважно мінеральними домішками;

- забруднені переважно органічними домішками;

- забруднені мінеральними і органічними домішками.

Виробничі стічні води за концентрацією забруднюючих речовин поділяють на чотири групи:

I група – води, які містять від 0 до 500 мг/дм³ забруднюючих речовин;

II група – води, які містять від 500 до 5000 мг/дм³ забруднюючих речовин;

III група – води, які містять від 5000 до 30000 мг/дм³ забруднюючих речовин;

VI група – води, які містять понад 30000 мг/дм³ забруднюючих речовин.

За ступенем агресивності стічні води поділяють на:

- слабоагресивні (слабокислі з рН 6,0-6,5 та слаболужні з рН 8,0-9,0);

- сильно агресивні (кислі з рН < 6,0 та лужні з рН > 9,0);

- неагресивні (води з рН 6,5-8,0).

Для розробки раціональної схеми водовідведення та оцінки можливості вторинного використання води, вивчають їх склад та режими водовідведення, у тому числі режими скиду стічних вод у природні водойми або міську каналізацію.

Необхідний ступінь очистки стічних вод перед їх скиданням у природні водойми визначається за наступною схемою:

1) за доступним вмістом шкідливих речовин в стоках $C_{\text{ст}}$ (максимальний вміст). Необхідно дотримуватись виконання наступної умови:

$$C_{\text{ст}} \cdot V_{\text{ст}} + C_{\text{в}} \cdot a + V \cong (a \cdot V + V_{\text{ст}}) \cdot C_{\text{ГДК}} \quad (4.3)$$

де $V_{\text{СТ}}$ – загальний об'єм стоків;

$C_{\text{В}}$ – концентрація шкідливих речовин у водоймі (фонова);

a – коефіцієнт змішування;

V – об'єм води, що бере участь у змішуванні;

$C_{\text{ГДК}}$ – гранично допустима концентрація шкідливих речовин у водах.

Ступінь очищення або розведення кшр визначають за формулою:

$$k_{\text{пр}} = ([C_{\text{ф}} - C_{\text{СТ}}] \times 100) / C_{\text{ф}} \quad (4.4)$$

де $C_{\text{ф}}$ – фактична концентрація шкідливих речовин в стічній воді.

2) за допустимою кількістю завислих часток у стоках $m_{\text{СТ}}$ (максимальна кількість). Необхідно дотримуватись виконання такої умови:

$$m_{\text{СТ}} \cdot V_{\text{СТ}} + m_{\text{В}} \cdot a \cdot V \leq (a \cdot V + V_{\text{СТ}}) \cdot m_{\text{ДОП}} \quad (4.5)$$

де $V_{\text{СТ}}$ – загальний об'єм стоків;

$m_{\text{В}}$ – кількість завислих часток у водоймі (фонова);

a – коефіцієнт змішування;

V – об'єм води, що бере участь у змішуванні;

$m_{\text{ДОП}}$ – допустима кількість завислих часток у водах.

Ступінь очищення або розведення кзч визначають за формулою:

$$k_{\text{зч}} = ([m_{\text{ф}} - m_{\text{СТ}}] \cdot 100) / m_{\text{ф}} \quad (4.6)$$

де $m_{\text{ф}}$ – фактична кількість завислих часток в стічній воді.

3) за допустимим біохімічним споживанням кисню у стоках $L_{\text{СТ}}$ (максимальне споживання). Необхідне виконання такої умови:

$$L_{\text{СТ}} \cdot 10^{K_{\text{СТ}} \cdot t} \cdot V_{\text{В}} + L_{\text{В}} \cdot 10^{K_{\text{р}} \cdot t} \cdot a \cdot V \leq (a \cdot V + V_{\text{СТ}}) \cdot L_{\text{ДОП}} \quad (4.7)$$

де $L_{\text{В}}$, $L_{\text{ДОП}}$ – відповідно біохімічне споживання кисню у воді водойми та допустиме споживання кисню у водах;

t – час змішування;

a – коефіцієнт змішування;

$K_{\text{СТ}}$, $K_{\text{р}}$ – константи швидкості біохімічного споживання кисню в стоках та у воді водойми (фонова).

Ступінь очищення $k_{\text{БПК}}$ визначають за формулою:

$$k_{\text{зч}} = ([L_{\text{ф}} - L_{\text{ст}}] \cdot 100) / L_{\text{ф}} \quad (4.8)$$

де $L_{\text{ф}}$ – фактичне біохімічне споживання оксигену в стічній воді.

4) за допустимою температурою стоків $T_{\text{ст}}$. необхідно дотримуватись виконання такої умови:

$$T_{\text{ст}} \cdot V_{\text{ст}} + T_{\text{в}} \cdot a \cdot V \leq (a \cdot V + V_{\text{ст}}) \cdot T_{\text{доп}} \quad (4.9)$$

де $V_{\text{ст}}$ – загальний об'єм стоків;

$T_{\text{в}}$ – температура води у водоймі;

a – коефіцієнт змішування;

V – об'єм води, що бере участь у змішуванні;

$T_{\text{доп}}$ – максимально допустиме підвищення температури води.

$$T_{\text{доп}} = (T_{\text{в}} + 3) \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (4.10)$$

Ступінь охолодження стічної води $k_{\text{т}}$ перед скиданням в природні водойми визначають за формулою:

$$k_{\text{т}} = ([T_{\text{ф}} - T_{\text{ст}}] \cdot 100) / T_{\text{ф}} \quad (4.11)$$

де $T_{\text{ф}}$ – фактична температура стічної води.

5) за зміною активної реакції води та за концентрацією кислот та лугів $C_{\text{ст}}^{\text{к}}$, $C_{\text{ст}}^{\text{л}}$. необхідно дотримуватись виконання такої умови:

$$\begin{aligned} C_{\text{ст}}^{\text{к}} &= (a \cdot V \cdot C_{\text{к}}) \cdot V_{\text{ст}} \\ C_{\text{ст}}^{\text{л}} &= (a \cdot V \cdot C_{\text{л}}) \cdot V_{\text{ст}} \end{aligned} \quad (4.12)$$

де $C_{\text{к}}$, $C_{\text{л}}$ – максимальна кількість кислот та лугів у 1 см³ нормального розчину, яка може бути нейтралізована 1 дм³ води за умови, що в розрахунковому розчині рН не буде перевищувати норму.

Кратність розведення стічної води $k_{\text{к}}$ перед скиданням у водоймища:

$$k_k = ([\text{pH}_\phi - \text{pH}_{\text{ст}}] \cdot 100) / \text{pH}_\phi \quad (4.13)$$

де pH_ϕ , $\text{pH}_{\text{ст}}$ – значення водневого показника у стоках фактичне та максимально допустиме відповідно.

Перевірка стоків перед їх скиданням у природні водойми здійснюється за всіма зазначеними показниками.

У більшості випадків, при спуску виробничих стічних вод (які містять декілька різноманітних забруднень) у водойми в розрахункових зонах слід дотримуватись умови:

$$\frac{C_1}{\text{ГДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ГДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ГДК}_n} \leq 1 \quad (4.14)$$

де C_1, C_2, \dots, C_n – фактична концентрація шкідливих речовин у воді водойм (мг/дм³);

$\text{ГДК}_1, \text{ГДК}_2, \dots, \text{ГДК}_n$ – гранично допустима концентрація цих речовин у водах (мг/дм³);

Місце спуску стічних вод у річки має бути розташоване за течією поза населеним пунктом і місцями водокористування населення з врахуванням можливої зворотної течії при нагінних вітрах. Умови відведення стічних вод у водні об'єкти встановлюється з урахуванням можливого їх змішування та розведення, фонові якості води, нормативів її якості.

Виробничі стічні води, які не відповідають вимогам нормативів якості, повинні підлягати попередньому очищенню. Важливим є розрахунок витрат стічних вод ($Q_{\text{доб}}$, м³/добу, q_{max} , дм³/с), які подаються на очисні споруди:

$$Q_{\text{доб}} = NM$$

$$q_{\text{max}} = \frac{N \cdot M_{\text{max}} \cdot K_r}{3,6T} \quad (4.15)$$

де N – норма водовідведення на одиницю продукції або переробленої сировини (м³);

M, M_{max} – кількість продукції або переробленої сировини при максимальній виробці відповідно за добу і за зміну;

T – кількість робочих годин у варті;

K_r – коефіцієнт нерівномірності розподілу праці за часом.

4.2 Визначення концентрації шкідливих речовин у природних водоймах і стічних водах

Під час нормування якості природних вод і вирішення проблеми стічних вод важливими принципами є встановлення ГДК шкідливих речовин у природних водоймах з урахуванням показників шкідливості, залежно від категорії прісних вод. ГДК_в і ГДК_{вр}, які регламентують концентрацію шкідливих речовин у природних водоймах, мають різну мету. Значення ГДК_{вр} для шкідливих речовин, у більшості випадків менше від значення ГДК_в, що зумовлено високою чутливістю деяких гідробіонтів до дії токсичних речовин. Крім того, враховується явище біологічного накопичення токсичних інгредієнтів. Значення ГДК деяких речовин наведено в табл. 4.1 (див. дод. Б).

Таблиця 4.1 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у водоймах

Речовина-забруднювач	ГДК, мг/дм ³	
	для водойм I категорії (ГДК _в)	для водойм III-IV категорії (ГДК _{вр})
Мідь (Cu ²⁺)	0,1	0,01
Арсен (As ³⁺)	0,05	0,05
Нікель (Ni ²⁺)	1,0	0,01
Нітрати (в перерахунку на нітроген)	10,0	–
Поліакриламід (ПАА)	2,0	–
Меркурій (Hg ²⁺)	0,005	0,0001
Сульфати (SO ₄ ²⁻)	500,0	–
Нафта і нафтопродукти в емульсованому стані	0,5	0,05
Феноли	0,001	0,001

Задачі з розрахунку параметрів викидів шкідливих речовин у природні водойми виконати за індивідуальним варіантом (див. табл. 4.2).

Задача 1

У водойму санітарно-побутового призначення потрапляють стічні води об'ємом 150 000 дм³/год, які містять 8000 мг тривалентного арсену. Чи буде концентрація арсену в місці скиду стічних вод перевищувати ГДК_в?

Рішення

Знаходимо концентрацію арсену у стічній воді, враховуючи масу арсену в мг та об'єм стічної води в дм³

$$C_{As} = \frac{m_{As}}{V} = \frac{8000\text{мг}}{150000\text{дм}^3} = 0,053 \text{ мг/дм}^3$$

Порівнюючи розраховане значення концентрації арсену у воді зі значенням ГДК_в, яке складає 0,05 мг/дм³, видно, що концентрація арсену у стічній воді дещо перевищує ГДК_в. Це вимагає очистку стічних вод від сполук арсену.

Задача 2

У водойми рибогосподарського призначення потрапляють з різних промислових підприємств 1000 тис. дм³/год стічних вод. В одному зі стоків містяться нафтопродукти в емульсованому стані з концентрацією 0,2 мг/дм³, а кількість (об'єм) цього стоку складає 200 тис. дм³/год. Чи буде в загальному стоці спостерігатися перевищення ГДК?

Рішення

Першим етапом розв'язку задачі є визначення маси нафтопродуктів, які містяться у стоках:

$$m = C V = 0,2 \text{ мг/дм}^3 \cdot 200000 \text{ дм}^3/\text{год} = 40000 \text{ мг/год.}$$

Далі знаходимо концентрацію нафтопродуктів у загальному стоці:

$$C = m / V = (40000 \text{ мг/год}) / (1000000 \text{ дм}^3/\text{год}) = 0,04 \text{ мг/дм}^3$$

Порівнюючи розраховане значення концентрації нафтопродуктів у стічних водах зі значенням ГДК_{вр}, яке складає 0,05 мг/дм³, видно, що концентрація нафтопродуктів в стічній воді не перевищує ГДК_{вр}. Отже немає необхідності очистки стічних вод перед їх скидом у природну водойму.

Задача 3

У рибогосподарську водойму потрапляє стічна вода, яка містить мідь з концентрацією 0,005 мг/дм³, нікель з концентрацією 0,004 мг/дм³ та меркурій з концентрацією 0,00005 мг/дм³. Чи є необхідність розбавляти дану стічну воду чистою перед скиданням у природну водойму, якщо так, то в якій кількості?

Рішення

У зв'язку з тим, що для всіх речовин-забруднювачів водойм необхідно проводити комплексну оцінку характеру їх впливу на живі організми, розв'язок задачі починаємо із перевірки виконання умови (1.4), а отже розрахунку коефіцієнту g :

$$g = \frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ГДК_n} = \frac{0,005\text{мг/дм}^3}{0,01\text{мг/дм}^3} + \frac{0,004\text{мг/дм}^3}{0,01\text{мг/дм}^3} + \frac{0,00005\text{мг/дм}^3}{0,0001\text{мг/дм}^3} =$$
$$= 0,5+0,4+0,5 = 1,4$$

розраховане значення коефіцієнту – $g = 1,4 > 1$, тобто сумарна дія цих

речовин у зазначених концентраціях є небезпечною. Це зумовлює необхідність додаткової очистки стічної води або її розведення чистою водою для приведення концентрацій шкідливих речовин до значень ГДК (з урахуванням коефіцієнту розведення K_p).

Отже, стічну воду перед її скиданням у природну водойму рибогосподарського призначення необхідно розбавляти чистою водою у 1,4 рази.

4.3 Визначення ступеня очистки стічних вод

Перед скиданням стічних вод у природні водойми проводять розрахунок необхідного ступеня їх очистки, наприклад, за 5-ма основними показниками. Крім того, у розрахункових зонах необхідно врахувати комплексний характер впливу шкідливих речовин на живі організми.

Розрахунок необхідного ступеня очистки дозволяють правильно обирати методи очистки стічних вод з врахуванням об'єму вод, ступеня очистки та фонового стану водного джерела.

Задача 4

Нагріті стічні води з температурою 60°C і об'ємом 50 тис. $\text{м}^3/\text{год}$ скидають у літню пору в природну водойму, температура води якої складає 21°C . Об'єм води, що бере участь у змішуванні, 200 тис. $\text{м}^3/\text{год}$.

Визначте необхідний ступінь охолодження стічних вод перед їх скиданням у водойми за умови, що максимальний коефіцієнт змішування складає 3.

Рішення

Передусім визначаємо гранично допустиму температуру стічних вод за даних умов змішування:

$$T_{\text{ст}} \cdot V_{\text{ст}} + a \cdot T_{\text{в}} \cdot V = (a \cdot V + V_{\text{ст}}) \cdot T_{\text{доп}},$$

де

$$T_{\text{доп}} = T_{\text{в}} + 3^\circ\text{C}.$$

$$T_{\text{ст}} = \frac{(a \cdot V + V_{\text{ст}}) \cdot T_{\text{доп}} - a \cdot T_{\text{в}} \cdot V}{V_{\text{ст}}} = \frac{(3 \cdot 200\,000 + 50\,000) \cdot 24 - 3 \cdot 21 \cdot 200\,000}{50\,000} = 51^\circ\text{C}$$

Далі розраховуємо необхідний ступінь охолодження стічної води перед її скиданням у природну водойму:

$$k_{\text{OX}} = \frac{T_{\text{ф}} - T_{\text{ст}}}{T_{\text{ф}}} \cdot 100\% = \frac{60 - 51}{60} \cdot 100\% = 15\%.$$

Отже, необхідний ступінь охолодження стічної води перед її скиданням у природну водойму складає 15 %.

Слід зазначити, якщо розраховане значення $T_{ст}$ буде більшим за фактичну температуру стічної води ($T_{ф}$), немає необхідності охолодження стічної води перед її скиданням у водойми. Крім того, розрахунок допустимої температури води в місцях скиду стічної води ($T_{доп}$), за виразом $T_{доп} = T_{в} + 3^{\circ}\text{C}$, справедливе лише в літню пору, коли температура води у водоймі ($T_{в}$) наближається до максимальної.

Задача 5

У водойму (30 м³/год.) рибогосподарського призначення скидаються промислові води, що містять нафтопродукти в емульсованому стані, концентрація яких складає 0,25 мг/дм³. Об'єм стічних вод складає 10 м³/год. Фонова концентрація нафтопродуктів у природній водоймі складає 0,03 мг/дм³.

Розрахуйте необхідний ступінь очистки стічних вод перед їх скиданням, якщо максимальний коефіцієнт змішування вод складає 2.

Рішення

Розв'язок задачі починаємо з розрахунку максимально допустимої концентрації нафтопродуктів у стічній воді за таких умов змішування, коли концентрація нафтопродуктів в розрахунковій зоні не перевищуватиме ГДК_{вр}:

$$C_{ст} \cdot V_{ст} + a \cdot C_{в} \cdot V = (a \cdot V + V_{ст}) \cdot \text{ГДК}_{вр},$$

$$C_{ст} = \frac{(a \cdot V + V_{ст}) \cdot \text{ГДК}_{вр} - a \cdot C_{в} \cdot V}{V_{ст}} = \frac{(2 \cdot 30\,000 + 10\,000) \cdot 0,05 - 2 \cdot 0,03 \cdot 30\,000}{10\,000} = 0,17^{\circ} \text{мг/дм}^3$$

Фактична концентрація нафтопродуктів ($C_{ф}$) у стічній воді вища за розрахункову ($C_{ст}$), тому розраховуємо необхідний ступінь очистки стічних вод перед їх скиданням у водойму:

$$k_{оч} = \frac{C_{ф} - C_{ст}}{C_{ф}} \cdot 100 \% = \frac{0,25 - 0,17}{0,17} \cdot 100 \% = 32 \%$$

Отже, необхідний ступінь очистки стічної води від нафтопродуктів складає 32 %.

4.4 Завдання

Виконайте розв'язок задач № 1-5 за власним варіантом. Вихідні дані наведені у табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Вихідні дані для виконання завдань з розрахунку параметрів викидів шкідливих речовин у природні водойми*

№ задачі	№ варіанту									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Задача 1										
Речовина-забруднювач	As ³⁺	Ni ²⁺	Cu ²⁺	ПАА	Ni ²⁺	Cu ²⁺	ПАА	As ³⁺	Ni ²⁺	Cu ²⁺
Категорія водойми	III	I	IV	I	I	IV	I	I	IV	III
V, м ³ /год	70	80	90	60	75	120	110	115	95	85
m, г	9	10	11	12	6	5	7	8	13	14
Задача 2										
Категорія водойми	I	IV	I	III	IV	I	III	IV	I	I
Загальний об'єм стічних вод V, м ³ /год	900	950	1100	800	850	600	700	650	750	880
Концентрація нафтопродуктів в стоку C, мг/л	0,1	0,15	0,17	0,05	0,25	0,35	0,30	0,22	0,18	0,19
Об'єм забрудненого стоку V, м ³ /год	80	100	90	95	150	120	110	115	130	140
Задача 3										
Категорія водойми	III	I	IV	III	I	IV	I	I	IV	I
Концентрація SO ₄ ²⁻ , мг/л		0,08			0,15		0,25	0,47		0,98
Концентрація NO ₃ ⁻ , мг/дм ³		0,005			0,002		0,003	0,006		0,004
Концентрація Ni ²⁺ , ×10 ⁻³ мг/л	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Концентрація фенолів, мг/л×10 ⁻³	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Концентрація нафтопродуктів, мг/см ³	1,05×10 ⁻⁵	1,03×10 ⁻⁴	1,06×10 ⁻⁵	1,09×10 ⁻⁴	1,02×10 ⁻⁵	1,08×10 ⁻⁴	0,98×10 ⁻⁵	1,02×10 ⁻⁴	0,96×10 ⁻⁵	1,13×10 ⁻⁴
Концентрація Hg ²⁺ , ×10 ⁻⁴ мг/дм ³	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
Задача 4										
Фактична температура стічної води T _ф , °C	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64
Об'єм стічних вод V _{ст} , ×10 ³ м ³ /год	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
Об'єм води, що бере участь у змішуванні V, тис. м ³ /год	180	170	160	150	140	220	230	240	250	260
Температура води природної водойми, T _в , °C	22	23	24	22	23	24	21	22	23	24
Максимальний коефіцієнт змішування вод, a	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Задача 5										
Концентрація	0,15	0,16	0,22	0,25	0,31	0,33	0,19	0,28	0,27	0,14

№ задачі	№ варіанту									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
нафтопродуктів у емульсованому стані, $C_{ст}$, мг/дм ³										
Фонова концентрація нафтопродуктів у природній водоймі $C_{в}$, $10^{-2} \cdot$ мг/м ³	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,03	0,04	0,06
Об'єм стічних вод $V_{ст}$, м ³ /год	9	8	7	9	12	13	14	12	11	9
Максимальний коефіцієнт змішування вод a	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Примітка. «*» ПАА – поліакриламід.

Продовження табл. 4.2

№ задачі	№ варіанту									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Задача 1										
Речовина-забруднювач	As ³⁺	Ni ²⁺	Cu ²⁺	ПАА	Ni ²⁺	Cu ²⁺	ПАА	As ³⁺	Ni ²⁺	Cu ²⁺
Категорія водойми	III	I	IV	I	I	IV	I	I	IV	III
V , м ³ /год	100	90	75	250	300	140	180	170	80	160
m , г	11	12	6	18	15	11	25	15	5	14
Задача 2										
Категорія водойми	I	IV	I	III	IV	I	III	IV	I	I
Загальний об'єм стічних вод V , м ³ /год	1500	800	950	1200	2000	2100	600	1400	1300	1100
Концентрація нафтопродуктів в стоку C , мг/л	1,2	0,8	0,6	0,06	1,3	0,7	0,4	0,02	1,9	1,4
Об'єм забрудненого стоку V , м ³ /год	63,2	75,1	48,4	45,3	36,2	110,4	68,9	102,2	86,4	55,4
Задача 3										
Категорія водойми	III	I	IV	III	I	IV	I	I	IV	I
Концентрація SO ₄ ²⁻ , мг/л		4,3			8,6		5,7	1,2		6,8
Концентрація NO ₃ ⁻ , мг/дм ³		0,021			0,015		0,018	0,016		0,024
Концентрація Ni ²⁺ , ×10 ⁻³ мг/л	1,1	1,9	0,6	0,4	1,4	1,2	0,8	1,3	1,7	2,2
Концентрація фенолів, мг/л×10 ⁻³	1,6	2,5	1,8	1,1	0,8	0,9	1,4	1,3	1,8	0,4
Концентрація нафтопродуктів, мг/см ³	1,65×10 ⁻⁵	1,43×10 ⁻⁴	1,86×10 ⁻⁵	1,19×10 ⁻⁴	1,22×10 ⁻⁵	1,68×10 ⁻⁴	0,88×10 ⁻⁵	1,12×10 ⁻⁴	0,76×10 ⁻⁵	1,03×10 ⁻⁴
Концентрація Hg ²⁺ , ×10 ⁻⁴ мг/дм ³	3,2	1,8	0,5	66,2	80,5	30,2	8,2	26,8	4,8	69,9
Задача 4										
Фактична	72	65	80	85	76	54	68	73	66	52

№ задачі	№ варіанту									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
температура стічної води T_f , °C										
Об'єм стічних вод V_{cm} , $\times 10^3$ м ³ /год	62	49	54	72	63	66	58	54	69	59
Об'єм води, що бере участь у змішуванні V , тис. м ³ /год	180	190	200	210	220	230	180	190	160	150
Температура води природної водойми, T_b , °C	23	20	25	24	19	26	18	22	27	17
Максимальний коефіцієнт змішування вод, a	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Задача 5										
Концентрація нафтопродуктів у емульсованому стані, $C_{ст}$, мг/дм ³	0,41	0,21	0,18	0,31	0,27	0,34	0,29	0,37	0,33	0,22
Фонова концентрація нафтопродуктів у природній водоймі C_b , 10^{-2} · мг/м ³	0,04	0,06	0,02	0,05	0,03	0,07	0,06	0,02	0,04	0,05
Об'єм стічних вод V_{cm} , м ³ /год	15	7	6	22	18	9	13	8	12	17
Максимальний коефіцієнт змішування вод a	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

Питання до самоперевірки

1. Що таке забруднення гідросфери і які глобальні наслідки цього процесу?
2. Охарактеризуйте основні види і джерела забруднення природних вод.
3. Яка роль самоочищення водних джерел і які фактори впливають на механізм цього процесу?
4. Які показники шкідливості забруднюючих речовин враховуються при встановленні їх ГДК у природних водоймах?
5. Як розраховують необхідний ступінь очистки стічних вод перед їх скиданням у природні водойми?

Перелік рекомендованих джерел

1. Сухарев С. М., Чундак С. Ю., Сухарева О. Ю. Техноекологія та охорона навколишнього середовища : навчальний посібник. Львів : Новий Світ-2000, 2011. 302 с.

2. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. Затверджено наказом Міністерства охорони здоров'я України 12.05.2010 р. № 400. Дата оновлення: 22.03.2022. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10> (дата звернення 14.08.2024 р.).

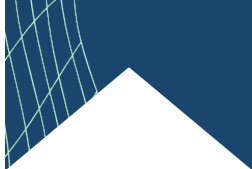
3. Про затвердження Гігієнічних нормативів якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення : наказ Міністерства охорони здоров'я України від 02.05.2022 р. № 721. Дата оновлення: 22.02.2023. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0524-22#top> (дата звернення 14.08.2024 р.)

4. Максимова Н. М., Чушкіна І. В. Оцінка рівня забрудненості водних ресурсів. *Theory and Practice of Science: Key Aspects* : Scientific Collection «InterConf», (67): with the Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference, Rome, Italy, July 19-20, 2021. Rome, Italy, 2021. P. 333-339. DOI: <https://doi.org/10.51582/interconf.19-20.07.2021>.

5. Чушкіна І. В., Максимова Н. М., Бордальова А. Ю. Оцінка відповідності якості водних ресурсів с. Мала Білозірка вимогам стандартів. *Specialized and multidisciplinary scientific researches* : Collection of scientific papers «ΛΟΓΟΣ» with Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, Amsterdam, The Netherland, December 11, 2020. Amsterdam, The Netherland, 2020. Vol. 2. P.79-83. DOI: <https://doi.org/10.36074/11.12.2020.v2>.

Зміст та вимоги до контрольних точок

Назва контрольної точки	Опис контрольної точки, порядок її проходження та отримання балів
Робота на практичних заняттях	<p>Практичні роботи виконуються безпосередньо на занятті, що є бажаним, однак не обов'язковим; матеріали для виконання практичної роботи доступні в записі, які зберігаються в Microsoft Teams, та викладені в повному обсязі в Moodle. Оцінка за практичну роботу виставляється за фактом виконання та враховуючи правильність розрахунків. Якщо студент виконав роботу з помилками, то за згодою з викладачем може допрацювати свої розрахунки та підвищити оцінки, але не пізніше залікового тижня.</p> <p>Оцінка за захист роботи на практичному (семінарському) занятті виставляється в Moodle наприкінці заняття або продовж доби, після заняття, та може бути оскаржена одразу ж або продовж доби, після виставлення оцінки в Moodle.</p> <p>Max 16 балів:</p> <ul style="list-style-type: none"> – студент дав пряму і релевантну відповідь на поставлене питання з використанням обґрунтованого посилання на теоретичний матеріал та варіації зміни відповідь на зміну вхідних умов, в т.ч. у вигляді додаткових запитань / зміг стисло формалізувати вербально сутність проблеми за ситуацією, ідентифікувати ключові складові і пріоритети вирішення, запропонував логічне розв'язання та виконав вірно завдання і проявив організованість при оформленні розрахункової частини, а за потреби розрахунково-графічної частини (12 балів); – оцінка ініціативності у роботі над проблемою, логічності та структурованості відповіді, здатності комунікувати у команді та під впливом негативних факторів, в т.ч. під тиском викладача та/або групи, вміння вести дискусію та бути критичним і самокритичним (4 бали).



Додаток А

Приклад титульного аркушу комплекту робіт, виконаних здобувачем

**ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
Кафедра безпеки праці та охорони довкілля**

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА:

Практична робота № __ за варіантом № __

Виконав:
Здобувач(ка) вищої освіти
групи _____
Прізвище І.П.

Перевірила:
доц. Максимова Н.М.

Таблиця Б.1 – Референтні концентрації речовин за хронічного інгаляційного впливу (відповідно до Методичних рекомендацій «Оцінка канцерогенного та неканцерогенного ризику для здоров'я населення від хімічного забруднення атмосферного повітря» (пункт 10 розділу III)) [4]

Речовина	CAS	RfC, мг/м ³	Джерело	Критичні органи/системи
Азоту діоксид	10102-44-0	0,04	EPA	Органи дихання
Азотна кислота	4697-37-2	0,04	CalEPA	Органи дихання
Акриламід	79-06-1	0,0006	IRIS	Нервова система
Акрилова кислота	79-10-7	0,001	IRIS	Нервова система, органи дихання
Акрилонітрил	107-13-1	0,002	IRIS	Органи дихання
Акролеїн	107-02-8	0,00002	IRIS	Органи дихання
Алюміній та сполуки	7429-90-5	0,005	EPA	Нервова система, органи дихання
Аміак	7664-41-7	0,5	IRIS	Органи дихання
o-Анізидин	90-04-0	0,0002	IRIS	Сечовий міхур, нирки
Анілін	62-53-3	0,001	IRIS	Кров
Ацетальдегід	75-07-0	0,009	IRIS	Органи дихання
Ацетон	67-64-1	30,0	AT SDR	Печінка, нирки, нервова система
Ацетонітрил	75-05-8	0,06	IRIS	Системні ураження
Ацетонціангідрин	75-86-5	0,01	EPA	Печінка, органи дихання
Ацетофенон	98-86-2	0,00002	IRIS	Нервова система, органи дихання
Барій та сполуки	7440-39-3	0,0005	EPA	Репродуктивна система
Бенз/а/пірен	50-32-8	0,000002	IRIS	Розвиток, шкіра
Бензидин	92-87-5	0,01	IRIS	Сечовий міхур
Бензол	71-43-2	0,03	IRIS	Імунна система, кров
Берилій та сполуки	7440-41-7	0,00002	IRIS	Імунна система, органи дихання
Бромметан	74-83-9	0,005	IRIS	Нервова система, органи дихання
Брометен	593-60-2	0,003	IRIS	Печінка, шлунок
1,3-Бутадиєн	106-99-0	0,002	CalEPA	Репродуктивна система
Бутанол-2	78-92-2	0,3	IRIS	Нервова система
1-Бутеноксид	106-88-7	0,02	IRIS	Органи дихання
Бутилацетат	123-86-4	0,7	CEPA	Органи дихання
2-Бутоксіетанол	111-76-2	13,0	IRIS	Кров
Ванадій та сполуки	7440-62-2	0,00007	EPA	Органи дихання
Завислі частинки (PM ₁₀)		0,05	EPA	Органи дихання
Завислі частинки (PM _{2.5})		0,015	EPA	Органи дихання
Завислі частинки (TSP)		0,075	EPA	Органи дихання
Вінілацетат	108-05-4	0,2	IRIS	Органи дихання,
Вінілбромід	593-60-2	0,003	IRIS	Печінка
Вінілхлорид	75-01-4	0,1	IRIS	Печінка
Водень сульфід	7783-06-4	0,001	IRIS	Органи дихання
Водень фтористий	7664-39-3	0,03	CalEPA	Кісткова система, органи дихання
Водень хлористий	7647-01-0	0,02	IRIS	Органи дихання
Водень ціанистий	74-90-8	0,0008	IRIS	Ендокринна система
Вуглецю оксид	630-08-0	3,0	IRIS	Кров, нервова система
Гас	8008-20-6	0,01	AT SDR	Печінка
1,6-Гексаметилендіізоціанат	822-06-0	0,00001	IRIS	Нервова система, органи дихання
Гексан	110-54-3	0,7	IRIS	Нервова система
2-Гексанон	591-78-6	0,005	EPA	Нервова система, органи

Речовина	CAS	RfC, мг/м ³	Джерело	Критичні органи/системи
				дихання
Гексахлорбензол	118-74-1	0,003	CalEPA	Печінка
Гексахлорбутадиєн	87-68-3	0,09	CalEPA	Розвиток, системні ураження
Гексахлоретан	67-72-1	0,08	IRIS	Нервова система
Гідразин	302-01-2	0,0002	CalEPA	Печінка, ендокринна система
Ді(2-етилгексил)фталат	117-81-7	0,01	CalEPA	Печінка, органи дихання
1,2-Диброметан	106-93-4	0,009	IRIS	Органи дихання
Диванадій пентоксид	1314-62-1	0,00007	CalEPA	Органи дихання
Діетиламін	124-40-3	0,00002	IRIS	Органи дихання
1,1-Диметилгідразин	57-14-7	0,00001	AT SDR	Печінка
1,4-Діоксан	123-91-1	0,8	EPA	Печінка, нирки, кров
1,1-Дифторетан	75-37-6	40,0	IRIS	Системні ураження
1,2-Дихлорбензол	95-50-1	0,2	EPA	Нирки, розвиток
1,3 -Дихлорбензол	541-73-1	0,008	EPA	Нирки, розвиток
1,4-Дихлорбензол	106-46-7	0,8	IRIS	Печінка
Дихлордифторметан	75-71-8	0,2	EPA	Печінка, розвиток
Дихлорметан	75-09-2	0,6	IRIS	Печінка
1,2-Дихлорпропан	78-87-5	0,004	IRIS	Органи дихання
1,3 -Дихлорпропен	542-75-6	0,02	IRIS	Органи дихання
<i>транс</i> -1,3-Дихлорпропен	10061-02-6	0,02	IRIS	Органи дихання
<i>цис</i> -1,3-Дихлорпропен	10061-01-5	0,02	IRIS	Органи дихання
Дихлорфторметан	75-43-4	0,6	IRIS	Системні ураження
1,1-Дихлоретан	75-34-3	0,5	EPA	Нирки
1,2-Дихлоретан	107-06-2	0,4	CalEPA	Розвиток
1,2-Дихлоретилен	540-59-0	0,06	IRIS	Печінка, щитоподібна залоза
Епіхлоргідрин	106-89-8	0,001	IRIS	Органи дихання
Етиленбензол	100-41-4	1,0	IRIS	Розвиток
Етилен	74-85-1	0,1	CalEPA	Кров
Етиленоксид	75-21-8	0,005	CalEPA	Кров, біохімія
Етилмеркаптан	75-08-1	0,001	CEPA	Органи дихання
2-Етоксіетанол	110-80-5	0,2	IRIS	Репродуктивна система, кров
2-Етоксіетилацетат	111-15-9	0,3	EPA	Репродуктивна система, кров
Ізопропілбензол (кумол)	98-82-8	0,4	IRIS	Ендокринна система, нирки
Ізофорон	78-59-1	0,012	EPA	Маса тіла
Кадмій та сполуки	7440-43-9	0,0002	AT SDR	Нирки, органи дихання
Кобальт та сполуки	7440-48-4	0,00005	CalEPA	Органи дихання
Ксилол	1330-20-7	0,1	IRIS	Нервова система
о-Ксилол	95-47-6	0,44	CEPA	Розвиток
Марганець та сполуки	7439-96-5	0,00005	IRIS	Нервова система
Мідь та сполуки	7440-50-8	0,00002	CalEPA	Органи дихання, системні ураження
Метанол	67-56-1	2,0	IRIS	Нервова система, розвиток
4-Метил-2-пентанол	108-10-1	0,08	EPA	Печінка, нирки
Мети ліз оці анат	624-83-9	0,001	CalEPA	Органи дихання, системні ураження
Метилмеркаптан	74-93-1	0,001	CEPA	Органи дихання, нервова система
Метилметакрилат	80-62-6	0,7	IRIS	Нервова система, органи дихання
Метил-трет-бутиловий ефір	1634-04-4	3,0	IRIS	Печінка, нирки
2-Меркаптобензотіазол	149-30-4	0,35	IRIS	Репродуктивна система
Миш'як	7440-38-2	0,00003	IRIS	Легені, шкіра, сечовий міхур
Нафталін	91-20-3	0,003	IRIS	Органи дихання
Нікель	7440-02-0	0,00005	MABP	Легені, порожнини носа
Нітробензол	98-95-3	0,009	IRIS	Нервова система, органи дихання
Озон	10028-15-6	0,03	IRIS	Органи дихання
Пентахлорфенол	87-86-5	0,1	MABP	Наднірники
Перилен	198-55-0	0,071	IRIS	Нирки

Речовина	CAS	RfC, мг/м ³	Джерело	Критичні органи/системи
Піридин	110-86-1	0,007	EPA	Печінка, біохімія
n-Ксилол	106-42-3	0,44	CEPA	Розвиток, нервова система
Поліхлоровані біфеніли	1136-36-3	0,0012	CalEPA	Печінка, нирки
Пропілен	115-07-1	3,0	CalEPA	Органи дихання
Пропілен оксид	75-56-9	0,03	IRIS	Органи дихання
Ртуть та сполуки	7439-97-6	0,0003	IRIS	Нервова система
Свинець та його неорганічні сполуки	7439-92-1	0,0005	CalEPA	Нервова система, кров
Селен	7782-79-2	0,00008	CalEPA	Органи дихання, системні ураження
Сірки діоксид	7446-09-5	0,05	EPA	Органи дихання
Сірковуглець	75-15-0	0,7	IRIS	Нервова система, розвиток
Стирол	100-42-5	1,0	IRIS	Нервова система
7,8-Стиролу оксид	96-09-3	0,006	CalEPA	Органи дихання, системні ураження
Т етрахлор метан	56-23-5	0,1	IRIS	Печінка
1,1,2,2,-Тетрахлоретан	79-34-5	0,2	EPA	Печінка
Тетрахлоретилен	127-18-4	0,04	CalEPA	Нервова система, очі
Тетрахлорфенол	25167-83-3	0,09	CalEPA	Печінка
2,4-Толуолдіізоціанат	26471-62-5	0,00007	IRIS	Органи дихання
Толуол	108-88-3	0,4	IRIS	Нервова система, розвиток
Трикрезол	1319-77-3	0,004	CalEPA	Кров
1,2,4-Триметилбензол	95-63-6	0,006	EPA	Нервова система, нирки
1,3,5-Триметилбензол	108-67-8	0,006	EPA	Нервова система
Трихлортрифторетан	76-13-1	90,0	CalEPA	Маса тіла, нервова система
1,2,4-Трихлорбензол	120-82-1	0,2	EPA	Печінка
1,3,5-Трихлорбензол	108-70-3	0,2	IRIS	Органи дихання, печінка
1,2,3-Трихлор пропан	96-18-4	0,0003	IRIS	Печінка, нервова система
Трихлорфтор метан	75-69-4	20,0	CalEPA	Розвиток, нирки
1,1,1-Трихлоретан	71-55-6	5,0	IRIS	Печінка, нервова система
1,1,2-Трихлоретан	79-00-5	0,4	CalEPA	Розвиток
Трихлоретилен	79-01-6	0,002	IRIS	Розвиток, імунна система
Триетиламін	121-44-8	0,007	IRIS	Органи дихання
Фенол	108-95-2	0,006	EPA	Нервова система, органи дихання
Формальдегід	50-00-0	0,003	CalEPA	Органи дихання, імунна система
Фосген	75-44-5	0,0003	CalEPA	Органи дихання
Фосфор	7723-14-0	0,00007	CalEPA	Репродуктивна система, алопеція
Фосфорна кислота	7664-38-2	0,01	IRIS	Органи дихання
Фталевий ангідрид	85-44-9	0,01	CalEPA	Органи дихання
Фториди	16984-48-8	0,03	CalEPA	Органи дихання, кісткова система
Фурфурол	98-01-1	0,05	EPA	Органи дихання
Хлор	7782-05-5	0,0002	CalEPA	Органи дихання
Хлору ді оксид	10049-04-4	0,0002	IRIS	Органи дихання
3-Хлор-1,2-д ибромпропан	96-12-8	0,0002	IRIS	Репродуктивна система
2-Хлорацетофенон	532-27-4	0,00003	IRIS	Органи дихання
Хлорбензол	108-90-7	0,059	EPA	Печінка, нирки
2-Хлорбута-1,3-дієн	126-99-8	0,007	EPA	Органи дихання, розвиток
Хлоровані дибензофурані	5120-73-10	0,00000004	CalEPA	Печінка, репродуктивна та гормональна система
Хлордифторметан	75-45-6	50,0	IRIS	Нирки, ендокринна система
Хлоретан	75-00-3	10,0	IRIS	Розвиток, шлунок
Хлорметан	74-87-3	0,1	ATSDR	Нервова система, печінка
Хлороформ	67-66-3	0,098	ATSDR	Печінка, розвиток, нирки
Хлорпікрин	76-06-2	0,004	CalEPA	Печінка, органи дихання, системні ураження
2-Хлорпропан	75-29-6	0,1	EPA	Печінка

Речовина	CAS	RfC, мг/м ³	Джерело	Критичні органи/системи
2-Хлорфенол	95-57-8	0,0014	EPA	Розвиток, репродуктивна система
Хром (VI)	18540-29-9	0,0001	IRIS	Органи дихання
Хромово кислота	7783-94-5	0,000008	IRIS	Органи дихання
Ціаніди	57-12-5	0,003	IRIS	Нервова система, гормональний статус
Циклогексан	110-82-7	6,0	IRIS	Розвиток
Циклогексанол	108-93-0	0,00002	EPA	М'язова система
Цинк та сполуки	7440-66-6	0,0009	CalEPA	Органи дихання

Примітки [4]:

ATSDR – Агентство з реєстрації токсичних сполук і захворювань;

CalEPA – каліфорнійське Агентство з охорони навколишнього середовища;

CEPA – Канадське Агентство з охорони навколишнього середовища;

EPA – Агентство США з охорони навколишнього середовища;

IRIS – інтегрована інформаційна система про ризики (U.S.EPA);

МАВР – Міжнародне агентство з вивчення раку.

Таблиця В.1 – Фактори канцерогенного потенціалу речовин (відповідно до Методичних рекомендацій «Оцінка канцерогенного та неканцерогенного ризику для здоров'я населення від хімічного забруднення атмосферного повітря» (пункт 11 розділу III)) [4]

Речовина	CAS	SFi, (мг/(кг·доба)) ⁻¹	Джерело інформації	Група за класифікацією МАБР
Акриламід	79-06-1	4,5	IRIS	2A
Акрилонітрил	107-13-1	0,24	IRIS	2B
2-Аміно-3-метил-9H-піридо[2,3-b] індол	68006-83-7	1,2	CalEPA	2B
2-Аміно-6-метилдіпіридилдо(1,2-а:3',2'-d)імідазол	67730-11-4	4,8	CalEPA	2B
2-Аміно-9H-піридо [2,3-b] індол	26148-68-5	0,4	CalEPA	2B
2-Амінодіпіридо(1,2- а:3',2'-d) імідазол	67730-10-3	1,4	CalEPA	2B
4-Амінодіфеніл	92-67-1	21	CalEPA	1
Анілін	62-53-3	0,0057	CalEPA	2A
Аурамін	492-80-8	0,88	CalEPA	2B
Ацетальдегід	75-07-0	0,0077	IRIS	2B
Ацетамід	60-35-5	0,07	CalEPA	2B
Бенз[а]антрацен	56-55-3	0,31	EPA	2B
Бенз(а)пірен	50-32-8	3,1	EPA	1
Бензо[б]флуорантен	205-99-2	0,39	CalEPA	2B
Бензо[і]флуорантен	205-82-3	0,39	CalEPA	2B
Бензо[к]флуорантен	207-08-9	0,031	EPA	2B
Бензидин	92-87-5	234	МАБР	1
Бензилхлорид	100-44-7	0,17	МАБР	2A
Бензин	8006-61-9	0,035	МАБР	2B
Бензол	71-43-2	0,027	IRIS	1
Бензотрихлорид	98-07-7	13,0	МАБР	2A
Берилій	7440-41-7	8,4	IRIS	1
Берилій оксид	1304-56-9	7,0	CalEPA	1
Берилію сульфат	13510-19-1	3000,0	CalEPA	1
Бромдихлорметан	75-27-4	0,13	CalEPA	2B
Бромформ	75-25-2	0,0039	IRIS	3
1,3-Бутадиєн	106-99-0	1,8	IRIS	2A
Вінілбромід	593-60-2	0,11	EPA	2A
Вінілхлорид	75-01-4	0,3	EPA	1
Вініліденхлорид	75-35-4	0,18	МАБР	2B
1,2,3,4,5,6-Гексахлорциклогексан	608-73-1	1,78	МАБР	2B
Гідразин	302-01-2	17,1	IRIS	2A
Ді(2-етилгексил)фталат	117-81-7	0,0084	CalEPA	2B
2,4-Діаміноанізол	615-05-4	0,023	CalEPA	2B
Дибенз[а,і]акридин	224-42-0	0,39	CalEPA	2A
Дибенз(а,н)антрацен	53-70-3	3,1	EPA	2A
Дибенз[а,н]акридин	226-36-8	0,39	CalEPA	2B
Дибенз[а,в]пірен	189-64-0	39,0	CalEPA	2B
Дибенз[а,і]пірен	189-55-9	39,0	CalEPA	2B
Дибенз[а,л]пірен	191-30-0	39,0	CalEPA	2A
1,2-Диброметан	106-93-4	0,77	IRIS	2A
1,8 – Дигідроксінантрахінон	117-10-2	0,076	CalEPA	2B
Дигідросафрол	94-58-6	0,044	CalEPA	2B
Дигліциділрезорциновий ефір	101-90-6	1,7	CalEPA	2B
3,3-Диметилбензидин	119-93-7	9,2	МАБР	2B
1,1-Диметилгідразин	57-14-7	550,0	CalEPA	2B
1,2-Диметилгідразин	540-73-8	550,0	МАБР	2A
Диметилкарбамоїлхлорид	79-44-7	13,0	CalEPA	2A

Речовина	CAS	SFi, (мг/(кг·доба)) ⁻¹	Джерело інформації	Група за класифікацією МАВР
Диметилсульфат	77-78-1	34,0	МАВР	2А
3,3-Диметоксibenзидин	119-90-4	0,014	МАВР	2В
1,6-Динітропірен	42397-64-8	39,0	CaIEPA	2В
1,8-Динітропірен	42397-65-9	39,0	CaIEPA	2В
2,4-Динітротолуол	121-14-2	0,31	CaIEPA	2В
2,6-Динітротолуол	606-20-2	0,31	МАВР	2В
1,4-Діоксан	123-91-1	0,027	CaIEPA	2В
3,3-Дихлорбензидин	91-94-1	1,2	МАВР	2В
1,4-Дихлорбензол	106-46-7	0,04	CaIEPA	2В
1,1'-Дихлордиметиловий ефір	542-88-1	217,0	IRIS	1
1,2-Дихлоретан	107-06-2	0,091	IRIS	2В
Дихлорметан	75-09-2	0,0016	IRIS	2В
1,2-Дихлорпропан	78-87-5	0,063	CaIEPA	3
1,3 Дихлорпропен	542-75-6	0,004	МАВР	2В
Етилакрилат	140-88-5	0,048	МАВР	2В
Етилбензол	100-41-4	0,00385	МАВР	2В
Епіхлоргідрин	106-89-8	0,0042	IRIS	2А
Етиленімін	151-56-4	65,0	CaIEPA	2В
Етилену оксид	75-21-8	0,35	МАВР	1
Індено[1,2,3-с, d]пірен	193-39-5	0,31	EPA	2В
Кадмій	7440-43-9	6,3	IRIS	1
Кам'яновугільні смоли	8007-45-2	2,17	IRIS	1
Кобальт і його сполуки	7440-48-4	9,8	МАВР	2В
Кротоновий альдегід	123-73-9	1,9	МАВР	2В
Купферон	135-20-6	0,22	CaIEPA	2В
2-Меркаптобензотіазол	149-30-4	0,029	МАВР	2А
2-Метил-1-нітроантрахінон	129-15-7	4,3	CaIEPA	2В
2-Метил-1-хлорпроп-1 -єн	513-37-1	0,045	CaIEPA	2В
N – Метил-N-нітро-N-нітрозогуанідин	70-25-7	8,3	CaIEPA	2А
4,4'-Метилєн бiс(2-хлоранілін)	101-14-4	0,13	EPA	1
4,4-Метилєндіанілін дигідрохлорид	13552-44-8	1,2	CaIEPA	2В
Метилметансульфонат	66-27-3	0,099	CaIEPA	2В
5-Метилхрізен	3697-24-3	3,9	CaIEPA	2В
2-Метоксианілін	90-04-0	0,14	CaIEPA	2В
2-Метоксианілін гідрохлорид	134-29-2	0,11	CaIEPA	2В
Миш'як	7440-38-2	15,0	IRIS	1
2-Нафтиламін	91-59-8	1,8	CaIEPA	1
Нафто(1,2,3,4-def) хрізен	192-65-4	3,9	CaIEPA	2В
Нікель	7440-02-0	0,91	CaIEPA	1
Нікель очищений, пил		0,84	IRIS	1
Нітрилотриоцтова кислота	139-13-9	0,0053	CaIEPA	2В
5-Нітроаценафтен	602-87-9	0,13	CaIEPA	2В
N-Нітрузо-M-метилсечовина	684-93-5	120,0	CaIEPA	2А
N-Нітрузо-M-метилуретан	615-53-2	110,0	CaIEPA	2В
N-Нітрузо-M-етилсечовина	759-73-9	27,0	CaIEPA	2А
N-Нітрузодибутиламін	924-16-3	5,6	IRIS	2В
N-Нітрузодиметиламін	62-75-9	49,0	IRIS	2А
N-Нітрузодипропіламін	621-64-7	7,0	CaIEPA	2В
N-Нітрузодіетиламін	55-18-5	150,0	IRIS	2А
N-Нітрузодіетаноламін	1116-54-7	2,8	CaIEPA	2В
N-Нітрузометилетиламін	10595-95-6	22	CaIEPA	2В
N-Нітрузоморфолін	59-89-2	6,7	CaIEPA	2В
N-Нітрузонорнікотин	16543-55-8	1,4	CaIEPA	1
N-Нітрузопіперидин	100-75-4	9,4	CaIEPA	2В
N-Нітрузопіролідін	930-55-2	2,1	IRIS	2В
1-Нітропірен	5522-43-0	0,39	CaIEPA	2А
4-Нітропірен	57835-92-4	0,39	CaIEPA	2В

Речовина	CAS	SFi, (мг/(кг·доба)) ⁻¹	Джерело інформації	Група за класифікацією МАВР
2-Нітропропан	79-46-9	9,4	EPA	2B
2-Нітрофлуорен	607-57-8	0,039	МАВР	2B
2-Нітрохлорбензол	88-73-3	0,025	МАВР	2B
3-Нітрохлорбензол	121-73-3	0,018	МАВР	2B
4-Нітрохлорбензол	100-00-5	0,018	МАВР	2B
6-Нітрохрізен	7496-02-8	39,0	CaIEPA	2B
Пентахлорфенол	87-86-5	0,018	CaIEPA	1
Пірокатехін	120-80-9	0,009	МАВР	2B
Поліхлоровані біфеніли	1336-36-3	0,4	IRIS	1
1,3-Пропансультон	1120-71-4	2,4	CaIEPA	2A
Пропіленоксид	75-56-9	0,013	МАВР	2B
Сафрол	94-59-7	0,22	CaIEPA	2B
Сажа	1333-86-4	0,0155	МАВР	1
Свинець	7439-92-1	0,042	CaIEPA	2B
Стирол	100-42-5	0,002	МАВР	2A
7,8-Стиролоксид	96-09-3	0,16	CaIEPA	2A
Сурми триоксид	1309-64-4	0,0004	МАВР	2B
Тетрабромбісфенол А	79-94-7	13,0	МАВР	2A
Тетрагідрофуран	109-99-9	0,0068	EPA	2B
Тетрахлорметан	56-23-5	0,053	IRIS	2B
1,1,1,2-Тетрахлоретан	630-20-6	0,026	IRIS	2B
1,1,2,2-Тетрахлоретан	79-34-5	0,2	IRIS	2B
Тетрахлоретилен	127-18-4	0,002	EPA	2A
2,3,7,8-Тетрахлордібензо-п-діоксин	1746-01-6	150000	EPA	1
Тіоацетамід	62-55-5	6,1	CaIEPA	2B
4,4'-Тіодіанілін	139-65-1	15,0	CaIEPA	2B
2,4-Толуїлендіізоціанат	584-84-9	0,039	CaIEPA	2B
Толуол-2,6-диізоціанат	91-08-7	0,039	CaIEPA	2B
1,3-Толуолдіізоціанат	26471-62-5	0,039	CaIEPA	2B
2-Трет-Бутил-4-метоксифенол	25013-16-5	0,0002	CaIEPA	2B
Трис(2,3-дибромпропіл)фосфат	126-72-7	2,3	МАВР	2A
2,4,6-Трихлорфенол	88-06-2	0,011	IRIS	2B
1,1,2-Трихлоретан	79-00-5	0,057	IRIS	3
Трихлоретилен	79-01-6	0,0063	EPA	1
1,2,3-Трихлорпропан	96-18-4	7,0	МАВР	2A
Формальдегід	50-00-0	0,046	IRIS	2A
Хінолін	91-22-5	12,0	МАВР	2B
<i>n</i> -Хлоранілін	106-47-8	0,0638	МАВР	2B
Хлорметан	74-87-3	0,0063	EPA	3
Хлорметоксиметан	107-30-2	2,4	CaIEPA	1
4-Хлор-о-толуїдин	95-69-2	0,46	МАВР	2A
4-Хлор-о-фенілендіамін	95-83-0	0,016	CaIEPA	2B
Хлоропрен	126-99-8	1,1	МАВР	2B
Хлороформ	67-66-3	0,081	IRIS	2B
Хлоренова кислота	115-28-6	0,091	CaIEPA	2B
Хризен	218-01-9	0,0031	EPA	2B
Хром VI	18540-29-9	42,0	IRIS	1
Хромова кислота	7783-94-5	42,0	IRIS	1

Примітки [4]:

CAS – реєстраційний номер, що є унікальною ідентифікаційною характеристикою індивідуальних речовин або їх сумішей постійного складу;

EPA – Агентство США з охорони навколишнього середовища;

IRIS (U.S.EPA) – інтегрована інформаційна система про ризики;

CaIEPA – каліфорнійське Агентство з охорони навколишнього середовища CaIEPA;

МАВР – Міжнародне агентство з вивчення раку.

Класифікація рівнів неканцерогенного ризику (відповідно до Методичних рекомендацій «Оцінка канцерогенного та неканцерогенного ризику для здоров'я населення від хімічного забруднення атмосферного повітря» (пункт 14 розділу III)) [4]

Коефіцієнт небезпеки розвитку неканцерогенних ефектів (HQ) для окремих сполук	Індекс небезпеки розвитку неканцерогенних ефектів (HI) для групи сполук односпрямованої дії	Рівень ризику
>3	>6	Високий
1,1-3	3,1-6	Насторожуючий
0,11-1,0	1,1-3,0	Допустимий
0,1 і менше	1,0 і менше	Мінімальний (цільовий)

Таблиця Д.1 – Приклад розрахунку сумарного неканцерогенного ризику впливу сполук (HI) на критичні органи та системи організму (відповідно до Методичних рекомендацій «Оцінка канцерогенного та неканцерогенного ризику для здоров'я населення від хімічного забруднення атмосферного повітря» (пункт 16 розділу III)) [4]

Речовина	C, мг/м ³	RfC, мг/м ³	HQ	Критичні органи
А	0,099	0,04	2,47	органи дихання
Б	0,075	0,10	0,75	печінка
С	0,09	0,10	0,90	органи дихання
Д	0,004	0,007	0,57	печінка
Сумарний ризик		HI загальний	4,69	
		HI органи дихання	3,37	
		HI печінка	1,32	

Приклад розрахунку канцерогенного ризику, пов'язаного із забрудненням атмосферного повітря формальдегідом (а) та N-нітрозодиметиламіном (б) (відповідно до Методичних рекомендацій «Оцінка канцерогенного та неканцерогенного ризику для здоров'я населення від хімічного забруднення атмосферного повітря» (пункт 16 розділу III)) [4]

Розраховують середню добову дозу впливу канцерогена LADD на населення міста, де концентрація в атмосферному повітрі становить: формальдегіду – 0,0039 мг/м³, N-нітрозодиметиламіну – 0,000064 мг/м³

Використовуючи стандартні дескриптори експозиції та дані щодо факторів канцерогенного потенціалу сполук, проводять розрахунок за формулою:

$$LADD = C \cdot CR \cdot EF \cdot ED / BW \cdot AT \cdot 365$$

Параметр	Характеристика	Стандартне значення
LADD	Середня добова доза канцерогена, мг/(кг·доба)	-
C	Середня концентрація в атмосферному повітрі, мг/м ³	0,0039 мг/м ³
	формальдегіду N-нітрозодиметиламіну	0,000064 мг/м ³
CR	Швидкість надходження сполуки до організму із забрудненим атмосферним повітрям	20,0 м ³
EF	Частота впливу, днів на рік	365 днів
ED	Тривалість впливу, років	70 років
BW	Середня маса тіла дорослої людини, кг	70 кг
AT	Період осереднення експозиції, років	для канцерогенів 70 років
365	Днів у році	
	SF для інгаляційного впливу формальдегіду	0,046 (мг/(кг · доба)) ⁻¹
	SF для інгаляційного впливу N-нітрозодиметиламіну	49,0 (мг/(кг · доба)) ⁻¹

а) для формальдегіду:

$$LADD = 0,0039 \cdot 20,0 \cdot 365 \cdot 70 / (70 \cdot 70 \cdot 365) = 0,00112 \text{ мг/(кг·доба)}$$

Величина індивідуального канцерогенного ризику впливу цієї концентрації формальдегіду буде складати:

$$CR = LADD \cdot SF = 0,00112 \cdot 0,046 = 5,1 \cdot 10^{-5}$$

б) для N-нітрозодиметиламіну:

$$LADD = 0,000064 \cdot 20,0 \cdot 365 \cdot 70 / (70 \cdot 70 \cdot 365) = 0,000018 \text{ мг/(кг·доба)}$$

Величина індивідуального канцерогенного ризику впливу цієї концентрації N-нітрозодиметиламіну буде складати:

$$CR = LADD \cdot SF = 0,000018 \cdot 49,0 = 9,0 \cdot 10^{-4}$$

Таблиця Ж.1 – Класифікація рівнів канцерогенного ризику (відповідно до Методичних рекомендацій «Оцінка канцерогенного та неканцерогенного ризику для здоров'я населення від хімічного забруднення атмосферного повітря» (пункт 16 розділу III)) [4]

Ризик протягом життя	Рівень ризику
$>10^{-3}$	Високий – не прийнятний для виробничих умов і населення. Необхідне здійснення заходів з усунення або зниження ризику
$10^{-3} - 10^{-4}$	Середній – прийнятний для виробничих умов, але неприйнятний для населення; потребує динамічного контролю і поглибленого вивчення джерел викиду і можливих наслідків шкідливої дії для вирішення питання про заходи з його зниження
$10^{-4} - 10^{-6}$	Низький – допустимий ризик (рівень, на якому, як правило, встановлюються гігієнічні нормативи для населення)
$<10^{-6}$	Мінімальний – бажана (цільова) величина ризику при проведенні оздоровчих і природоохоронних заходів

Характеристика вод водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення (див. Додаток 1 до Гігієнічних нормативів якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення (пункт 6)) [3]

Категорії використання	Для централізованого або нецентралізованого питного водопостачання, а також для водопостачання харчових підприємств	Для господарсько-побутового, водокористування в оздоровчих, рекреаційних, спортивних цілях, а також для водних об'єктів в межах населених пунктів
Показники складу та властивостей води водного об'єкта		
Завислі речовини	Вміст завислих речовин не повинен збільшуватись більш ніж на:	
	0,25 мг/дм ³	0,75 мг/дм ³
	Для водних об'єктів, які містять у межах понад 30 мг/дм ³ природних мінеральних речовин, допускається збільшення завислих речовин у воді в межах 5 %. Відведення у водні об'єкти із зворотніми водами суспензій із швидкістю випадіння зависів понад 0,4 мм/с для проточних водойм та понад 0,2 мм/с для водосховищ або непроточних водойм забороняється.	
Плаваючі домішки (речовини)	На поверхні водних об'єктів не повинні виявлятися плаваючі плівки, плями мінеральних масел та скупчення інших домішок.	
Запахи	Вода не повинна набувати невластивих їй запахів інтенсивністю більше 1 балу, які виявляються:	
	безпосередньо або при наступному хлоруванні, або інших засобах обробки	безпосередньо
Забарвлення	Не повинно виявлятися у стовпчику:	
	20 см	10 см
Температура	Літня температура води в результаті спуску стічних вод не повинна підвищуватись вище, ніж на 3° С у порівнянні з середньомісячною температурою самого жаркого місяця року за останні 10 років.	
Водневий показник (рН)	Не повинен виходити за межі 6,5 – 8,5.	
Мінеральний склад	Не повинен перевищувати за сухим залишком 1000 мг/дм ³ , у тому числі хлоридів – 350 мг/дм ³ , сульфатів – 500 мг/дм ³ .	
Розчинений кисень	Не повинен бути менше 4 мг/дм ³ в будь-який період року в пробі, відібраній до 12-ї години дня.	
БСК ₅ (Біохімічне споживання кисню за 5 діб)	Не застосовується	3 мг О ₂ /дм ³
БСК ₂₀ (біохімічне споживання кисню повне)	Не повинно перевищувати при 20° С:	
	3 мг О ₂ /дм ³	6 мг О ₂ /дм ³
ХСК (Хімічне споживання кисню)	Не повинно перевищувати:	
	15 мг О ₂ /дм ³	30 мг О ₂ /дм ³
Збудники захворювань	Вода не повинна містити збудників захворювань.	
Лактозопозитивні кишкові палички (ЛКП)	Не більше 10000/дм ^{3*}	Не більше 5000/дм ³
Коліфаги (у бляшко-утворюючих одиницях)	Не більше 100/дм ^{3*}	Не більше 100/дм ³
Життєздатні яйця гельмінтів (аскарид, волосоголовців, токсокар, фасціол), онкосфери теніїд та життєздатні цисти патогенних кишкових найпростіших	Не повинні міститися в 1 дм ³	
Хімічні речовини	Не повинні міститися в концентраціях, що перевищують ГДК або ОДР.	

Примітка. «*» не поширюються на джерела нецентралізованого питного водопостачання.



Навчально-методичне видання

Наталія Миколаївна Максимова

ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА

методичні вказівки до виконання практичних робіт

Самостійне електронне мережеве видання

Публікується в авторській редакції