

**ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»**

**ЕКОЛОГІЧНА ТОКСИКОЛОГІЯ В УРБОІНДУСТРІАЛЬНОМУ
КОМПЛЕКСІ:**

**методичні рекомендації
до виконання практичних завдань**

Запоріжжя 2026



УДК 504.054:614.7:711(072)
Е45

Рекомендовано Науково-методичною радою
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
(протокол №4 від 30.01.2026 р.)

Укладач

Накемпій О.К., старший викладач

Е45 Екологічна токсикологія в урбоіндустріальному комплексі : методичні рекомендації до виконання практичних завдань / уклад. О. К. Накемпій. Запоріжжя : ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2026. 32 с.

Методичні рекомендації до виконання практичних завдань з дисципліни «Екологічна токсикологія в урбоіндустріальному комплексі» включають інформацію щодо змісту та вихідних даних; містить перелік основної та додаткової літератури, критерії оцінювання практичного завдання, вимоги до його оформлення, включаючи зразок титульної сторінки.

УДК 504.054:614.7:711(072)

© ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2026



ЗМІСТ

Вступ	4
1. Методичні рекомендації щодо виконання практичних завдань здобувачами вищої освіти	5
Практичне завдання 1. Екотоксиканти урбанізованих територій: класифікація та характеристика основних груп	5
Практичне завдання 2. Визначення кумулятивних властивостей токсичних речовин	9
Практичне завдання 3. Сильнодіючі отруйні речовини і осередки зараження	12
Практичне завдання 4. Оцінка добового надходження важких металів до організму населення в умовах урбоіндустріального середовища	15
Практичне завдання 5. Оцінка токсикологічного ризику для довкілля та здоров'я населення в умовах урбоіндустріального комплексу	20
Практичне завдання 6. Природоохоронні та санітарно-гігієнічні заходи мінімізації токсичного впливу в умовах урбоіндустріального комплексу	22
2. Вимоги до оформлення практичного завдання	25
3. Подання на перевірку практичного завдання та критерії оцінювання	28
4. Перелік рекомендованих джерел	29
Додаток А. Приклад оформлення титульного листа	31



Вступ

Сучасний етап розвитку суспільства характеризується інтенсивним зростанням промислового виробництва, урбанізацією територій та постійним збільшенням антропогенного навантаження на довкілля. У результаті цього в урбоіндустріальних комплексах формується складна екологічна обстановка, що супроводжується забрудненням атмосферного повітря, поверхневих і підземних вод, ґрунтів, а також накопиченням токсичних речовин у трофічних ланцюгах. Особливу небезпеку становлять хімічні забруднювачі, зокрема важкі метали, сильнодіючі отруйні речовини, пестициди та інші токсиканти, здатні спричиняти гострі та хронічні отруєння, мутагенні, тератогенні та канцерогенні ефекти.

Екологічна токсикологія як міждисциплінарна наукова галузь вивчає закономірності міграції, трансформації та біологічної дії токсичних речовин у навколишньому середовищі, а також механізми їх впливу на живі організми та екосистеми в цілому. В умовах урбоіндустріального комплексу особливого значення набуває оцінка сумарного добового надходження токсикантів до організму людини різними шляхами – інгаляційним, аліментарним та через шкірні покриви, що дозволяє комплексно визначити рівень екологічного ризику для населення.

Методичні рекомендації до виконання практичних завдань з дисципліни «Екологічна токсикологія в урбоіндустріальному комплексі» спрямовані на формування у здобувачів вищої освіти системних знань про джерела, шляхи міграції та токсичні властивості хімічних забруднювачів, а також на розвиток практичних навичок кількісної оцінки екологічних ризиків, аналізу рівнів забруднення компонентів довкілля та прогнозування їх можливого впливу на здоров'я населення.

У процесі виконання практичних робіт здобувачі освіти опановують методи гігієнічної оцінки якості атмосферного повітря, води, ґрунтів і харчових продуктів, навчаються розраховувати сумарне добове надходження токсичних речовин, порівнювати отримані значення з нормативними показниками та робити обґрунтовані висновки щодо ступеня екологічної небезпеки. Це сприяє формуванню екологічного мислення, відповідального ставлення до проблем охорони довкілля та забезпечення екологічної безпеки в умовах урбанізованих і промислово розвинених територій.



1 МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАВДАНЬ ЗДОБУВАЧАМИ ВИЩОЇ ОСВІТИ

ПРАКТИЧНА РОБОТА 1 ЕКОТОКСИКАНТИ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ: КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНИХ ГРУП

МЕТА ЗАВДАННЯ: ознайомити здобувачів із класифікацією та токсикологічними характеристиками ксенобіотиків урбанізованого середовища, а також сформувати навички оцінювання токсичності та екологічного ризику найбільш поширених забруднювальних речовин..

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Ключовою характеристикою хімічних речовин у контексті екологічної токсикології є рівень їх екотоксичної небезпеки, що визначається здатністю за певних умов спричиняти негативний вплив на біологічні системи при надходженні в навколишнє середовище.

Токсикометрія (грец. *toxicon* – отрута + *metreo* – виміряю) – це сукупність методів і прийомів досліджень для кількісної оцінки токсичності й небезпеки шкідливих речовин.

Токсикант – це окремий чи комплексний чинник з притаманними лише йому фізичними, хімічними, фізико-хімічними та медико-біологічними властивостями, який здатний викликати патологічні зміни при попаданні в окремий організм (аж до розвитку незворотних уражень органів та систем) та порушення функціонування екологічних систем в цілому.

З теоретичної точки зору не існує хімічних речовин, повністю позбавлених токсичних властивостей, оскільки за певних умов завжди можна визначити біологічний об'єкт, що реагує на їхню дію ушкодженням, функціональними порушеннями або летальними наслідками при відповідних дозах.

Екологічна токсикологія є науковою дисципліною, що комплексно досліджує шляхи надходження, поширення та трансформації токсичних речовин у навколишньому середовищі, закономірності їх впливу на живі організми та екосистеми, а також характер біологічних змін, що виникають на різних рівнях організації живої матерії.

Об'єктом дослідження екологічної токсикології є екотоксиканти — хімічні речовини, які реалізують свій негативний вплив на довкілля через взаємодію з представниками різних таксономічних груп живих організмів.

Суперекотоксиканти — це хімічні сполуки з високою токсичністю, які навіть у малих концентраціях характеризуються значною стійкістю в навколишньому середовищі та здатністю до накопичення, що зумовлює їх мутагенну, тератогенну й канцерогенну дію на живі організми.



В екологічній токсикології широко застосовується поняття *ксенобіотик* (від грец. *xenos* — чужий), під яким розуміють хімічні речовини, не властиві біосфері, що не синтезуються природним шляхом і не асимілюються живими організмами. Унаслідок цього такі сполуки не залучаються до природних біогеохімічних циклів і здатні накопичуватися в компонентах довкілля. До ксенобіотиків належать пластмаси, засоби побутової хімії, промислові забруднювачі, лікарські препарати, пестициди та інші антропогенні сполуки.

Сукупність чужорідних речовин, присутніх у воді, ґрунті, повітрі та живих організмах у фізико-хімічному стані, що забезпечує їх активну взаємодію з біологічними об'єктами, формує ксенобіотичний профіль біогеоценозу. Саме цей профіль визначає характер і масштаби токсикологічного навантаження на екосистему.

Екотоксиканти можуть чинити як пряму, так і непряму дію на живі організми. Пряма (токсична) дія полягає у безпосередньому ураженні організмів окремих або кількох популяцій під впливом одного чи комплексу екотоксикантів, характерних для певного середовища. Непряма дія реалізується через зміну біотичних або абіотичних компонентів екосистеми, внаслідок чого умови існування та доступність ресурсів стають несприятливими для життєдіяльності популяцій.


У більшості випадків токсичні речовини проявляють одночасно як пряму, так і опосередковану дію, тому їх відносять до токсикантів змішаного типу. У процесі інтоксикації організму розрізняють кілька послідовних періодів: контакт з токсичною речовиною, латентний (прихований) період, фазу загострення та період відновлення.

За тривалістю взаємодії токсичної речовини з організмом розрізняють гострі та хронічні інтоксикації. Гостра інтоксикація виникає внаслідок одноразового або короткочасного повторного впливу речовини, зазвичай протягом обмеженого проміжку часу (переважно до однієї доби). Вона характеризується надходженням токсиканта у відносно великих дозах, що може бути пов'язано з аварійними ситуаціями, помилковим прийомом або раптовим впливом, і супроводжується вираженими клінічними проявами після короткого латентного періоду.

Хронічні інтоксикації формуються поступово в результаті тривалої дії токсичних речовин, які надходять до організму у малих дозах через певні інтервали часу або нерегулярно, що зумовлює розвиток повільних, часто малопомітних патологічних змін.

На даний час відомо тисячі хімічних речовин, які можна класифікувати за наступними принципами:

1. *Походження*: (а) токсиканти природного походження: *біологічні* (бактеріальні токсини, рослинні отрути, отрути тваринного походження); *неорганічні* сполуки (метали у складі руд та мінералів; оксиди сірки, галогени, сірководень при вулканічній активності, монооксид і діоксид вуглецю, оксиди сірки і азоту, сажа – при лісових пожежах); *органічні*



сполуки *небіологічного* походження (пірен, бенз(а)пірен та ін., джерелами яких є поклади вугілля, нафти, вулканічна діяльність); (б) синтетичні токсиканти (пестициди, діоксини).

2. *Спосіб використання людиною*: інгредієнти хімічного синтезу та спеціальних видів виробництв; пестициди; ліки і косметика; харчові добавки; палива і мастила; розчинники, барвники, клеї; побічні продукти хімічного синтезу, домішки і відходи.

3. *Умови впливу*: забруднювачі навколишнього середовища (повітря, води, ґрунту, харчових продуктів); професійні (виробничі) токсиканти; побутові токсиканти; шкідливі звички й уподобання (тютюн, алкоголь, наркотичні засоби); уражаючі фактори (аварійного та катастрофічного походження, бойові отруйні речовини).

4. *Агрегатний стан*: рідкі, газоподібні, тверді.

5. *Хімічний склад*: оксиди, кислоти, луги, солі, важкі метали, органічні речовини (альдегіди, спирти, нітрозосполуки).

6. *Дисперсний стан*: молекулярно-іонні, колоїдні, грубодисперсні (суспензії, емульсії, аерозолі).

7. *Рівень токсичності* (згідно з європейською класифікацією): практично не токсичні, злегка токсичні (етанол), мало токсичні (хлорид натрію), сильно токсичні (фенобарбітал), надзвичайно токсичні (пікротоксин), супертоксичні (діоксин).

8. *Прояв дії*: фізіологічні, психо-фізіологічні, цитогенетичні, мутагенні, тератогенні, канцерогенні та ін.

9. *Характер впливу*: психотропної дії (наркотики: кокаїн, опій), бойові отруйні речовини (зарин, зоман); нервово-паралітичної дії (карбофос, зарин); шкірно-резорбтивної дії (дихлоретан, ртуть, миш'як); загально-токсичної дії (ціаністий водень, алкоголь і його сурогати); задушливої дії (оксиди азоту, фосген); сльозоточивої та дратівної дії (хлорпікрин, бойові отруйні речовини, пари сильних кислот і лугів).

10. *Ознаки «вибіркової токсичності»*: серцеві токсиканти – викликають порушення серцевого ритму і ураження серцевого м'яза (серцеві глікозиди, солі барію, калію); нервові токсиканти – викликають психічні порушення, паралічі, кому (наркотики, фосфорорганічні сполуки, алкоголь); печінкові отрути – викликають ураження печінки (отруйні гриби, феноли); ниркові отрути – викликають ураження нирок (сполуки важких металів, щавлева кислота); кров'яні отрути – викликають руйнування еритроцитів, змінюють властивість гемоглобіну зв'язуватися з киснем крові (нітрити, миш'яковистий водень); шлунково-кишкові отрути – вражають різні відділи шлунково-кишкового тракту (сполуки важких металів, сильні кислоти і луги); легеневі отрути – вражають легені, викликають їх набряк (оксиди азоту).

ЗАВДАННЯ



Надати характеристику хімічних речовин відповідно до індивідуального варіанту (табл. 1.1) за такими показниками:

1. найменування речовини;
2. хімічна формула;
3. основні фізико-хімічні властивості;
4. основні джерела надходження у навколишнє середовище;
5. сфери використання у господарській діяльності (промисловість, побут, сільське господарство);
6. можливі шляхи проникнення в організм людини;
7. механізми токсичної дії на тварин і людину (цільові органи та системи, вплив на біологічні процеси, наявність специфічних ефектів — мутагенних, канцерогенних, тератогенних тощо);
8. характерні прояви гострої інтоксикації;
9. ознаки хронічного токсичного впливу;
10. нормативні показники в об'єктах довкілля (ГДК, ОБРВ);
11. клас небезпеки речовини;
12. основні заходи безпеки при роботі з речовиною.

Таблиця 1.1

Вихідні дані

Варіант	Речовини	
1	Метиловий спирт	Діоксид сірки
2	Радон	Ртуть
3	Чадний газ	Ацетилен
4	Бенз(а)пірен	Хром
5	Ацетон	Миш'як
6	ДДТ пестицид	Свинець
7	Метан	Барій
8	Сірководень	Бензол
9	Алюміній	Фосген
10	Діоксин	Фтор

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Що розуміють під поняттям «ксенобіотик» та якими ознаками він відрізняється від природних хімічних сполук у довкіллі?
2. Які основні критерії класифікації екотоксикантів застосовуються в екологічній токсикології?
3. Які шляхи надходження екотоксикантів в організм людини є найбільш типовими для урбанізованих територій і чим вони зумовлені?
4. У чому полягає відмінність між гострою та хронічною інтоксикацією?
5. Яку роль відіграють нормативи (ГДК, ОБРВ) та клас небезпеки речовини при оцінюванні ризиків для довкілля і здоров'я населення?



ПРАКТИЧНА РОБОТА 2

ВИЗНАЧЕННЯ КУМУЛЯТИВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТОКСИЧНИХ РЕЧОВИН

МЕТА РОБОТИ: оцінити кумулятивні властивості хімічної речовини за величиною коефіцієнта кумуляції та охарактеризувати її токсичні властивості за індексом кумуляції.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Одним із ключових чинників розвитку хронічного отруєння є процес кумуляції, що полягає у накопиченні, біоаккумуляції або депонуванні токсичної речовини або викликаних нею змін в організмі. Кумуляція може виникати при міцному зв'язуванні шкідливої речовини в певних органах або тканинах. Наприклад:

- радіоактивний стронцій накопичується в кістках,
- йод — у щитовидній залозі,
- важкі метали — у нирках,
- деякі хлорорганічні інсектициди — у жировій тканині.

Вивчення кумулятивної дії особливо актуальне для охорони навколишнього середовища, оскільки навіть малі кількості речовин можуть впливати на організм протягом тривалого часу або передаватися через трофічні ланцюги. В промисловій токсикології ступінь кумуляції враховується при визначенні гранично допустимих концентрацій (ГДК): чим більші кумулятивні властивості речовини, тим нижча концентрація, що попереджає хронічне отруєння.

Кількісна оцінка кумулятивних властивостей здійснюється за наступними показниками:

1. Коефіцієнт кумуляції (Кк) — відношення сумарної дози речовини, що викликає певний ефект (частіше летальний) у 50% піддослідних тварин при багаторазовому введенні, до дози, що викликає той самий ефект при одноразовому введенні:

$$K_k = \frac{\sum DL_{50}}{DL_{50}} \quad (2.1)$$

Величина ефекту може змінюватись залежно від частоти повторних введень і величини повторної дози.

Ступінь кумуляції (Ск) — величина, зворотна інтенсивності кумуляції; чим менше Ск, тим сильніше кумуляція:

$$C_k = \frac{1}{K_k} \cdot 100\% \frac{\sum DL_{50}}{DL_{50}} \quad (2.2)$$



Ступінь кумулятивних властивостей характеризує реальну небезпеку хронічної інтоксикації, тому коефіцієнт кумуляції необхідно враховувати при гігієнічній регламентації шкідливих речовин у повітрі робочої зони.

Для порівняльної оцінки здатності отрут до кумуляції за величиною K_k та C_k запропонована відповідна класифікація (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Класифікація токсикантів за здатністю до кумуляції

Класифікація кумулятивної дії	Границі K_k	Границі C_k , %
Зверхкумуляція	<1	>100
Виражена кумуляція	1 – 3	100 – 46
Середня кумуляція	3 – 5	45 – 20
Слабка кумуляція	>5	<20

Таким чином, чим більше числове значення K_k наближається до одиниці, тим більш вираженою є кумулятивна дія речовини. При $K_k > 5$ кумуляція практично не проявляється.

Про кумулятивні властивості можна також судити лише за результатами гострого дослідження, використовуючи індекс кумуляції I_k .

2. Індекс кумуляції (I_k) дозволяє оцінити кумулятивні властивості навіть за результатами гострого дослідження:

$$I_k = 1 - \frac{DL_{50(1)}}{DL_{50(14)}}, \frac{\sum DL_{50}}{DL_{50}} \quad (2.3)$$

де $DL_{50(1)}$ – доза, розрахована за результатами загибелі тварин в перший день дослідження; $DL_{50(14)}$ – те ж протягом 14 днів.

Якщо $DL_{50(1)}$ і $DL_{50(14)}$ збігаються, усі тварини гинуть в перший день, і $I_k = 0$ — кумуляція не проявляється. Чим пізніше настає загибель, тим ближче I_k до 1, що свідчить про високу кумулятивну активність речовини. Наприклад, фосфорорганічні пестициди викликають загибель протягом першої години — вони мають низьку кумулятивність, тоді як хлорорганічні пестициди викликають загибель протягом двох-трьох діб і пізніше, тому вони є високо кумулятивними.

Приклад визначення кумулятивних властивостей хімічних речовин.

Визначте кумулятивні властивості промислової отрути, якщо 50% тварин загинули за таких умов: при одноразовому введенні 48 мг/кг протягом першої доби, при трьохкратному введенні дози, що становить 1/10 DL_{50} , а також при надходженні отрути протягом 12 днів у кількості 17 мг/кг.

Розв'язання.

1. Розраховуємо сумарну дозу при повторних введеннях хімічної речовини:

$$\sum DL_{50} = 3 \cdot \frac{1}{10} DL_{50} = 3 \cdot \frac{48}{10} = 14,4 \text{ кг}$$

2. Знаходимо коефіцієнт кумуляції K_k та ступінь кумуляції C_k :

$$K_k = \frac{\sum DL_{50}}{DL_{50}} = \frac{14,4}{48} = 0,3$$

$$C_k = \frac{1}{0,3} \cdot 100\% = 333\%$$

3. Знаходимо індекс кумуляції I_k :

$$I_k = 1 - \frac{17}{48} = 0,65$$

Висновок: дана промислова отрута відноситься до високо кумулятивних речовин (табл. 2.1), від яких загибель тварин розтягнута в часі.

ЗАВДАННЯ

1. Розрахувати коефіцієнт кумуляції, ступінь кумуляції та індекс кумуляції для хімічної речовини за вашим варіантом.

2. Оцінити кумулятивні властивості речовини за величиною K_k (таблиця класифікації).

3. Охарактеризувати токсичність речовини за величиною I_k .

Таблиця 2.2

Вихідні дані

Варіант	Одноразова доза, мг/кг	Кратність введення отрути/доза введення, мг/кг	Тривалість надходження отрути, діб	Кількість отрути, мг/кг
1	34	3 / 1/8	10	14
2	53	4 / 1/5	12	15
3	42	6 / 1/14	8	12
4	57	4 / 1/6	7	15
5	78	4 / 1/9	9	20
6	61	5 / 1/7	11	16
7	69	3 / 1/6	8	7
8	81	5 / 1/10	9	11
9	49	3 / 1/8	10	14
10	44	2 / 1/5	7	13



КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Дайте визначення кумуляції хімічних речовин.
2. У чому полягають особливості функціональної кумуляції?
3. Опишіть закономірності накопичення токсикантів у трофічних ланцюгах.
4. Які показники застосовуються для кількісної оцінки кумулятивних властивостей шкідливих речовин?
5. Як класифікують токсиканти за їх здатністю до кумуляції?

ПРАКТИЧНА РОБОТА 3 СИЛЬНОДІЮЧІ ОТРУЙНІ РЕЧОВИНИ І ОСЕРЕДКИ ЗАРАЖЕННЯ

МЕТА РОБОТИ: ознайомитися з класифікацією та властивостями сильнодіючих отруйних речовин (СДОР) та оцінити токсичність хімічної речовини за величиною показника токсичності.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

У народному господарстві України застосовується десятки тисяч хімічних сполук, і щороку їхня кількість збільшується на 200–1000 нових речовин.

Сильнодіючі отруйні речовини (СДОР) — токсичні хімічні сполуки, що використовуються у виробництві або побуті, і випадковий вилів або викид яких у довкілля може призвести до небезпечного зараження, що загрожує здоров'ю або життю людей.

СДОР виробляють, зберігають та використовують на:

- хімічних, нафтохімічних та нафтопереробних підприємствах;
- підприємствах харчової та м'ясопереробної промисловості з холодильними установками (аміак як холодоагент);
- водопровідних та очисних спорудах (хлор);
- залізничних станціях та магістралях;
- складах і базах отрутохімікатів або дезінфікуючих речовин.

Об'єкти народного господарства, на яких можливі масові ураження людей, тварин і рослин через СДОР, називають *хімічно небезпечними об'єктами (ХНО)*.

При аваріях на ХНО СДОР проявляють такі властивості:

- об'ємність дії, коли заражається не тільки територія аварії, а й приземний шар повітря;
- проникність через непошкоджену шкіру, що потребує роботи медичного персоналу у захисному обладнанні;



- тривалість дії, здатність викликати ураження протягом днів або місяців.

У мирний час викид СДОР у довкілля може статися через виробничі аварії, стихійні лиха або пожежі. При цьому утворюються зони хімічного зараження, площа яких може сягати декількох квадратних кілометрів. Адміністративно-територіальна одиниця, де більше 10% населення може опинитися у зоні потенційного зараження СДОР, вважається хімічно небезпечною адміністративно-територіальною одиницею.

Масовими ураженнями називають ситуацію, коли у зону можливого хімічного зараження потрапляє:

- на підприємстві — виробнича ділянка або цех;
- у місті — квартал;
- у заміській зоні — селище чи сільський населений пункт.

За ступенем токсичності та шляхами надходження в організм (інгаляційний і пероральний) хімічні речовини поділяють на шість груп:

1. Речовини задушливої дії (хлор, фосген, хлорид сірки, хлорпікрин).
2. Речовини загальноотруйної дії (ціанистий водень, чадний газ).
3. Речовини задушливої та загальноотруйної дії (нітратна кислота, сірчаний ангідрид, фтористий водень, амін).
4. Нейротропні отрути (тетраетилсвинець, сірководень).
5. Речовини задушливої та нейротропної дії (аміак, гептил).
6. Метаболічні отрути, що порушують обмін речовин у клітинах (дихлоретан, оксид етилену).

До найнебезпечніших належать:

- сполуки металів (органічні та неорганічні похідні миш'яку, ртуті, кадмію, свинцю, талію, цинку тощо);
- карбоніли металів (тетракарбоніл нікелю, пентакарбоніл заліза);
- ціаністі сполуки (синильна кислота, нітроти, органічні ізоціанати);
- фосфорні сполуки (фосфорорганічні сполуки, хлорид фосфору, фосфін, фосфіди);
- фторорганічні сполуки;
- хлоргідрони та галогени;
- інші речовини (етиленоксид, метил бромід, фосген).

Сильно токсичні речовини включають:

- мінеральні та органічні кислоти (сірчана, азотна, фосфорна, оцтова);
- луги (аміак, натронне вапно, їдкий калій);
- сірковмісні сполуки;
- хлор- і бромзаміщені похідні вуглеводнів;
- спирти, альдегіди кислот;
- органічні та неорганічні нітро- та аміносполуки;
- феноли, крезолі та гетероциклічні сполуки.

Помірно токсичні, мало токсичні та практично нетоксичні речовини зазвичай не становлять хімічної небезпеки.



Особливо небезпечними є пестициди, більшість з яких дуже токсичні для людини. Основні шляхи надходження токсинів в організм — через дихальні шляхи, шкіру, кров та продукти харчування.

СДОР з температурою кипіння близько $+20^{\circ}\text{C}$ швидко випаровуються і розповсюджуються за напрямком вітру, що може створювати небезпеку на значних відстанях від місця викиду. Найбільшу загрозу становлять СДОР у рідкому стані.

Осередок зараження — територія, що зазнала впливу СДОР і де виникає небезпека ураження людей. Основні характеристики зони зараження:

- глибина розповсюдження у повітрі, яка залежить від концентрації речовини та швидкості вітру;
- вплив вертикальної стійкості атмосфери (інверсія, ізотермія, конвекція);
- час дії хмари зараженого повітря та умови місцевості;
- температура поверхні та повітря, що впливає на випаровування та концентрацію СДОР.

Інверсія створює умови для збереження високих концентрацій, *ізотермія* забезпечує середні умови поширення, а *конвекція* сприяє розсіюванню зараженої хмари.

Зона зараження поділяється на:

- зону смертельних концентрацій, де можливі масові ураження;
- зону уразливих концентрацій, при яких люди тимчасово втрачають працездатність.

Розміри осередку залежать від кількості отруйної речовини, токсичності, швидкості вітру, вертикальної стійкості атмосфери та рельєфу місцевості. У містах СДОР зберігають стійкість довше, ніж на відкритій місцевості, а будівлі, підвали та комунікаційні мережі можуть створювати відносно високі концентрації парів, змінюючи токсичну дію речовини.

Осередки ураження класифікують за тривалістю дії та швидкістю прояву токсичної дії:

1. нестійкі швидкодіючі речовини (синильна кислота, акрилонітрил, чадний газ).
2. нестійкі сповільненої дії (фосген, хлорпікрин, азотна кислота).
3. стійкі швидкодіючі речовини (анілін, фурфурол, деякі ФОС).
4. стійкі сповільненої дії (сірчана кислота, тетраетилсвинець).

Швидкість знезараження місцевості визначається випаровуванням, проникненням у ґрунт та хімічним розкладом СДОР. Випаровування прискорюється підвищенням температури і швидкості вітру, опади сприяють проникненню речовини в ґрунт і прискорюють її розклад.

Визначення показника *токсичності* хімічних речовин здійснюється за формулою (3.1):



$$T = \frac{C \cdot O_d \cdot t}{g} \quad (3.1)$$

де, T – токсичність; C – концентрація токсиканта в повітрі, мг/м³; O_d – об'єм дихання, л; t – термін (експозиція) дії, хв.; g – маса тіла тварини, г.

ЗАВДАННЯ

1. Необхідно розрахувати показник токсичності згідно варіанту в табл. 3.1

2. Дати відповідь на питання: Який зв'язок між показником токсичності та LD_{50} ?

Таблиця 3.1

Вихідні дані

Варіант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C , мг/м ³	1,0	5,0	15,0	25,0	40,0	65,0	85,0	100,0	115,0	150,0
O_d , л	0,5	1,0	1,3	1,55	1,75	2,1	2,5	2,8	3,0	3,2
t , хв..	45	75	180	200	120	100	150	40	60	95
g , г	115	180	210	320	340	470	600	630	650	700

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Що таке СДОР?
2. Класифікація СДОР.
3. Характеристика СДОР.
4. Види осередків ураження СДОР.
5. Класифікація промислових протигазів.

ПРАКТИЧНА РОБОТА 4

ОЦІНКА ДОБОВОГО НАДХОДЖЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ДО ОРГАНІЗМУ НАСЕЛЕННЯ В УМОВАХ УРБОІНДУСТРІАЛЬНОГО СЕРЕДОВИЩА

МЕТА РОБОТИ: визначити рівні вмісту важких металів (свинцю, кадмію, міді та цинку) у воді, повітрі, місцевих харчових продуктах та сировині в окремих промислових містах України та провести порівняння середніх і максимальних значень сумарного добового надходження (СДН) цих металів з допустимими добовими нормами.

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

В умовах промислових міст люди зазнають впливу численних важких металів, що надходять до організму через повітря, воду та харчові продукти. Хронічне надходження навіть малих кількостей металів може викликати токсичні ефекти, тому важлива гігієнічна оцінка сумарного добового надходження (СДН).

Мета оцінки:

- Визначити кількість важких металів, що надходить в організм за добу;
- Порівняти фактичне надходження з гранично допустимими добовими дозами (ГДД);
- Встановити ризик для здоров'я населення та розробити заходи профілактики.

Джерела надходження важких металів представлені в таблиці 4.1

Таблиця 4.1

Джерела надходження важких металів

Джерело	Приклади
Промислові підприємства	Металургія, хімічна промисловість, нафтохімія
Транспорт	Викиди автомобілів, свинцевмісні бензини
Побутові та навколишні об'єкти	Сміттєзвалища, забруднений ґрунт, старі будівельні матеріали
Харчові продукти та вода	Водопровідна вода, фрукти, овочі, м'ясо, риба

Проблема надходження важких металів до середовища існування людини, особливо в умовах промислових регіонів, безпосередньо пов'язана з науково-технічним прогресом, що супроводжується постійним використанням природних ресурсів у технологічних процесах.

Процеси видобутку, збагачення та переробки корисних копалин, виплавка чавуну та сталі, діяльність коксохімічних, машинобудівних, гальванічних і хімічних підприємств, а також численні види транспорту спричиняють викиди шкідливих металів у повітря, водойми та ґрунт, що призводить до зростання концентрацій важких металів у навколишньому середовищі.

Надходження важких металів до організму людини відбувається комплексно: через воду, повітря, харчові продукти, що формує сумарну добову дозу (СДН). На сучасному етапі розвитку гігієни визначення СДН є ключовим для удосконалення єдиної системи гігієнічного нормування та оцінки ризику токсичного впливу металів на здоров'я населення. В цьому контексті проблема визначення СДН важких металів, що пов'язана із



впливом на організм людини в промислово забруднених територіях, є надзвичайно актуальною.

Відомо, що шкідливі речовини, які потрапляють у легені — орган із великою площею поверхні (до 100 м²) — швидко всмоктуються в кров, минаючи печінку як орган детоксикації. До пріоритетних забруднювачів належать свинець та кадмій, тоді як мідь і цинк є необхідними мікроелементами для нормальної життєдіяльності людини.

Особливу загрозу забруднення біосфери свинцем і кадмієм пояснюють їхня стійкість, розчинність у атмосферних опадах, здатність до сорбції ґрунтом, рослинами та донними відкладеннями. Ці властивості призводять до поступового накопичення металів у середовищі проживання людини, створюючи реальну небезпеку для здоров'я.

Важкі метали потрапляють в організм через дихальні шляхи у вигляді пилу та пари, а також через травний тракт із забрудненою їжею або через контакт із руками. Свинець і кадмій належать до токсичних мікроелементів з високою біологічною активністю та здатністю до накопичення в організмі. Встановлені основні токсичні ефекти цих металів: прояви гострої та хронічної свинцевої інтоксикації (анемія, порушення порфіринового обміну), негативний вплив на нервову, серцево-судинну системи, шлунково-кишковий тракт та нирки. Кадмій має мутагенні та канцерогенні властивості, здатний індукувати розвиток раку легень і нирок.

Сполуки *свинцю*, нерозчинні у воді, добре розчиняються у кислому шлунковому соку та крові, а особливо токсичні його сполуки з сіркою. Вміст свинцю в організмі тварин і людини коливається залежно від різних факторів. Наприклад, середній вміст свинцю в крові дорослих може становити від 10–15 мкг/100 мл до 40 мкг/100 мл. У дітей віком 4–6 років концентрація свинцю вища, що пояснюється інтенсивнішими обмінними процесами, підвищеною вентиляцією легенів та забрудненням рук. Свинець розподіляється в організмі за принципом зменшення: ребра > печінка > нирки > артерії > легені > серце > м'язи. Куріння значно підвищує його концентрацію у крові — при споживанні 20 сигарет на день в організм надходить 1–5 мкг свинцю.

Мідь є необхідною для регуляції кисневого забезпечення клітин, утворення гемоглобіну та «дозрівання» еритроцитів, сприяє ефективнішому використанню білків та вуглеводів і підвищенню активності інсуліну. Для дорослої здорової людини добова потреба міді складає 2–3 мг. Недостатнє надходження призводить до розвитку дефіцитних станів.

Цинк входить до складу ферментів, що забезпечують окислювально-відновні процеси та тканинне дихання. Тривала нестача цинку в харчуванні знижує функцію статевих залоз і гіпофіза, може спричинити репродуктивні порушення та вроджені вади розвитку у дітей. Дорослій людині необхідно щодня отримувати 10–15 мг цинку. Як нестача, так і



надлишок цих мікроелементів можуть призводити до порушень життєдіяльності організму. Найважливіший шлях надходження цинку – з продуктами харчування. Цинк може надходити до організму з питною водою, особливо при використанні водопровідних труб і резервуарів з цинковим покриттям та підвищеному вмісті цинку у природних водах промислових регіонів. В умовах урбоіндустріального комплексу цинк потрапляє в організм інгаляційним шляхом.

Гранично допустимі добові дози (ГДД) для деяких важких металів наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Гранично допустимі добові дози (ГДД) для деяких важких металів

Метал	ГДД, мг/добу	Джерела надходження
Свинець (Pb)	0,06	Повітря, вода, харчові продукти
Кадмій (Cd)	0,005	Вода, овочі, риба
Миш'як (As)	0,01	Вода, риба, овочі
Ртуть (Hg)	0,001	Вода, риба, повітря
Нікель (Ni)	0,02	Повітря, харчові продукти

Методика оцінки сумарного добового надходження (СДН)

Сумарне добове надходження важких металів (СДН) розраховується за формулою 4.1:

$$СДН = C_{\text{повітря}} \times V_{\text{повітря}} + C_{\text{вода}} \times V_{\text{вода}} + C_{\text{харч}} \times M_{\text{харч}} \quad (4.1)$$

де:

$C_{\text{повітря}}$, $C_{\text{вода}}$, $C_{\text{харч}}$ — концентрації металу у повітрі, воді та харчових продуктах (мг/м³, мг/л, мг/кг);

$V_{\text{повітря}}$, $V_{\text{вода}}$ — добові об'єми повітря, що вдихається (м³/добу) та спожитої води (л/добу);

$M_{\text{харч}}$ — маса спожитої їжі (кг/добу).

Приклад розрахунку сумарного добового надходження (СДН)

Вхідні дані

Людина споживає за добу:

– 20 м³ повітря, забрудненого свинцем, концентрація свинцю в повітрі $C_{\text{повітря}} = 0,001$ мг/м³

– 2 л води з концентрацією свинцю у воді $C_{\text{вода}} = 0,01$ мг/л

– 1 кг харчових продуктів з концентрацією свинцю $C_{\text{харч}} = 0,02$ мг/кг

Розрахунок

$$\text{СДН}_{Pb} = 0,001 \times 20 + 0,01 \times 2 + 0,02 \times 1 = 0,02 + 0,02 + 0,02 \\ = 0,06 \text{ мг/добу}$$

Висновок. СДН свинцю дорівнює 0,06 мг/добу, що дорівнює ГДД. Ризик токсичного впливу за таких умов мінімальний, але перевищення концентрацій у повітрі чи харчових продуктах збільшить ризик хронічного отруєння.

ЗАВДАННЯ

1. Розрахувати сумарне добове надходження важких металів для промислового міста України (за бажанням). Можна використовувати дані табл.4.3, табл. 4.4, табл. 4.5. при виборі міста Дніпро, Кам'янське або Кривий Ріг. Також можна обрати інше місто України.

2. Порівняти отримані значення з гранично допустимими добовими дозами.

Таблиця 4.3

Сумарне добове надходження металів з продуктами харчування водою та повітрям для м. Дніпро

Шлях надходження		Метали, мг/добу			
		свинець	кадмій	мідь	цинк
Продукти харчування	середнє	0,267	0,0214	2,5	13,24
	максим.	0,63	0,243	9,14	44,1
Питна вода	середнє	0	0,002	0,057	0,008
	максим.	0,0005	0,007	0,091	0,012
Атмосферне повітря	середнє	0,0006	0,0006	0,006	0,0042
	максим.	0,0012	0,0036	0,0183	0,017
		ГДКс.д.		Добова потреба	
		0,43	0,07	2-5	13-25

Таблиця 4.4

Сумарне добове надходження металів з продуктами харчування водою та повітрям для м. Кам'янське

Шлях надходження		Метали, мг/добу			
		свинець	кадмій	мідь	цинк
Продукти харчування	середнє	0,097	0,0329	2,983	10,026
	максим.	0,48	0,0652	8,46	36,8
Питна вода	середнє	0,0004	0	0,0035	0,0001
	максим.	0,0005	0,0004	0,0057	0,0004
Атмосферне повітря	середнє	0,0012	0,0008	0,0319	0,0051
	максим.	0,0033	0,001	0,111	0,0156
		ГДКс.д.		Добова потреба	
		0,43	0,07	2-5	13-25

Сумарне добове надходження металів з продуктами харчування водою та повітрям для м. Кривий Ріг

Шлях надходження		Метали, мг/добу			
		свинець	кадмій	мідь	цинк
Продукти харчування	середнє	0,13	0,0202	1,74	7,11
	максим.	1,225	0,244	23,1	22,4
Питна вода	середнє	0,0019	0	0,0465	0,0086
	максим.	0,0023	0,0004	0,0681	0,0112
Атмосферне повітря	середнє	0,0006	0,0002	0,0008	0,0016
	максим.	0,0023	0,0003	0,0039	0,0047
		ГДКс.д.		Добова потреба	
		0,43	0,07	2-5	13-25

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Які основні шляхи надходження важких металів до організму людини в умовах промислових міст?
2. Чим обумовлена актуальність визначення сумарного добового надходження (СДН) важких металів для гігієни та охорони здоров'я?
3. Які особливості розподілу свинцю в організмі людини та чим пояснюється підвищена його концентрація у дітей?
4. Які токсичні ефекти свинцю та кадмію відомі для різних систем організму?
5. Яка роль міді та цинку в організмі людини і яка добова потреба цих мікроелементів?
6. Які фактори визначають накопичення важких металів у середовищі існування людини?
7. Як впливають надлишок та дефіцит важких металів на функціонування організму та здоров'я населення?

ПРАКТИЧНА РОБОТА 5

ОЦІНКА ТОКСИКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ ДЛЯ ДОВКІЛЛЯ ТА ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ В УМОВАХ УРБОІНДУСТРІАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ

МЕТА РОБОТИ: ознайомитися з теоретичними основами токсикологічного ризику та методами його оцінювання; сформулювати практичні навички аналізу впливу токсичних речовин на компоненти довкілля та різні групи населення; навчитися застосовувати результати оцінки ризику для прийняття управлінських рішень у сфері екологічної безпеки.



ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Токсикологічний ризик – це ймовірність виникнення несприятливих змін у стані здоров'я людини або деградації компонентів довкілля внаслідок впливу токсичних хімічних речовин протягом певного часу та за визначених умов експозиції. В умовах урбоіндустріального комплексу токсикологічний ризик формується під дією численних джерел забруднення, зокрема промислових підприємств, транспортних потоків, об'єктів енергетики та систем поводження з відходами.

Оцінка токсикологічного ризику є важливою складовою екологічної безпеки, оскільки дозволяє не лише встановити факт наявності забруднення, але й визначити ступінь його небезпеки для здоров'я населення та екосистем.

Токсикологічний ризик включає такі основні складові:

- небезпечність – здатність хімічної речовини спричиняти шкідливі ефекти;
- експозицію – величину, тривалість і шляхи надходження токсиканта в організм;
- дозо-ефектні залежності – зв'язок між величиною дози та вираженістю токсичної дії;
- вразливість населення – індивідуальні та групові особливості сприйнятливості до токсичних впливів.

Оцінка токсикологічного ризику здійснюється поетапно та включає:

1. Ідентифікацію небезпеки – визначення токсичних речовин, джерел їх утворення та характеру негативного впливу на організм людини і довкілля.
2. Оцінку експозиції – аналіз шляхів надходження токсикантів (інгаляційного, перорального, дермального), тривалості та інтенсивності впливу.
3. Оцінку залежності «доза – ефект» – встановлення порогових і безпорогових рівнів токсичної дії.
4. Характеристику ризику – інтеграцію результатів попередніх етапів з метою визначення рівня ризику для здоров'я населення та екосистем.

Кількісні та якісні методи оцінювання токсичного впливу.

До якісних методів належать експертні оцінки, порівняння з гігієнічними нормативами, класифікація речовин за класами небезпеки. Кількісні методи передбачають розрахунок індексів небезпеки, коефіцієнтів ризику, сумарного добового надходження токсикантів, а також використання математичних моделей прогнозування впливу.

Особливу увагу при оцінці ризику приділяють вразливим групам населення: дітям, вагітним жінкам, людям похилого віку та особам з



хронічними захворюваннями. Вразливість цих груп зумовлена фізіологічними особливостями, підвищеною швидкістю обміну речовин, недосконалістю детоксикаційних механізмів або зниженими адаптаційними можливостями організму.

Результати токсикологічної оцінки ризику використовуються для:

- розроблення природоохоронних і санітарно-гігієнічних заходів;
- встановлення гігієнічних нормативів і допустимих концентрацій;
- планування заходів з охорони здоров'я населення;
- прийняття управлінських рішень у сфері екологічної політики.

ЗАВДАННЯ

1. Дати визначення токсикологічного ризику та охарактеризувати його складові.
2. Проаналізувати джерела токсичного забруднення в умовах урбоіндустріального комплексу.
3. Провести якісну оцінку токсикологічного ризику для обраної території.
4. Визначити можливі групи підвищеного ризику серед населення.
5. Запропонувати заходи з управління токсикологічним ризиком.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Що таке токсикологічний ризик і з яких складових він формується?
2. Які етапи включає оцінка токсикологічного ризику?
3. У чому полягає різниця між кількісними та якісними методами оцінювання ризику?
4. Які групи населення є найбільш вразливими до токсичного впливу?
5. Як використовуються результати оцінки ризику в управлінні екологічною безпекою?

ПРАКТИЧНА РОБОТА 6

ПРИРОДООХОРОННІ ТА САНІТАРНО-ГІГІЄНІЧНІ ЗАХОДИ МІНІМІЗАЦІЇ ТОКСИЧНОГО ВПЛИВУ В УМОВАХ УРБОІНДУСТРІАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ

МЕТА РОБОТИ: ознайомитися з принципами зниження токсичного навантаження на довкілля та здоров'я населення в умовах урбоіндустріального комплексу; сформувані практичні навички аналізу технологічних, санітарно-гігієнічних та організаційних заходів мінімізації токсичних викидів; навчитися оцінювати роль моніторингу, контролю та екологічної культури фахівця у забезпеченні екологічної безпеки.



ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

В умовах урбоіндустріального комплексу джерелами токсичного навантаження є промислові підприємства, транспорт, енергетичні об'єкти, системи водопостачання та водовідведення, а також накопичення промислових і побутових відходів. Токсичні речовини, потрапляючи в атмосферне повітря, водні об'єкти та ґрунт, здатні мігрувати між компонентами довкілля, накопичуватися у трофічних ланцюгах і спричиняти негативний вплив на здоров'я населення.

Мінімізація токсичного впливу базується на принципах пріоритетності профілактичних заходів, комплексного підходу до управління ризиками, використання найкращих доступних технологій та дотримання гігієнічних нормативів. Важливе значення мають технологічні заходи, спрямовані на зменшення утворення та викидів токсикантів, а також санітарно-гігієнічні й організаційні методи захисту населення.

До технологічних заходів належать удосконалення виробничих процесів, заміна токсичних речовин менш небезпечними, впровадження замкнених циклів водокористування, очищення газових і рідких викидів, утилізація та знешкодження відходів. Санітарно-гігієнічні заходи включають встановлення санітарно-захисних зон, гігієнічне нормування, використання засобів індивідуального та колективного захисту, медико-профілактичні огляди населення і працівників.

Ефективність заходів мінімізації токсичного впливу значною мірою залежить від системи екологічного моніторингу та контролю, яка забезпечує своєчасне виявлення перевищень нормативів, прогнозування екологічних ризиків і прийняття управлінських рішень. Важливою складовою є також формування екологічної культури та професійної відповідальності фахівців, що працюють у сфері екологічної безпеки та охорони довкілля.

ЗАВДАННЯ

1. Проаналізувати основні джерела токсичного забруднення довкілля в умовах урбоіндустріального комплексу (промисловість, транспорт, енергетика).

2. Визначити та охарактеризувати технологічні заходи зниження токсичних викидів для одного з видів промислових підприємств.

3. Оцінити санітарно-гігієнічні та організаційні методи захисту населення від токсичного впливу в промислових містах.

4. Проаналізувати роль екологічного моніторингу та контролю у запобіганні негативному впливу токсикантів на здоров'я населення.

5. Обґрунтувати значення екологічної культури та відповідальності фахівця у системі мінімізації токсичного навантаження.



КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Які принципи лежать в основі мінімізації токсичного навантаження на довкілля?
2. Які технологічні заходи є найбільш ефективними для зниження токсичних викидів?
3. У чому полягає роль санітарно-гігієнічних заходів у захисті населення?
4. Як здійснюється екологічний моніторинг токсичного забруднення?
5. Яке значення має екологічна культура та професійна відповідальність фахівця?



2 ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ ПРАКТИЧНОГО ЗАВДАННЯ

Мовою практичного завдання здобувачів вищої освіти є державна мова.

Текст кожного практичного завдання здобувача розміщується на сторінці книжкової орієнтації, яка обмежується полями: лівим – 30 мм, правим – 10 мм, верхнім – 20 мм, нижнім – 20 мм. Для великих таблиць і рисунків допускається альбомна орієнтація сторінок, на яких вони розміщені. Текст роботи друкується шрифтом Arial, кеглем 14 з полуторним міжрядковим інтервалом. При оформленні роботи не використовується підкреслений шрифт.

Робота починається з титульного аркуша (додаток А).

Нумерація сторінок має бути наскрізною, починаючи з титульного аркуша і до останньої сторінки, арабськими цифрами у нижньому правому кутку сторінки без крапки в кінці. Титульний аркуш вважається першою сторінкою і номер на ньому не проставляється. Якщо у роботі є додатки, їх необхідно також пронумерувати.

Абзацний відступ має бути однаковим впродовж усього тексту і дорівнювати п'яти знакам. Відстань між заголовком і подальшим чи попереднім текстом має бути не менше, ніж два інтервали. Всі таблиці слід нумерувати. Праворуч перед тематичним заголовком з великої літери пишуть слово «Таблиця» та її порядковий номер. Знак «№» перед цифрою не ставиться. Номер таблиці складається з номера розділу і порядкового номера таблиці в цьому розділі. Наприклад: Таблиця 3.1 (перша таблиця третього розділу). Слово «Таблиця» та її номер виконують курсивом. Нижче з великої літери симетрично до тексту пишеться назва таблиці. Назву друкують маленькими літерами (крім першої – великої) напівжирним шрифтом. Крапка в кінці назви не ставиться (рис. 2.1).

Таблиця _____
(номер)

Назва таблиці

Шапка					Заголовки граф Підзаголовки граф
Рядки					

Боковик (заголовки рядків) Графи (колонки)

Джерело: _____

Рисунок 2.1 – Оформлення таблиці



Вертикальні колонки нумерують лише у тих випадках, коли у тексті на них є посилання або таблицю частково переносять. Колонку «№ з/п» у таблицю не вміщують. Якщо всі показники таблиці мають однакові одиниці виміру, їх виносять в заголовок таблиці, якщо різні – вказують у боковику. Позначення одиниць виміру мають відповідати вимогам стандартів. Числові величини у таблиці повинні мати однакову кількість десяткових знаків. Заголовки граф пишуть з великої літери, підзаголовки – з малої, якщо вони складають одне речення із заголовком, і з великої, якщо вони є самостійними.

У тексті передувати таблиці має посилання на неї. Кожна таблиця, як правило, розміщується на одній сторінці. Перенесення її на наступну сторінку за необхідності допускається, якщо в ній вміщуються взаємопов'язані характеристики об'єкта дослідження. У цьому випадку назву вміщують тільки над її першою частиною. Під час перенесення таблиці у правому верхньому куті сторінки пишуть: «Продовження таблиці...». Якщо цифрові або інші дані в якому-небудь рядку таблиці не подають, то в ньому ставлять прочерк. Кожна таблиця повинна мати посилання на джерело, на базі якого вона складена. Джерела, на базі яких складані таблиці в роботі, також наводять у списку використаних джерел.

Рисунки (схеми, діаграми, графіки, фотографії тощо) обов'язково повинні супроводжуватись коментарями. На всі рисунки мають бути посилання: «...як це видно з рис. 3.2», «...як це показано на рис. 2.4», або у вигляді виразу у круглих дужках: (рис. 1.2). Рисунки розміщують безпосередньо після тексту, де вони згадуються вперше, або на наступній сторінці. Усі рисунки нумеруються послідовно в межах розділу арабськими цифрами. Номер рисунка повинен складатися з номера розділу і порядкового номера рисунка, відокремлених крапкою, як показано нижче на рис. 2.2.

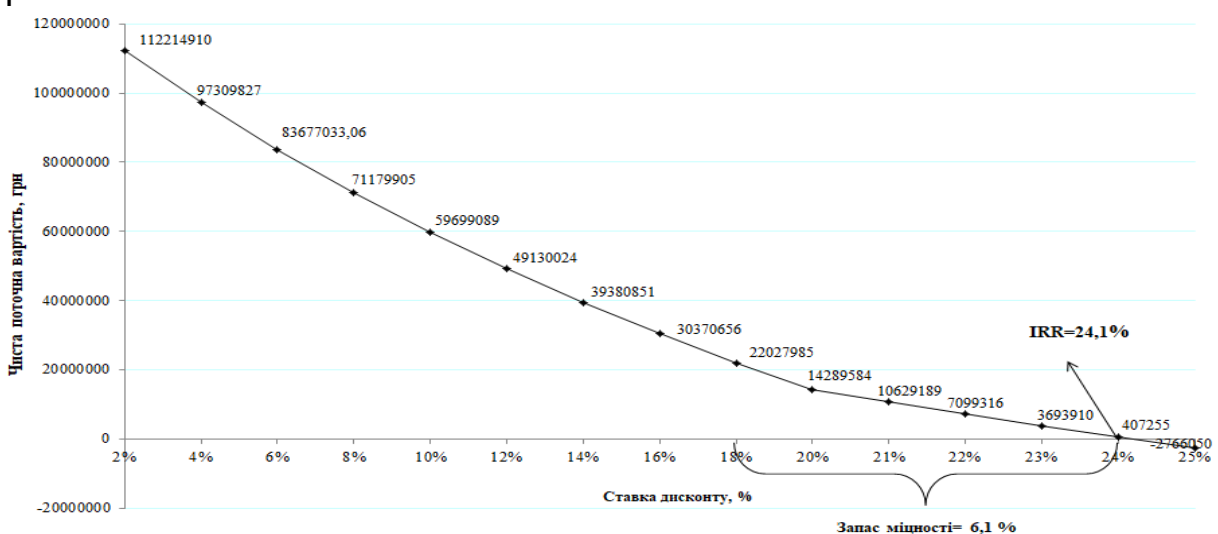


Рисунок 2.2 – Графічне знаходження внутрішньої норми прибутковості екологічного проекту



Формули розташовують безпосередньо після тексту, в якому вони згадуються, посередині сторінки. Вище і нижче кожної формули повинно бути залишено не менше одного вільного рядка. Формули, на які є посилання в тексті, нумеруються в межах розділу арабськими цифрами. Номер формули складається з номера розділу та порядкового номера формули, відокремлених крапкою, наприклад: формула (2.1) – перша формула другого розділу. Номер формули зазначають на рівні формули в круглих дужках у крайньому правому положенні на рядку. У разі посилання в тексті на формулу необхідно вказати її повний номер в дужках. Після формули пишуть слово «де» і розшифровують позначення словами в такій послідовності, в якій вони подані у формулі. Після слова «де» двокрапка не ставиться. Пояснення значення кожного символу чи числового коефіцієнта слід подавати з нового рядка:

$$R = \frac{F - B}{N - B} * 100\% \quad (2.1)$$

де R – частковий показник результативності члена команди екопроєкту; F – фактичний результат роботи члена команди екопроєкту, балів; B – база (вихідна точка, від якої відраховується результат – найгірше значення), балів; N - норма (рівень, який в обов'язковому порядку повинен бути досягнутий з урахуванням всіх обставин), балів.



3 ПОДАННЯ НА ПЕРЕВІРКУ ПРАКТИЧНОГО ЗАВДАННЯ ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

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 виконання. Якщо студент виконав роботу з помилками, то за згодою з викладачем може допрацювати та підвищити оцінки, але не пізніше залікового тижня. Ті практичні роботи, які завершуються тестуванням – оцінки виставляється автоматично.

Максимальна оцінка за практичне завдання 5 балів:

- студент демонструє глибоке розуміння матеріалу та вміння застосовувати теорію на практиці, завдання виконане повністю, всі вимоги дотримані, робота не містить помилок або незначні помилки, які не впливають на загальний результат, робота виконана відповідно до вимог, структурована, логічна, з дотриманням норм оформлення, містить необхідні графіки, таблиці, пояснення, розрахунки тощо (4 балів);

- студент показує здатність до самостійного мислення, аналізує проблеми та пропонує нестандартні рішення, використовує сучасні методи та інструменти, які демонструють повне засвоєння матеріалу, здатності комунікувати у команді (1 бали);

- використання штучного інтелекту (ШІ) не забороняється, оскільки пропозиції відомих застосунків ШІ суттєво залежать від обміркованої постановки питання і уточнюючих питань; однак в разі, якщо відповідь, отримана з використанням ШІ, не є комплексною або не відповідає за стилем і викладеними позиціями іншим частинам есе або завдання, містить очевидно неправдиву інформацію, то оцінка за цим критерієм знижується.

4 ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Корінець Ю.Я., Панас Н.Є. Екотоксикологія : навч. посіб. 2-ге вид., доп. і перероб. Херсон : ОЛДІ ПЛЮС, 2019. 396 с.
2. Кукін П.П. Основи токсикології : навч. посіб. Інфра-М.: Вища освіта: Бакалаврат, 2018. 280 с.
3. Іваненко О., Носачова Ю. Екологічна безпека інженерної діяльності. Київ : Видавничий дім «Кондор», 2020. 212 с
4. Трахтенберг І. М. Книга про отрути та отруєння : нариси токсикології : монографія І. М.Трахтенберг. Тернопіль : ТНМУ «Укрмедкнига», 2021. 421 с.
5. Robson M. G., Toscano W. A., Meng Q., Kaden D. A. Risk Assessment for Environmental Health. 2nd ed. CRC Press, 2022. 400 p. URL: <https://read.kortext.com/inventory/search/2118537>.
6. Василенко І. А., Півоваров О. А., Трус І. М., Іванченко А. В. Урбоекологія. Дніпро : Акцент ПП, 2017. 309 с.
7. Пузік В. К., Волощенко В. В., Криштоп Є. А., Рожков А. О., Волощенко М. В. Екологічна токсикологія: навчальний посібник. Харків: ХНАУ ім. В. В. Докучаєва, 2016. 349 с.
8. Курс «Екологічна токсикологія в урбоіндустріальному комплексі» : навчально-методичний комплекс дисципліни. Електронна система дистанційного навчання MOODLE ТОВ «ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА».
9. Екологічна токсикологія та екотоксикологічний контроль : навчальний посібник: Л. І. Григор'єва, Ю. А. Томілін. Миколаїв : Вид-во ЧДУ імені Петра Могили. Миколаїв, 2015. 240 с .
10. Екологічна токсикологія : навчально-методичний посібник: Мирослава Петровська. Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2014. 116 с.
11. Climate Change Risk Assessment Guidelines. CTCN. 2019. Vol. 4. Kurunegala. 57 p.
12. Трус І.М., Радовенчик Я.В., Гомеля М.Д. Екологічні аспекти керування якістю навколишнього середовища : Підручник. Київ : Політехніка, 2019. 210 с.
13. Клімкіна І. І., Ґрунтова В. Ю. Основи екологічної токсикології. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт. Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». Дніпро, 2020.
14. Музиченко О. М. Екологічна токсикологія: конспект лекцій. Луцьк: Вежа Друк, 2023. 70 с.
15. Про схвалення Концепції реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 7 грудня 2016 р. № 932-р. Дата оновлення: 30.05.2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/878-2017-%D1%80#Text> (дата звернення: 20.08.2025).



Web-ресурси

1. Toxicology for Industrial Hygienists & Safety Professionals. Платформа UdeMy. URL: <https://ua.udemy.com/course/toxicology/learn/lecture/20019844#overview>
2. Open Textbook Library: Environmental Toxicology. URL: <https://open.umn.edu/opentextbooks/textbooks/940> (дата звернення: 20.08.2025).
3. Агенція з охорони довкілля США (EPA) : веб-сайт. URL: <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/volatile-organic-compounds-impact-indoor-air-quality> (дата звернення: 20.08.2025).
4. Екологія. Право. Людина : веб-сайт. URL: <https://epl.org.ua/announces/pivrichchya-reorganizatsiyi-napivkrokv-ta-napivzahodiv/> (дата звернення: 20.08.2025)..
5. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України : веб-сайт. URL: <https://mepr.gov.ua/> (дата звернення: 20.08.2025).
6. ECOBUSINESS. Екологія підприємства» : журнал : веб-сайт. URL: <https://ecolog-ua.com> (дата звернення: 20.08.2025).
7. Програма ООН з навколишнього середовища UNEP : веб-сайт. URL: <https://www.unenvironment.org/> (дата звернення: 20.08.2025).
8. Advances in Environmental Technology (AET) : веб-сайт. URL: <https://aet.irost.ir/> (дата звернення: 20.08.2025).
9. Міністерство освіти і науки України : веб-сайт. URL: <https://mon.gov.ua/> (дата звернення: 20.08.2025).
10. Національна бібліотека України ім. Вернадського : веб-сайт. URL: www.nbuv.gov.ua (дата звернення: 20.08.2025).
11. Національна бібліотека України імені Ярослава Мудрого : веб-сайт. URL: <https://nlu.org.ua/> (дата звернення: 20.08.2025).
12. Kortext : веб-сайт. URL: <https://kortext.com/> (дата звернення: 20.08.2025).
13. Research4life : веб-сайт. URL: <https://portal.research4life.org/> (дата звернення: 20.08.2025).
14. Інституційний репозитарій ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА» : веб-сайт. URL: <https://dspace.mipolytech.education/home> (дата звернення: 20.08.2025).
15. Центральна державна науково-технічна бібліотека гірничо-металургійного комплексу України : веб-сайт. URL: <http://cgntb.dp.ua/> (дата звернення: 20.08.2025).



ПРИКЛАД ОФОРМЛЕННЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА

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

ПРАКТИЧНЕ ЗАДАННЯ №
за освітньою компонентою:

**«Екологічна токсикологія в урбоіндустріальному
комплексі»**

за освітньо-професійною програмою першого
(бакалаврського) рівня

Виконав(ла): здобувач(ка) вищої освіти
першого (бакалаврського) рівня
групи _____

(Прізвище, ім'я, по батькові)

Перевірив: _____

(Прізвище, ім'я, по батькові)

Запоріжжя 2026



Навчально-методичне видання

Олена Костянтинівна Накемпій

**ЕКОЛОГІЧНА ТОКСИКОЛОГІЯ В УРБОІНДУСТРІАЛЬНОМУ
КОМПЛЕКСІ:**

**методичні рекомендації
до виконання практичних завдань**

Самостійне електронне мережеве видання

Публікується в авторській редакції