

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**



О. О. Борисовська

**ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ ТА РЕЦИКЛІНГ.  
МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ**

для студентів спеціальностей 101 «Екологія» та  
183 «Технології захисту навколишнього середовища»

Дніпро  
НТУ «ДП»  
2019

Технології утилізації відходів та рециклінг. Методичні рекомендації до виконання курсової роботи для студентів спеціальностей 101 «Екологія» та 183 «Технології захисту навколишнього середовища» [Текст] / О.О. Борисовська; НТУ «Дніпровська політехніка». — Дніпро: НТУ «ДП», 2019. — 44 с.

Автор:

О.О. Борисовська, канд. техн. наук, доц.

Затверджено методичними комісіями з спеціальностей 101 «Екологія» (протокол № 2 від 13.02.2019) та 183 «Технології захисту навколишнього середовища» (протокол №2 від 13.02.2019) за поданням кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища (протокол №6 від 13.02.2019).

Подано методичні рекомендації до виконання курсової роботи з дисципліни «Технології утилізації та рециклінг відходів» для студентів спеціальностей 101 «Екологія» та 183 «Технології захисту навколишнього середовища».

Відповідальний за випуск, завідувач кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища д-р. техн. наук, проф. А.В. Павличенко.

## 1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

В національному контексті, зважаючи на структуру промислового комплексу і домінування в ньому ресурсоемних багатовідхідних технологій, управління відходами виходить за рамки технологічних питань, оскільки становить комплексну проблему, що охоплює всі ключові аспекти сталого розвитку – екологічні, економічні і соціальні. Враховуючи глобальний для суспільства характер проблеми, наша країна повинна сформувати ефективну систему поводження з промисловими та побутовими відходами.

Відходи відзначаються різноманітним складом і є комплексними сумішами речовин, що містять значні кількості антропогенних забруднень хімічного та біологічного походження, які становить потенційну небезпеку для навколишнього середовища та здоров'я населення.

Дисципліна «Технології утилізації відходів та рециклінг» є важливою складовою фахової підготовки студентів. Вона передбачає опанування студентами навичок попередження утворення відходів, обґрунтування технологій поводження з відходами, з урахуванням ієрархії методів поводження, для збереження екологічної рівноваги, забезпечення якісного стану об'єктів довкілля, умов проживання та безпеку людей; визначення шляхів використання відходів промисловості в якості вторинних ресурсів в різних галузях економіки тощо.

Головна мета курсу полягає в формуванні у студентів навичок з розробки методів і технологій поводження з відходами та їх рециклінгу, наданні майбутнім фахівцям інженерно-технічних знань і практичних вмінь для пошуку та впровадження сучасної техніки і обладнання для екологічнобезпечного поводження з відходами.

Методичні рекомендації призначені для закріплення теоретичних знань, набутих студентами в лекційному курсі «Технології утилізації відходів та рециклінг», а також для формування практичних навичок щодо поводження з різними відходами. Методичні рекомендації містять опис структури курсової роботи, що складається з двох практичних розрахункових завдань, тексти яких викладено за типовою структурною схемою – тема, мета роботи, подання теоретичних положень за темою та завдання на розрахункову роботу.

**Мета курсової роботи** – опанувати методичні засади визначення потенційної небезпеки відходів для здоров'я людини та довкілля і визначити напрями їх подальшої переробки та рециклінгу.

***В результаті виконання курсової роботи студенти повинні набути практичні навички з:***

- ❖ розрахунку класу небезпеки відходів для здоров'я людини;
- ❖ визначення гігієнічних вимог щодо поводження з промисловими відходами згідно з класом їх небезпеки для здоров'я людини;
- ❖ проведення аналізу компонентного складу відходів;
- ❖ розрахунку відносного параметру небезпеки компонента відходів для навколишнього природного середовища;
- ❖ розрахунку класу небезпеки промислових відходів для довкілля.

## 2. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Курсова робота виконується під час вивчення курсу «Технології утилізації відходів та рециклінг», спрямованого на формування у майбутніх фахівців професійних компетентностей для вирішення завдань, пов'язаних із процесами захисту основних компонентів навколишнього природного середовища від негативного впливу побутових та промислових відходів.

**Мета курсової роботи** – систематизація і закріплення у майбутніх фахівців з екології і захисту навколишнього середовища професійних компетентностей (знань, умінь і навичок), отриманих на лекціях і практичних роботах з дисципліни, для дослідження, вибору, розрахунку, проектування та впровадження природоохоронних і ресурсозберігаючих технологій поводження з різними видами відходів.

Курсова робота розрахована на послідовне розв'язання двох завдань, пов'язаних з опануванням методичних засад визначення потенційної небезпеки відходів для здоров'я людини та довкілля.

**Завдання 1.** Проаналізувати виробничу діяльність промислового підприємства та визначити клас небезпеки його промислових відходів:

- ознайомитися з загальними положеннями ДСанПіН 2.2.7.029-99 «Гігієнічні вимоги до поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення»;
- визначити основні переваги та недоліки розрахункового методу визначення класу небезпеки промислових відходів;
- ознайомитися з прикладами розрахунку класу небезпеки промислових відходів за  $LD_{50}$  та за ГДК хімічних речовин у ґрунті;
- виконати самостійний розрахунок класу небезпеки промислових відходів для здоров'я населення згідно завдання на курсову роботу.

**Завдання 2.** Вивчити критерії віднесення відходів до класу небезпеки для навколишнього природного середовища:

- ознайомитися з загальними положеннями Критеріїв віднесення відходів до I-V класів небезпеки за ступенем негативного впливу **на навколишнє середовище** (Наказ Міністерства природних ресурсів та екології РФ №536 від 04.12.2014 р.);
- ознайомитися з методикою визначення класу небезпеки промислових відходів, що використовується в РФ;
- виявити переваги і недоліки вищевказаної методики в порівнянні з вітчизняним підходом;
- ознайомитися з прикладом розрахунку класу небезпеки промислових відходів для **навколишнього середовища**;
- виконати самостійний розрахунок класу небезпеки промислових відходів для **навколишнього середовища** згідно завдання на курсову роботу;
- запропонувати заходи щодо мінімізації (ліквідації) негативного впливу відходів певного промислового підприємства на компоненти навколишнього природного середовища та здоров'я людини.

### 3. СТРУКТУРА КУРСОВОЇ РОБОТИ

Курсова робота подається до захисту у вигляді пояснювальної записки, що складається з титульного аркуша, завдання, змісту, вступу, розділів, згідно з пунктами завдання, висновку та списку використаної літератури.

Текст пояснювальної записки набирається на комп'ютері в текстовому редакторі Word Office на листах формату А4 (210x297 мм), через один інтервал, шрифтом Times New Roman 14 кегля (поля зліва, справа, зверху та знизу – 20 мм). Абзацний відступ – 1 см. Обсяг пояснювальної записки має становити 25...30 сторінок.

Назви розділів наводяться заголовними буквами, жирно, вирівнювання по центру без переносів. Назви підрозділів – малими буквами, жирно, вирівнювання по центру без переносів. Між назвами розділів (підрозділів) та їх текстом – інтервал. Текст вирівнюється за шириною сторінки.

Курсова робота повинна включати такі складові:

*Вступна частина:*

- титульний аркуш, оформлений згідно з останніми вимогами стандартів закладів вищої освіти (ЗВО) (Додаток А);

- зміст;

- вступ;

*Основна частина (назви розділів відповідно до завдань):*

- аналіз виробничої діяльності промислового підприємства та визначення рівня небезпеки його відходів;

- розрахунок класу небезпеки промислових відходів для здоров'я;

- розрахунок класу небезпеки промислових відходів **для навколишнього середовища**;

- обґрунтування заходів щодо мінімізації (ліквідації) негативного впливу відходів певного промислового підприємства на компоненти навколишнього природного середовища та здоров'я людини.

*Висновки.*

*Перелік літературних джерел.*

*Додатки.*

Типовий зміст курсової роботи та рекомендований обсяг розділів, наведено в табл. 3.1.

### 4. ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Виконання курсової роботи студентами-бакалаврами передбачає проведення ними теоретичних (розрахунково-аналітичних) досліджень впливу промислових відходів на здоров'я населення та об'єкти навколишнього середовища, а також обґрунтування заходів щодо зменшення негативного впливу промислових відходів на компоненти довкілля.

Курсова робота виконується паралельно із засвоєнням курсу «Технології утилізації відходів та рециклінг». Для виконання курсової роботи студенти отримують варіант роботи відповідно до номеру групи та порядкового номеру студента в журналі кожної з груп (спочатку студенти першої, а потім другої

групи) або за вказівкою викладача.

Таблиця 3.1 – Зміст курсової роботи та рекомендований обсяг розділів пояснювальної записки

Назва розділів	Кількість сторінок
<b>Титульний аркуш</b> (додаток А)	1
<b>Зміст</b>	1
<b>Вступ</b> (актуальність теми, мета й завдання роботи)	1...2
<b>Теоретичний розділ.</b> Аналіз виробничої діяльності промислового підприємства та загальна характеристика його відходів та їх впливу на стан об'єктів довкілля	2...3
<b>Технологічний розділ.</b> Розрахунок класу небезпеки промислових відходів для здоров'я населення	3...8
<b>Розрахунково-аналітичний розділ.</b> Розрахунок класу небезпеки промислових відходів для навколишнього середовища	10...15
<b>Висновки.</b> Обґрунтування заходів щодо мінімізації (ліквідації) негативного впливу відходів певного промислового підприємства на компоненти навколишнього природного середовища та здоров'я людини	2...3
<b>Перелік літературних джерел</b>	1
<b>Додатки.</b> Проміжні розрахунки	1...2

Робота виконується з метою опрацювання викладеного теоретичного і практичного матеріалу з дисципліни.

Курсова робота, яку виконує студент, повинна бути надана викладачеві на перевірку в електронному вигляді. Друкується тільки титульний аркуш роботи (додаток А). Титульний аркуш із диском CD-R (RW) необхідно розмістити в прозорому файлі, який і подають викладачеві.

Роботу необхідно здати за два тижні до завершення теоретичного курсу. Викладач призначає дату та час захисту курсової роботи.

Для захисту курсової роботи студент повинен вільно володіти всім обсягом її матеріалу. Виконання цієї вимоги перевіряється постановкою контрольних питань в рамках всього обсягу роботи, зауваження по яких разом з певними попередніми зауваженнями по роботі викладач наводить у письмовому вигляді на зворотній стороні роздрукованого титульного аркушу, що слугує додатковою підставою для оцінювання курсової роботи.

## 5. ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ

Рекомендована предметна назва розділу: **«Визначення класу небезпеки промислових відходів».**

**Мета:** набуття студентами практичних навичок розрахунку класу небезпеки промислових відходів.

Поставлена мета досягається послідовним вирішення **таких завдань:**

- ознайомлення з загальними положеннями ДСанПіН 2.2.7.029-99

«Гігієнічні вимоги до поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення»;

- визначення основних переваг та недоліків розрахункового методу визначення класу небезпеки промислових відходів;

- ознайомлення з прикладами розрахунку класу небезпеки промислових відходів за  $LD_{50}$  та за ГДК хімічних речовин у ґрунті;

- самостійний розрахунок класу небезпеки промислових відходів для здоров'я населення згідно завдання на курсову роботу.

### **5.1. Характеристика промислових відходів та їх небезпеки**

До промислових відходів відносяться відходи сфер виробництва та споживання. Серед них найбільшу небезпеку для довкілля і здоров'я населення становлять неутилізовані токсичні промислові відходи.

Відходи сфер виробництва і сфери споживання в залежності від фізичних, хімічних і біологічних характеристик всієї маси відходу або окремих його інгредієнтів поділяються на чотири класи небезпеки:

I-й клас – речовини (відходи) *надзвичайно небезпечні*;

II-й клас – речовини (відходи) *високо небезпечні*;

III-й клас – речовини (відходи) *помірно небезпечні*;

IV-й клас – речовини (відходи) *мало небезпечні*.

Клас небезпеки визначається токсичністю промислових відходів. *Токсичними промисловими відходами* називаються такі відходи, які утворюються в процесі технологічного циклу в промисловості і мають у своєму складі фізіологічно активні речовини, які викликають токсичний ефект.

#### **Гігієнічні вимоги до поводження з промисловими відходами**

**Відходи I класу небезпеки** зберігають у герметичній тарі (сталеві бочки, контейнери). У міру наповнення, тару з відходами закривають герметично сталлюю кришкою, при необхідності заварюють електрогазозварюванням.

**Відходи II класу небезпеки** зберігають, згідно до агрегатного стану, у поліетиленових мішках, пакетах, діжках та інших видах тари, що запобігає розповсюдженню шкідливих речовин (інгредієнтів).

**Відходи III класу небезпеки** зберігають у тарі, що забезпечує локалізоване зберігання, дозволяє виконувати вантажно-розвантажувальні та транспортні роботи і виключає розповсюдження у навколишньому середовищі шкідливих речовин.

**Відходи IV класу** небезпеки можуть зберігатися відкрито на промисловому майданчику у вигляді конусоподібної купи. Ці відходи без негативних екологічних наслідків можуть бути об'єднані з побутовими відходами в місцях захоронення останніх або використані як ізолюючий матеріал, а також для різних планувальних робіт при освоєнні території.

У разі зберігання небезпечних відходів у *виробничому приміщенні* ті з них, що належать до **надзвичайно небезпечних (I клас)**, а також інші небезпечні відходи, якщо вони перебувають у рідкому й газоподібному стані, повинні знаходитися у герметичній тарі. Ці відходи, а також небезпечні відходи очисних споруд після їх очищення, потрібно видаляти з виробничих приміщень

**протягом доби.**

Тверді **високонебезпечні відходи (II клас)**, зокрема сипучі, які зберігають в контейнерах, пластикових або паперових пакетах, мішках тощо, потрібно видаляти **протягом 2-х діб**.

Відхилення від зазначених строків зберігання відходів у *виробничих приміщеннях* допускається за погодженням з місцевими підрозділами спеціально уповноваженого органу виконавчої влади у сфері поводження з відходами та Державною службою з питань безпеки харчових продуктів та захисту споживачів (колишня санітарно-епідеміологічна служба).

За відсутності можливості видалення **надзвичайно- та високо небезпечних відходів (I-II класів)** з території підприємства згідно із встановленим порядком може допускатися їх зберігання *на промислових майданчиках* (в межах території підприємств, установ, організацій) у *відокремлених приміщеннях*, зокрема складських, *під тимчасовим накриттям* (під навісом) з дотриманням зазначених вище вимог. Може бути дозволено зберігати такі відходи на території підприємства за окремим погодженням з місцевими підрозділами спеціально уповноваженого органу виконавчої влади у сфері поводження з відходами та Державною службою з питань безпеки харчових продуктів та захисту споживачів.

Кількість та строки зберігання **помірно- та малонебезпечних відходів (III-IV класів)** у *виробничому приміщенні* встановлюють з огляду на загальні вимоги безпеки (пожежо- та вибухонебезпечність, можливість виникнення аварійних ситуацій, хімічних реакцій тощо).

У разі зберігання відходів у виробничому приміщенні повинні бути забезпечені вимоги до повітря робочої зони згідно ДСТУ-НБА.3.2-1:2007.

Проміжне зберігання і накопичення небезпечних відходів усіх категорій (класів) *небезпеки на території підприємства* може допускатися у випадках:

- накопичення відходів до транспортної партії (для перевезення з метою видалення чи утилізації).
- очікування оброблення чи перероблення (з метою наступного транспортування);
- наступної утилізації відходів самим підприємством;
- тимчасової відсутності спеціально відведених місць чи об'єктів видалення.

Зберігання **помірно- та малонебезпечних відходів (III-IV класів)** на території промислових площадок у *відкритому вигляді* (навалом, насипом, у відкритій тарі тощо) дозволено у разі дотримання таких вимог:

• концентрація шкідливих речовин у повітрі на висоті до 2-х метрів від поверхні землі **не повинна перевищувати 30% гранично припустимої концентрації** згідно ДСТУ-НБА 3.2-1:2007 чи іншими відповідними стандартами (нормативами);

• концентрація шкідливих речовин у ґрунті санітарно-захисної зони, обумовлена міграцією токсичних інгредієнтів відходів, **не повинна перевищувати допустимих норм** згідно з ГОСТ 17.4.2.01, а в ґрунтових та



поверхневих водах – гранично допустимої концентрації згідно з чинними нормативними актами;

• територія промислової площадки повинна **бути розміщена з підвітряного боку**, мати покрив з непроникливого для токсичних речовин матеріалу та бути обладнана автономним водовідводом. Потрапляння поверхневого стоку з площадки в загальний водовідвід повинно бути вилучене за рахунок обвалування й інших заходів. Для зазначеного стоку необхідні спеціальні очисні споруди, що забезпечують уловлювання і знешкоджування токсичних речовин;

• зберігають відходи в умовах їх захисту **від впливу атмосферних осадів і вітру**.

## **5.2. Визначення класу небезпеки відходів для здоров'я населення**

На даний час єдиною офіційно затвердженою в Україні методикою визначення класу небезпеки відходів є державні санітарні правила і норми ДСанПіН 2.2.7.029-99 «Гігієнічні вимоги до поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для здоров'я населення».

Цей нормативний документ містить деякі норми, що не відповідають вимогам діючого законодавства України та принципам державної регуляторної політики, тому Рішенням Державної служби України з питань регуляторної політики та розвитку підприємництва прийнято № 33 від 15.07.2014 року Міністерству охорони здоров'я України було запропоновано визнати ДСанПіН 2.2.7.029-99 такими, що втратили чинність та усунути порушення принципів державної регуляторної політики у двомісячний строк з дня прийняття такого рішення. Проте і досі жодні зміни не були внесені у цей документ і жодних нових правил визначення класу небезпеки відходів Міністерством охорони здоров'я України розроблено не було і де-факто на практиці в нашій країні фахівці вимушені продовжувати користуватися цим нормативним недіючим документом, адже альтернативи немає.

Отже, розглянемо особливості цієї методики.

Клас небезпеки визначається *виробником відходів* або за його дорученням. Визначення класу небезпеки промислових відходів слід здійснювати:

- експериментальним шляхом на дослідних тваринах згідно з ГОСТ 12.1.007-76 в установах, акредитованих на цей вид діяльності;
- розрахунковим методом, коли установлений фізико-хімічний склад відходів, за  $LD_{50}$  або ГДК екзогенних хімічних речовин у ґрунті.

## **6. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ**

### **6.1. Визначення класу небезпеки промислових відходів розрахунковим методом**

Згідно ДСанПіН 2.2.7.029-99, для визначення небезпечних властивостей відходів використовуються наступні показники:

- середня смертельна доза хімічного інгредієнта, що викликає загибель 50% піддослідних тварин при введенні у шлунок;

- розчинність хімічного інгредієнта у воді;
- коефіцієнт летючості хімічного інгредієнта;
- клас небезпеки в повітрі робочої зони (при відсутності середньої смертельної дози);
- ГДК хімічної речовини в ґрунті.

Якщо для конкретного виду промислових відходів розроблено та впроваджено технологію утилізації, знешкодження або оброблення, які призводять до усунення чи значного зменшення негативного впливу відходів на біоценози об'єктів довкілля, насамперед ґрунту, слід визначити клас небезпеки відходів за  $LD_{50}$  згідно з формулами 6.1 і 6.2:

$$K_i = \frac{\lg(LD_{50})_i}{(S + 0,1F + C_g)_i}, \quad (6.1)$$

де  $K_i$  – індекс токсичності кожного хімічного інгредієнта, що входить до складу відходу, величину  $K_i$  округлюють до першого знаку після коми;

$\lg(LD_{50})$  – логарифм середньої смертельної дози хімічного інгредієнта при введенні в шлунок,  $\lg(LD_{50})$  знаходять за довідниками [1-4]);

$S$  – коефіцієнт, який відображає розчинність хімічного інгредієнта у воді (за допомогою довідника [5] знаходять розчинність хімічного інгредієнта у воді в грамах на 100 г води при температурі не вище 25°C, цю величину ділять на 100 і отримують безрозмірний коефіцієнт  $S$ , який в більшості випадків знаходиться в інтервалі від 0 до 1);

$F$  – коефіцієнт летючості хімічного інгредієнта (за допомогою довідників [6, 7] визначають тиск насиченої пари в мм рт. ст. інгредієнтів відходу при температурі 25°C, що мають температуру кипіння при 760 мм рт. ст. не вище 80°C; одержану величину ділять на 760 і отримують безрозмірну величину  $F$ , яка знаходиться в інтервалі від 0 до 1);

$C_g$  – кількість даного інгредієнта в загальній масі відходу, т/т;

$i$  – порядковий номер конкретного інгредієнта.

Після розрахунку  $K_i$  для інгредієнтів відходу, вибирають не більше 3, але не менше 2 ведучих, які мають найменші  $K_i$ ; при цьому  $K_1 < K_2 < K_3$ , крім того, повинна виконуватися умова  $2K_1 > K_3$ .

$$K_\Sigma = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n K_i, \quad n \leq 3, \quad (6.2)$$

де  $K_\Sigma$  – сумарний індекс небезпеки. Він обчислюється за допомогою двох або трьох вибраних індексів токсичності, після чого, за допомогою табл. 6.1 визначають клас небезпеки та ступінь токсичності відходу.

При відсутності  $LD_{50}$  для інгредієнтів відходу, але при наявності класу небезпеки цих інгредієнтів у повітрі робочої зони (ДСТУ-НБА 3.2-1:2007), необхідно у формулу (6.1) підставити умовні величини  $LD_{50}$ , що орієнтовно визначені за показниками класу небезпеки у повітрі робочої зони (табл. 6.2).

Таблиця 6.1 – Класифікація небезпеки відходів за  $LD_{50}$ 

Величина $K_{\Sigma}$ , отримана на основі $LD_{50}$	Клас небезпеки	Ступінь токсичності
Менше 1,3	I	Надзвичайно небезпечні
Від 1,3 до 3,3	II	Високо небезпечні
Від 3,4 до 10	III	Помірно небезпечні
Від 10 і більше	IV	Мало небезпечні

Таблиця 6.2 – Класи небезпеки у повітрі робочої зони і відповідні умовні величини  $LD_{50}$ 

Класи небезпеки у повітрі робочої зони	Еквівалент $LD_{50}$	$lg(LD_{50})$
I	15	1,176
II	150	2,176
III	5000	3,699
IV	>5000	3,788

Враховуючи те, що значна частина небезпечних промислових відходів не має впроваджених схем утилізації, знешкодження чи оброблення і видаляється методом захоронення або використовується у вигляді домішок чи прошарків на полігонах твердих промислових відходів, тобто може мати безпосередній контакт з об'єктами довкілля, тому для визначення класу небезпеки таких відходів слід застосовувати ГДК їх хімічних складників у ґрунті згідно з формулою:

$$K_i = \frac{ГДК_i}{(S + 0,1F + C_{\epsilon})_i} \quad (6.3)$$

де  $ГДК_i$  – гранично допустима концентрація токсичної хімічної речовини у ґрунті [9], що міститься у відході;

$K_i, S, C_{\epsilon}, F, i$  – ті ж самі показники, що в формулі 6.1.

Величину  $K_i$  округляють до **першого знаку** після коми.

Після розрахунку  $K_i$  для інгредієнтів відходу, вибирають не більше 3, але не менше 2 ведучих, які мають найменші  $K_i$ ; при цьому  $K_1 < K_2 < K_3$ , крім того, повинна виконуватися умова  $2K_1 \geq K_3$  чи  $K_3$ .

Потім розраховується сумарний індекс токсичності ( $K_{\Sigma}$ ) згідно з формулою 6.2, після чого, за допомогою табл. 6.3 визначають клас небезпеки та ступінь токсичності відходу.

Таблиця 6.3 – Класифікація небезпеки відходів за ГДК хімічних речовин у ґрунті

Величина $K_{\Sigma}$ , отримана на основі ГДК у ґрунті	Клас небезпеки	Ступінь токсичності
Менше 2	I	Надзвичайно небезпечні
Від 2 до 16	II	Високо небезпечні
Від 16,1 до 30	III	Помірно небезпечні
Від 30,1 і більше	IV	Мало небезпечні

Затвердження класу небезпеки промислових відходів для здоров'я населення проводить Міністерство охорони здоров'я України, за погодженням Міністерства екології та природних ресурсів України.

Основні недоліки даної методики:

- не для всіх речовин, які можуть бути виявлені у відходах, встановлені  $LD_{50}$ , класи небезпеки в повітрі робочої зони і ГДК в ґрунті;
- при розрахунку враховується небезпека не всіх інгредієнтів відходів, а тільки двох або трьох пріоритетних інгредієнтів;
- не враховується недолік інформації щодо первинних показників небезпеки компонентів відходів;
- не враховуються екологічні показники небезпеки компонентів відходів, такі, як канцерогенність, мутагенність і ін.;
- не завжди точно відомий склад відходів;
- деякі види промислових відходів можуть мати непостійний якісний склад, що змінюється у часі в залежності від різних умов;
- якісний і кількісний аналіз вимагає значних витрат коштів і часу.

*Формули*, що використовуються для визначення класу небезпеки відходів для здоров'я населення за даною методикою, також недосконалі:

- значення показників коефіцієнтів розчинності і летючості розрізняються на порядок; при додаванні абсолютно різнорідних величин  $S$ ,  $F$  і  $C$  їх сума може приймати істотне значення навіть при гранично малому вмісті речовини  $C_i$ , але значних величинах коефіцієнта розчинності  $S$  (наприклад, для фториду сурми, у якого  $S=4,45$ ; або хлориду цинку, у якого  $S=3,75$ );
- зміна індексу токсичності  $K_i$  має нелогічний характер: чим токсичність вище, тим індекс менше і навпаки;
- сам індекс токсичності інгредієнта  $K_i$  є неповноцінним: дана методика передбачає його облік тільки при підрахунку сумарного індексу небезпеки  $K_{\Sigma}$ , тобто сама величина  $K_i$  не є самодостатньою характеристикою компонента суміші і ніяк не пов'язана з його класом токсичності;
- не обґрунтований квадратичний характер залежності сумарного індексу небезпеки  $K_{\Sigma}$  від  $n$  і, внаслідок цього, дана залежність гіпертрофована в граничних ситуаціях, коли  $2K_1=K_3$ , значення  $K_{\Sigma}$  в залежності від вибору  $n=2$  або  $n=3$  може різнитися більш ніж в два рази.

Крім того, з точки зору екологічної безпеки, для визначення небезпечних властивостей відходів недостатньо використання таких показників, як середня смертельна доза хімічного інгредієнта  $LD_{50}$ , розчинність хімічного інгредієнта у воді  $S$ , коефіцієнт летючості хімічного інгредієнта  $F$ , його клас небезпеки в повітрі робочої зони і ГДК в ґрунті. Всі ці показники враховують вплив відходів або їх складових тільки на організм людини, не беручи до уваги їх небезпеку для інших живих організмів і навколишнього природного середовища.

## 6.2. Приклади розрахунку класу небезпеки промислових відходів

### 1. Приклад розрахунку класу небезпеки промислових відходів за $LD_{50}$ .

Золошлакові відходи підприємства складаються з наступних компонентів:  $SiO_2$  – 59,5%;  $Al_2O_3$  – 7,96%;  $Fe_2O_3$  – 2,78%;  $FeO$  – 0,92%;  $PbO$  – 0,06%;  $ZnO$  – 0,13%;  $NiO$  – 0,01%; втрати при прожарюванні – 28,64%. Розрахувати клас їх небезпеки за  $LD_{50}$ .

Переводимо процентний вміст компонентів відходів в частки одиниці і, користуючись табл. 6.1 та Додатком Б, знаходимо фізико-хімічні та токсикологічні властивості для кожного інгредієнта. Результати заносимо в табл. 6.4.

Таблиця 6.4 – Фізико-хімічні та токсикологічні властивості компонентів відходів

Компонент	Маса, $C_i$ %	Маса, $C_i$ т/т	Тиск насиченої пари, мм рт. ст.	Розчинність, г/100 г води	$LD_{50}$ , мг/кг	Клас небезпеки	Еквівалент $LD_{50}$	$F$	$S$
$SiO_2$	59,5	0,595	0	0	-	III	5000	0	0
$Al_2O_3$	7,96	0,0796	0	0	-	II	150	0	0
$Fe_2O_3$	2,78	0,0278	0	0	-	III	5000	0	0
$FeO$	0,92	0,0092	0	0	-	III	5000	0	0
$PbO$	0,06	0,0006	0	0,2756	217	-	-	0	0,002756
$ZnO$	0,13	0,0013	0	0,00016	-	II	150	0	0,0000016
$NiO$	0,01	0,0001	0	0	-	II	150	0	0

За формулою 6.1 для кожного компонента відходів визначаємо індекс токсичності:

$$K_1(SiO_2) = \frac{\lg(LD_{50})_1}{S_1 + 0,1F_1 + C_1^e} = \frac{\lg 5000}{0 + 0,1 \cdot 0 + 0,595} = 6,2;$$

$$K_2(Al_2O_3) = \frac{\lg 150}{0 + 0,1 \cdot 0 + 0,0796} = 27,3;$$

$$K_3(Fe_2O_3) = \frac{\lg 5000}{0 + 0,1 \cdot 0 + 0,0278} = 133,1;$$

$$K_4(FeO) = \frac{\lg 5000}{0 + 0,1 \cdot 0 + 0,0092} = 402,1;$$

$$K_5(PbO) = \frac{\lg 217}{0,002756 + 0,1 \cdot 0 + 0,0006} = 696,4;$$

$$K_6(ZnO) = \frac{\lg 150}{0,0000016 + 0,1 \cdot 0 + 0,0013} = 1671,8;$$

$$K_7(NiO) = \frac{\lg 150}{0 + 0,1 \cdot 0 + 0,0001} = 21760.$$

Розташовуємо коефіцієнти токсичності в порядку зростання значення:

$$K_1(SiO_2) = 6,2;$$

$$K_2(\text{Al}_2\text{O}_3) = 27,3;$$

$$K_3(\text{Fe}_2\text{O}_3) = 133,1;$$

$$K_4(\text{FeO}) = 402,1;$$

$$K_5(\text{PbO}) = 696,4;$$

$$K_6(\text{ZnO}) = 671,8;$$

$$K_7(\text{NiO}) = 21760.$$

Обираємо найменші значення індексів токсичності  $K_i$ , щоб виконувалася умова:  $K_1 < K_2 < K_3$ .

Такими величинами будуть:  $K_1=6,2$ ;  $K_2=27,3$  і  $K_3=133,1$ .

При цьому умова  $2K_1 \geq K_3$  не виконується ( $2 \cdot 27,3 = 54,6 < 133,1$ ). Отже, відкидаємо третій коефіцієнт і визначаємо сумарний індекс токсичності за першими двома коефіцієнтами згідно з формулою 6.2:

$$K_\Sigma = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n K_i = \frac{1}{2^2} (6,2 + 27,3) = 42,3.$$

Відповідно до оцінної шкали (табл. 6.2), відходи даного підприємства відносяться до IV-го класу небезпеки – **мало небезпечні**.

**Відходи IV класу** небезпеки можуть зберігатися відкрито на промисловому майданчику у вигляді конусоподібної купи. Ці відходи без негативних екологічних наслідків можуть бути об'єднані з побутовими відходами в місцях захоронення останніх або використані як ізолюючий матеріал, а також для різних планувальних робіт при освоєнні території.

Кількість та строки зберігання **помірно-** та **малонебезпечних відходів (III–IV класів)** у виробничому приміщенні встановлюють з огляду на загальні вимоги безпеки (пожежо- та вибухонебезпечність, можливість виникнення аварійних ситуацій, хімічних реакцій тощо).

2. Приклад розрахунку класу небезпеки за даними ГДК хімічних речовин у ґрунті.

Золошлакові відходи підприємства складаються з наступних компонентів:  $\text{SiO}_2$  – 59,5%;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 7,96%;  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 2,78%;  $\text{FeO}$  – 0,92%;  $\text{PbO}$  – 0,06%;  $\text{ZnO}$  – 0,13%;  $\text{NiO}$  – 0,01%; втрати при прожарюванні – 28,64%. Розрахувати клас їх небезпеки за ГДК у ґрунті.

Переводимо процентний вміст компонентів відходів у частки одиниці і, користуючись Додатками Б та В і табл. 6.5, знаходимо фізико-хімічні та токсикологічні властивості для кожного інгредієнта. Результати заносимо в табл. 6.6.

За формулою 6.3 для кожного компонента відходів визначаємо індекс токсичності:

$$K_1(\text{PbO}) = \frac{6}{0,002756 + 0,1 \cdot 0 + 0,0006} = 1787,8;$$

$$K_2(\text{ZnO}) = \frac{23}{0,0000016 + 0,1 \cdot 0 + 0,0013} = 17670,6;$$

$$K_3(\text{NiO}) = \frac{4}{0 + 0,1 \cdot 0 + 0,0001} = 40000.$$

Упорядковуємо ряд коефіцієнтів токсичності за зростанням:

$$K_1(\text{PbO}) = 1787,8;$$

$$K_2(\text{ZnO}) = 17670,6;$$

$$K_3(\text{NiO}) = 40000,0.$$

Таблиця 6.5 – Гранично допустимі концентрації хімічних речовин в ґрунті

Назва речовини	ГДК, мг/кг
Ванадій	150
Кобальт (рухлива форма)	5,0
Мідь (рухлива форма)	3,0
Нікель (рухлива форма)	4,0
Цинк (рухлива форма)	23,0
Хром (рухлива форма)	6,0
Свинець (рухлива форма)	6,0
Марганець	1500
Ртуть	2,1
Миш'як	2,0
Сурма	4,5

Таблиця 6.6 – Фізико-хімічні та токсикологічні властивості компонентів відходів

Компонент	Маса $C_i$ , %	Маса $C_i$ , т/т	Тиск насиченої пари, мм рт. ст.	Розчинність, г/100 г води	ГДК у ґрунті за металом, мг/кг	$F$	$S$
SiO <sub>2</sub>	59,5	0,595	0	0	-	0	0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	7,96	0,0796	0	0	-	0	0
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,78	0,0278	0	0	-	0	0
FeO	0,92	0,0092	0	0	-	0	0
PbO	0,06	0,0006	0	0,2756	6,0	0	0,002756
ZnO	0,13	0,0013	0	0,00016	23,0	0	0,0000016
NiO	0,01	0,0001	0	0	4,0	0	0

Обираємо найменші значення індексів токсичності  $K_i$ , щоб виконувалася умова:  $K_1 < K_2 < K_3$ .

Такими величинами будуть:  $K_1=1787,8$ ;  $K_2=17670,6$  и  $K_3=40000$ .

При цьому умова  $2K_1 \geq K_3$  не виконується ( $2 \cdot 17670,6 = 35341,2 < 40000$ ). Отже, відкидаємо третій коефіцієнт і визначаємо сумарний індекс токсичності за першими двома коефіцієнтами згідно з формулою 6.2:

$$K_\Sigma = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n K_i = \frac{1}{2^2} (1787,8 + 17670,6) = 9729,2.$$

Відповідно до оцінної шкалою (табл. 6.3), відходи даного підприємства також відносяться до IV-го класу небезпеки – **мало небезпечні**.

**Відходи IV класу** небезпеки можуть зберігатися відкрито на промисловому майданчику у вигляді конусоподібної купи. Ці відходи без негативних екологічних наслідків можуть бути об'єднані з побутовими відходами в місцях захоронення останніх або використані як ізолюючий матеріал, а також для різних планувальних робіт при освоєнні території.

Кількість та строки зберігання **помірно-** та **малонебезпечних відходів (III–IV класів)** у виробничому приміщенні встановлюють з огляду на загальні вимоги безпеки (пожежо- та вибухонебезпечність, можливість виникнення аварійних ситуацій, хімічних реакцій тощо).

## **7. РОЗРАХУНКОВО-АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ**

Рекомендована предметна назва розділу: **«Вивчення критеріїв віднесення відходів до класу небезпеки для навколишнього природного середовища»**.

**Мета:** вивчення зарубіжного досвіду у визначенні класу небезпеки промислових відходів

Поставлена мета досягається послідовним вирішення таких завдань:

- ознайомлення з загальними положеннями Критеріїв віднесення відходів до I-V класів небезпеки за ступенем негативного впливу на навколишнє середовище (Наказ Міністерства природних ресурсів та екології РФ №536 від 04.12.2014 р.);

- опанування методики визначення класу небезпеки промислових відходів, що використовується в РФ;

- виявлення переваг і недоліків вищевказаної методики в порівнянні з вітчизняним підходом;

- ознайомлення з прикладом розрахунку класу небезпеки промислових відходів для навколишнього середовища;

- самостійний розрахунок класу небезпеки промислових відходів для навколишнього середовища згідно завдання на курсову роботу.

### **7.1. Критерії віднесення відходів до I-V класів небезпеки за ступенем негативного впливу на навколишнє середовище**

1. Критерії віднесення відходів до I-V класів небезпеки за ступенем негативного впливу на навколишнє середовище (далі – Критерії) призначені для індивідуальних підприємців та юридичних осіб, в процесі діяльності яких утворюються відходи.

2. Дія цих Критеріїв не поширюється на радіоактивні, біологічні та медичні відходи.

3. Критеріями віднесення відходів до I-V класів небезпеки за ступенем негативного впливу на навколишнє середовище є:

1) ступінь небезпеки відходу для навколишнього середовища;



2) кратність розведення водної витяжки з відходу, при якій шкідливий вплив на гідробіоти відсутній.

4. Ступінь небезпеки відходу для **навколишнього середовища** ( $K$ ), значення якої за класами небезпеки відходу наведені в табл. 7.1, визначається за сумою ступенів небезпеки для навколишнього середовища ( $K_i$ ) речовин, що складають відхід (далі – компоненти відходу):

$$K = K_1 + K_2 + \dots + K_m, \quad (7.1)$$

де  $m$  – кількість компонентів відходу.

Таблиця 7.1 – Значення ступеня небезпеки відходу для навколишнього середовища ( $K$ ) за класами небезпеки відходу

№ з/п	Ступінь шкідливого впливу небезпечних відходів на НС	Критерії віднесення небезпечних відходів до класу небезпеки для навколишнього середовища	Клас небезпеки відходу для навколишнього середовища	Ступінь небезпеки відходу для навколишнього середовища ( $K$ )
1	Дуже висока	Екологічна система необоротно порушена. Період відновлення <b>відсутній</b>	I клас надзвичайно небезпечні	$10^6 \geq K > 10^4$
2	Висока	Екологічна система сильно порушена. Період відновлення не менше <b>30 років</b> після повного усунення джерела шкідливого впливу	II клас високо небезпечні	$10^4 \geq K > 10^3$
3	Середня	Екологічна система порушена. Період відновлення не менше <b>10 років</b> після зниження шкідливого впливу від існуючого джерела	III клас помірно небезпечні	$10^3 \geq K > 10^2$
4	Низька	Екологічна система порушена. Період самовідновлення не менше <b>3-х років</b>	IV клас мало небезпечні	$10^2 \geq K > 10$
5	Дуже низька	Екологічна система практично не порушена	V клас практично безпечні	$K \leq 10$

Перелік компонентів відходу та їх кількісний вміст встановлюються на підставі відомостей, що містяться в технологічних регламентах, технічних умовах, стандартах, проектній документації, або за результатами кількісних хімічних аналізів, виконуваних з дотриманням встановлених законодавством вимог щодо забезпечення єдності вимірювань.

5. Ступінь небезпеки компонента відходу для **навколишнього середовища** ( $K_i$ ) розраховується як відношення концентрації компонента відходу ( $C_i$ ) до коефіцієнта його ступеня небезпеки для навколишнього середовища ( $W_i$ ).

$$K_i = C_i / W_i, \quad (7.2)$$

де  $C_i$  – концентрація  $i$ -го компонента у відході (мг/кг);

$W_i$  – коефіцієнт ступеня небезпеки  $i$ -го компонента відходу для навколишнього середовища (мг/кг).

6. Коефіцієнтом ступеня небезпеки компонента відходу для навколишнього середовища ( $W_i$ ) є показник, який чисельно дорівнює кількості компонента відходу, нижче значення якого він не чинить негативного впливу **на навколишнє середовище**. Розмірність коефіцієнта ступеня небезпеки для навколишнього середовища умовно приймається як мг/кг.

7. Коефіцієнт ступеня небезпеки компонента відходу для навколишнього середовища ( $W_i$ ) розраховується за однією з наступних формул:

$$\lg W_i = \begin{cases} 4-4/Z_i & \text{Для } 1 < Z_i < 2 & (7.3) \\ Z_i & \text{Для } 2 \leq Z_i \leq 4 & (7.4) \\ 2 + 4/(6-Z_i), & \text{Для } 4 < Z_i \leq 5 & (7.5) \end{cases}$$

де  $Z_i$  – уніфікований відносний параметр небезпеки компонента відходу для навколишнього середовища;

$$Z_i = 4 X_i / 3 - 1/3;$$

$X_i$  – відносний параметр небезпеки компонента відходу для **навколишнього середовища**.

8. Відносний параметр небезпеки компонента відходу для навколишнього середовища ( $X_i$ ) розраховується за формулою:

$$X_i = \frac{(\sum_{j=1}^n B_j) + B_{inf}}{n+1} \quad (7.6)$$

де  $B_j$  – значення бала, що відповідає кожному первинному показнику небезпеки компонента відходу, який було оцінено;  $n$  – кількість оцінених первинних показників небезпеки компонента відходу;  $B_{inf}$  – значення бала, що відповідає показнику інформаційного забезпечення системи первинних показників небезпеки компонента відходу.

9. Первинні показники небезпеки компонента відходу характеризують ступінь їх небезпеки для різних компонентів **природного середовища** і представлені у табл. 7.2.

10. Значення балів ( $B_{inf}$ ), відповідні показнику інформаційного забезпечення, що визначається шляхом ділення числа оцінених первинних показників небезпеки компонента відходу ( $n$ ) на 12, присвоюється інтервалам його зміни згідно з табл. 7.3.

Таблиця 7.2 – Первинні показники небезпеки компонента відходу

№ з/п	Найменування первинних показників небезпеки компонента відходу	Значення, інтервали і характеристики			
1	ГДКг <sup>1)</sup> (ОДК <sup>2)</sup> ), мг/кг	<1	1-10	10,1-100	>100
2	Клас небезпеки у ґрунті	1	2	3	4
3	ГДКв (ОДР, ОБРВ), мг/л	<0,01	0,01-0,1	0,11-1	>1
4	Клас небезпеки у воді господарсько-питного використання	1	2	3	4
5	ГДКр.г. (ОБРВ), мг/л	<0,001	0,001-0,01	0,011- 0,1	>0,1
6	Клас небезпеки у воді рибогосподарського використання	1	2	3	4
7	ГДКс.д. (ГДКм.р.,ОБРВ), мг/м <sup>3</sup>	<0,01	0,01-0,1	0,11-1	>1
8	Клас небезпеки в атмосферному повітрі	1	2	3	4
9	ГДКпх (МДР, МДВ), мг/кг	<0,01	0,01-1	1,1-10	>10
10	$lg(S, \text{мг/л}/\text{ГДКв}, \text{мг/л})^3$	>5	5-2	1,9-1	<1
11	$lg(\text{Снас}, \text{мг/м}^3/\text{ГДКр.з}, \text{мг/м}^3)$	>5	5-2	1,9-1	<1
12	$lg(\text{Снас}, \text{мг/м}^3/\text{ГДКс.д. чи ГДКм.р.}, \text{мг/м}^3)$	>7	7-3.9	3,8-1,6	<1.6
13	$lg \text{Kow}(\text{октанол/вода})$	>4	4-2	1,9-0	<0
14	LD <sub>50</sub> , мг/кг	<15	15-150	151-5000	>5000
15	LC <sub>50</sub> , мг/м <sup>3</sup>	<500	500-5000	5001-50000	>50000
16	LC <sub>50</sub> <sup>водн</sup> , мг/л/96 год	<1	1-5	5,1-100	>100
17	БД= БСК <sub>5</sub> /ХСК	<0,1	0,1-0,6	0,61-0,9	>0,91
18	Персистентність (трансформація в навколишньому природному середовищу)	Утворення більш токсичних продуктів, в т.ч. таких, що володіють віддаленими ефектами або новими властивостями	Утворення продуктів з більш вираженим впливом інших критеріїв небезпеки	Утворення продуктів, токсичність яких близька до токсичності вихідної речовини	Утворення менш токсичних продуктів
19	Біоаккумуляція (поведінка в харчовому ланцюжку)	Виражене накопичення в усіх ланках	Накопичення в декількох ланках	Накопичення в одній з ланок	Немає
	<b>БАЛ (ступінь небезпеки компонента відходу для НПС)</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>

1) використані скорочення наведені в таблиці 7.4; 2) у випадках відсутності ГДК токсичного компонента відходу допустиме використання іншої нормативної величини, зазначеної в дужках; 3) якщо  $S = \infty$ , то  $lg(S/\text{ГДК}) = 1$ , якщо  $S = 0$ , то  $lg(S/\text{ГДК}) = 0$ .

Таблиця 7.3 – Значення балів ( $B_{inf}$ ) в залежності від інтервалу зміни показника інформаційного забезпечення

Діапазони зміни показника інформаційного забезпечення (n/12)	$B_{inf}$
<0,5 (n<6)	1
0,5–0,7 (n=6–8)	2
0,71–0,9 (n=9–10)	3
>0,9 (n>11)	4

11. Компоненти відходів, що складаються з таких хімічних елементів як кисень, азот, вуглець, фосфор, сірка, кремній, алюміній, залізо, натрій, калій, кальцій, магній, титан в концентраціях, що не перевищують їх вміст у основних типах ґрунтів, відносяться до **практично безпечних компонентів відходів** з відносним параметром небезпеки компонента відходу для навколишнього середовища ( $X_i$ ), рівним 4, і, отже, коефіцієнтом ступеня небезпеки компонента відходу для навколишнього середовища ( $W_i$ ) рівним  $10^6$ .

Компоненти відходів, що складаються з речовин, що зустрічаються в живій природі, наприклад, таких як вуглеводи (клітковина, крохмаль і інше), білки, органічні сполуки природного походження, що містять азот, відносяться до **практично безпечних компонентів відходів** з відносним параметром небезпеки компонента відходу для навколишнього середовища ( $X_i$ ), рівним 4, і, отже, коефіцієнтом ступеня небезпеки компонента відходу для навколишнього середовища ( $W_i$ ) рівним  $10^6$ .

Для інших компонентів відходів ступінь небезпеки компонента відходу для навколишнього середовища ( $K$ ) визначається відповідно до пунктів 4-10 і за табл. 7.1. Значення коефіцієнта ступеня небезпеки компонента відходу для навколишнього середовища ( $W_i$ ) для найбільш поширених компонентів відходів наведені в табл. 7.5.

Переваги даної методики визначення класу небезпеки:

- враховується небезпека **всіх без винятку** речовин, які входять до складу відходів;
- для визначення токсичності  $i$ -го компонента використовуються не тільки санітарно-гігієнічні, але і **екологічні показники небезпеки**;
- **відсутність інформації** за первинними показниками небезпеки  $i$ -го компонента відбивається на показнику інформаційного забезпечення, і, отже, на відносному параметрі небезпеки компонента відходів  $X_i$ .

Таблиця 7.4 – Перелік скорочень

ГДКг (мг/кг)	граничнодопустима концентрація речовини в ґрунті
ОДК	орієнтовно-допустима концентрація
ГДКв (мг/л)	граничнодопустима концентрація речовини у воді водних об'єктів господарсько-питного та культурно-побутового водокористування
ОДР	орієнтовно-допустимий рівень
ОБРВ	орієнтовний безпечний рівень впливу
ГДКр.г.(мг/л)	граничнодопустима концентрація речовини у воді водних об'єктів рибогосподарського призначення
ГДКс.д. (мг/м <sup>3</sup> )	граничнодопустима концентрація речовини середньодобова в атмосферному повітрі населених місць
ГДКм.р. (мг/м <sup>3</sup> )	граничнодопустима концентрація речовини максимально разова в повітрі населених місць
ГДКр.з. (мг/м <sup>3</sup> )	граничнодопустима концентрація речовини в повітрі робочої зони
ГДКпх (мг/кг)	граничнодопустима концентрація речовини в продуктах харчування
МДВ	максимально допустимий вміст
МДР	максимально допустимий рівень
S (мг/л)	розчинність компонента відходу (речовини) у воді при 20°C
Снас (мг/м <sup>3</sup> )	концентрація речовини в повітрі, що насичує при 20°C і нормальному тиску
Kow	коефіцієнт розподілу в системі октанол / вода при 20°C
LD <sub>50</sub> (мг/кг)	середня смертельна доза компонента в міліграмах діючої речовини на 1 кг живої ваги, що викликає загибель 50% піддослідних тварин при одноразовому пероральному введенні в уніфікованих умовах
LD <sup>шкір</sup> <sub>50</sub> (мг/кг)	середня смертельна доза компонента в міліграмах діючої речовини на 1 кг живої ваги, що викликає загибель 50% піддослідних тварин при одноразовому нанесенні на шкіру в уніфікованих умовах
LC <sub>50</sub> (мг/м <sup>3</sup> )	середня смертельна концентрація речовини, що викликає загибель 50% піддослідних тварин при інгаляційному надходженні в уніфікованих умовах
БД	біологічна дисиміляція

Таблиця 7.5 – Коефіцієнт ступеня небезпеки компонента відходу для навколишнього середовища ( $W_i$ ) для окремих компонентів відходів

Найменування компонента відходу	$X_i$	$Z_i$	$lg W_i$	$W_i$
Альдрин	1,857	2,14	2,14	138
Бенз(а)пірен	1,6	1,8	1,778	59,97
Бензол	2,14	2,52	2,52	331,13
Гексахлорбензол	2,166	2,55	2,55	354
2-4 Дінітрофенол	1,5	1,66	1,66	39,8
Ді(п)бутилфталат	2	2,33	2,33	215,44
Діоксини	1,4	1,533	1,391	24,6
Діхлорпропен	2,2	2,66	2,66	398
Діметілфталат	2,166	2,555	2,555	358,59

Найменування компонента відходу	$X_i$	$Z_i$	$lg W_i$	$W_i$
Діхлорфенол	1,5	1,66	1,66	39,8
ДДТ	2	2,33	2,33	213,8
Кадмій	2,12	2,49	2,49	309,03
Ліндан	2,25	2,66	2,66	463,4
Марганець	3,15	3,87	3,87	7356,42
Мідь	2,84	3,45	3,45	2840,10
Миш'як	2,27	2,69	2,69	493,55
Нафталін	2,286	2,714	2,714	517,9
Нікель	2,64	3,19	3,19	1536,97
N-нітрозодіфеніламін	2,8	3,4	3,4	2511,88
Пентахлорбіфеніли	1,6	1,8	1,778	59,98
Пентахлорфенол	1,66	1,88	1,88	75,85
Ртуть	1,79	2,05	2,05	113,07
Стронцій	3,09	3,79	3,79	6118,81
Срібло	2,14	2,52	2,52	331,1
Свинець	2,36	2,81	2,81	650,63
Тетрахлоретан	2,4	2,866	2,866	735,6
Толуол	2,69	3,25	3,25	1778,28
Трихлорбензол	2,33	2,77	2,77	598,4
Фенол	2,28	2,71	2,71	508,94
Фурані	2,166	2,55	2,55	359
Хлороформ	2	2,333	2,333	215,4
Хром тривалентний	2,92	3,56	3,56	3630,78
Хром шестивалентний	2,33	2,77	2,77	593,38
Цинк	2,8	3,4	3,4	2511,89
Етилбензол	2,86	3,48	3,48	3019,95

## 7.2. Приклад виконання розрахунку

Золошлакові відходи підприємства складаються з наступних компонентів:  $SiO_2$  – 59,5%;  $Al_2O_3$  – 7,96%;  $Fe_2O_3$  – 2,78%;  $FeO$  – 0,92%;  $PbO$  – 0,06%;  $ZnO$  – 0,13%;  $NiO$  – 0,01%; втрати при прожарюванні – 28,64%. Провести розрахунок класу їх небезпеки для навколишнього середовища.

1. Проводимо аналіз компонентного складу відходу.

Відповідно до п. 11 компоненти відходів, що складаються з таких хімічних елементів як кисень, азот, вуглець, фосфор, сірка, кремній, алюміній, залізо, натрій, калій, кальцій, магній, титан в концентраціях, що не перевищують їх вміст у основних типах ґрунтів, відносяться до практично безпечних компонентів із середнім балом ( $X_i$ ) рівним 4 і, отже, коефіцієнтом ступеня небезпеки для НПС ( $W_i$ ) рівним  $10^6$ .

Отже, необхідно порівняти вміст таких компонентів відходів, як  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$  і  $FeO$  з їх вмістом у основних типах ґрунтів.

Хімічний склад типових ґрунтів за Каурічевим І.С. наведено в табл. 7.6.

При зіставленні мінеральної частини ґрунтів і даних відходів слід, що перші три компонента відходу за своєю кількістю не перевищують відповідних показників в ґрунтах:

$$\text{SiO}_2=59,5 < 86,68\%;$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3=7,96 < 22,54\%;$$

$$\text{Fe}_2\text{O}_3=2,78 < 14,13\%.$$

Таблиця 7.6 – Хімічний склад основних типів ґрунтів

Ґрунти і породи, що їх утворюють	Вміст, % маси безводного, безгумусного, безкарбонатного ґрунту								
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>
Дерново-сильно-підзолисті	75,58	13,36	4,30	0,90	<b>1,27</b>	<b>2,94</b>	<b>1,17</b>	0,10	0,02
Торф'янистий підзол	<b>86,68</b>	8,63	0,55	0,69	0,05	2,24	1,02	0,38	0,08
Типовий чорнозем	78,97	10,67	4,30	<b>1,96</b>	1,14	2,29	0,81	0,37	0,49
Червонозем	59,14	<b>22,54</b>	<b>14,13</b>	0,41	1,22	-	-	<b>1,47</b>	<b>0,73</b>

З цього випливає, що їх можна віднести до таких, що утворюють ґрунти і, відповідно, вони є практично безпечними для навколишнього природного середовища компонентами з відносним параметром небезпеки  $X_i=4$ .

У відомих літературних джерелах немає даних щодо вмісту FeO у ґрунтах, отже відносимо цей компонент до ряду небезпечних.

Таким чином, для FeO, PbO, ZnO та NiO необхідно застосувати розрахунковий метод.

2. На всі компоненти, до яких буде застосовано розрахунковий метод, з довідкової літератури (див. додаток В до методичних рекомендацій) знаходимо первинні показники небезпеки і складаємо відповідну таблицю (табл. 7.7).

Для Pb немає необхідності розраховувати відносний параметр небезпеки компонента  $X_i$ , адже свинець відноситься до найбільш поширених компонентів відходів, тому дані для нього беремо з табл. 7.5.

Так для такої речовини, як PbO первинні показники небезпеки не встановлені, тому для розрахунку будуть використані показники небезпеки безпосередньо небезпечних компонентів – Fe і Pb.

3. Виходячи зі значень первинних показників небезпеки і відповідно до табл. 7.2, проставляємо відповідні їм бали.

4. Визначаємо показник інформаційного забезпечення як суму первинних показників по кожному компоненту відходу, і по цій сумі – відповідний бал (табл. 7.3):

- Fe – кількість первинних показників  $n=7$ , отже  $B_{inf}=2$ ;  $n/12=7/12=0,6$ ;

- ZnO – кількість первинних показників  $n=10$ , отже  $B_{inf}=3$ ;  $n/12=10/12=0,8$ ;

- NiO – кількість первинних показників  $n=9$ , отже  $B_{inf}=3$ ;  $n/12=9/12=0,8$ ;

Таблиця 7.7 – Первинні показники небезпеки компонентів відходу

№ з/п	Найменування первинних показників небезпеки компонента відходу	Fe		Pb		ZnO		NiO	
		значення показників	Бал	значення показників	Бал	значення показників	Бал	значення показників	Бал
1	ГДКг (ОДК), мг/кг	0	0	-	-	23	3	4	2
2	Клас небезпеки у ґрунті	0	0	-	-	1	1	2	2
3	ГДКв (ОДР, ОБРВ), мг/л	0,3	3	-	-	1	3	0,1	2
4	Клас небезпеки у воді госп.-питного використання	3	3	-	-	3	3	3	3
5	ГДКр.г. (ОБРВ), мг/л	0,1	3	-	-	0,01	2	0,01	2
6	Клас небезпеки у воді рибогосподарського використання	4	4	-	-	3	3	3	3
7	ГДКс.д. (ГДКм.р., ОБРВ), мг/м <sup>3</sup>	0,04	2	-	-	0,005	1	0,001	1
8	Клас небезпеки в атмосферному повітрі	3	3	-	-	3	3	2	2
9	ГДКпх (МДР, МДВ), мг/кг	0	0	-	-	3	3	0	0
10	Lg(S, мг/л/ГДКв, мг/л)	0	0	-	-	5,48	1	3,15	2
11	Lg(Снас, мг/м <sup>3</sup> /ГДКр.з)	0	0	-	-	0	0	0	0
12	Lg(Снас, мг/м <sup>3</sup> /ГДКс.д. чи ГДКм.р.)	0	0	-	-	0	0	0	0
13	Ig Kow(октанол/вода)	0	0	-	-	0	0	0	0
14	LD <sub>50</sub> , мг/кг	98	2	-	-	0	0	0	0
15	LC <sub>50</sub> , мг/м <sup>3</sup>	0	0	-	-	0	0	0	0
16	LC <sub>50</sub> <sup>водн</sup> , мг/л/96 год.	0	0	-	-	0	0	0	0
17	БД= БСК <sub>5</sub> /ХСК	0	0	-	-	0	0	0	0
18	Персистентність	0	0	-	-	0	0	0	0
19	Біоаккумуляція	0	0	-	-	0	0	0	0
	Кількість первинних показників <i>n</i>	7		-		10		9	
	Показник інформаційного забезпечення <i>B<sub>inf</sub></i>	0,6	2	-	-	0,8	3	0,8	3
	Відносний параметр небезпеки компонента <i>X<sub>i</sub></i>	2,75		2,36		2,36		2,20	

Ці дані заносимо до табл. 7.7.

5. Розраховуємо відносний параметр небезпеки компонента відходу для навколишнього природного середовища  $X_i$  за формулою 7.5:

$$X_{Fe} = \frac{(\sum_{j=1}^n B_j) + B_{inf}}{n + 1} = \frac{3 + 3 + 3 + 4 + 2 + 3 + 2 + 2}{7 + 1} = 2,75;$$



$$X_{ZnO} = \frac{(\sum_{j=1}^n B_j) + B_{inf}}{n+1} = \frac{3+1+3+3+2+3+1+3+3+1+3}{10+1} = 2,36;$$

$$X_{NiO} = \frac{(\sum_{j=1}^n B_j) + B_{inf}}{n+1} = \frac{2+2+2+3+2+3+1+2+2+3}{9+1} = 2,2.$$

Ці дані також заносимо до табл. 7.7.

6. За знайденими відносними параметрами небезпеки  $X_i$  визначимо відповідно коефіцієнти ступеня небезпеки  $W_i$  для кожного компонента відходу за формулами 7.3-7.5. Результати розрахунків заносимо до табл. 7.8.

Таблиця 7.8 – Розрахунок коефіцієнтів ступеня небезпеки  $W_i$

№ з/п	Компоненти відходу	$X_i$	$Z_i = 4 X_i/3 - 1/3$	$lg W_i$	$W_i$ , МГ/КГ
1	SiO <sub>2</sub>	4,00	5	6	1 000 000
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,00	5	6	1 000 000
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,00	5	6	1 000 000
4	Fe	2,75	3,33	3,33	2 137,96
5	Pb	2,36	2,81	2,81	650,63
6	ZnO	2,36	2,81	2,81	650,63
7	NiO	2,20	2,6	2,6	398,107

- для SiO<sub>2</sub> використовуємо формулу 7.5, адже  $Z(\text{SiO}_2)=5$ ;

$lg W(\text{SiO}_2) = 2 + 4/(6-Z_i)=6$ ;  $W(\text{SiO}_2)=10^6=1\ 000\ 000$ ;

- для Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – аналогічно;

- для Fe використовуємо формулу 7.4, адже  $Z(\text{Fe})=3,33$ ;

$lg W(\text{Fe}) = Z(\text{Fe})=3,33$ ;  $W_i = 10^{3,33} = 2\ 137,96$

- для Pb використовуємо дані табл. 7.5, адже свинець відноситься до найбільш поширених компонентів відходів;

- для ZnO використовуємо формулу 7.4, адже  $Z(\text{ZnO})=2,81$ ;

$lg W(\text{ZnO}) = Z(\text{ZnO})=2,81$ ;  $W_i = 10^{2,81} = 650,63$ ;

- для NiO також використовуємо формулу 7.4, адже  $Z(\text{NiO})=2,6$ ;

$lg W(\text{NiO}) = Z(\text{NiO})=2,6$ ;  $W_i = 10^{2,6} = 398,107$ .

7. Проводимо перерахунок концентрації речовини на небезпечний елемент (для FeO і PbO).

Попередньо переводимо концентрацію FeO і PbO з відсотків у мг/кг шляхом перемноження на 10<sup>4</sup>:

- FeO –  $0,92 \cdot 10^4 = 9200$  мг/кг;

- PbO –  $0,06 \cdot 10^4 = 600$  мг/кг.

Далі складаємо пропорцію:

a)	Компонент	Молекулярна маса	Концентрація $C$ , мг/кг
	FeO	71,9	9200
	Fe	55,9	x

$$C(\text{Fe}) = 55,9 \times 9200 / 71,5 = 7193 \text{ мг/кг}$$

На кисень залишається:  $9200 - 7193 = 2007$  мг/кг.

б)	Компонент	Молекулярна маса	Концентрація $C$ , мг/кг
	PbO	223	600
	Pb	207	x

$$C(\text{Pb}) = 207 \times 600 / 223 = 557 \text{ мг/кг}$$

На кисень залишається:  $600 - 557 = 43$  мг/кг.

Всього кисню:

$$2007 + 43 = 2050 \text{ мг/кг.}$$

До нього застосовуємо  $W(\text{O}) = 1\,000\,000$  мг/кг (див. п. 11).

8. Визначаємо показники ступеня небезпеки  $K_i$  для кожного компонента відходу (пункт 5) та їх суму. Попередньо також переводимо концентрації усіх компонентів, що залишилися, з відсотків у мг/кг шляхом перемноження на  $10^4$ . Результати розрахунків заносимо у табл. 7.9.

Таблиця 7.9 – Розрахунок ступеня небезпеки  $K_i$

№ з/п	Компоненти відходу	$C_i$ , мг/кг	$W_i$ , мг/кг	$K_i$
1	SiO <sub>2</sub>	595 000	1 000 000	0,595
2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	79 600	1 000 000	0,080
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	27 800	1 000 000	0,028
4	Fe	7 193	2 137,962	3,364
5	Pb	557	650,629	0,856
6	ZnO	1 300	650,629	1,998
7	NiO	100	398,107	0,251
8	O	2050	1 000 000	0,002
	<b>Сума</b>	<b>713 600</b>	-	<b>7,17</b>

Показник ступеня небезпеки відходу  $K = 7,17$ .

9. Виходячи із значення показника ступеня небезпеки відходу, за табл. 7.1 визначаємо його клас небезпеки.

В даному випадку  $K=7,17$  потрапляє в інтервал до 10, отже, відходи відносяться до **V класу небезпеки – практично безпечні відходи**, ступінь їх шкідливого впливу на навколишнє середовище – **дуже низька** і під їх впливом екологічна система **практично не порушується**.

Узагальнюємо результати усіх розрахунків за допомогою табл. 7.10.

Таблиця 7.10 – Підсумки розрахунків класу небезпеки

Найменування	Небезпека для здоров'я людини				Небезпека для навколишнього середовища		
	за $LD_{50}$		за ГДК <sub>г</sub>		$K_i$	клас	ступінь впливу
	$K_i$	клас	$K_i$	клас			
Досліджувані відходи	42,3	IV мало небезпечні	9729,2	IV мало небезпечні	7,17	V практично безпечні відходи	дуже низька

## 8. ВИСНОВКИ

У цьому розділі курсової роботи рекомендовано:

- надати стислу характеристику промислових відходів та їх впливу на стан навколишнього середовища та здоров'я населення;
- результати визначення класу небезпеки промислових відходів для здоров'я населення;
- результати визначення класу небезпеки промислових відходів для навколишнього середовища;
- перелік заходів щодо мінімізації (ліквідації) негативного впливу відходів певного промислового підприємства на компоненти навколишнього природного середовища та здоров'я людини

## 9. ЗАВДАННЯ НА КУРСОВУ РОБОТУ

Відходи підприємства складаються з наступних компонентів: (табл. 9.1)

Провести розрахунок класу їх небезпеки:

- для здоров'я населення (за ДСанПіН 2.2.7.029-99):
  - за LD50;
  - за ГДК у ґрунті;
- для навколишнього середовища (за Критеріями віднесення відходів до I-V класів небезпеки).

Порівняти результати. Визначити вимоги щодо безпечного поводження з відходами відповідно до класу їх небезпеки. Встановити ступінь шкідливого впливу небезпечних відходів на НС.

Таблиця 9.1 – Вихідні дані для розрахунку класу небезпеки відходів

№ варіанта	Компонент	Вміст, %
1	оксид алюмінію	25
	сульфат алюмінію	25
	оксид кадмію	10
	хлорид алюмінію	25
	хлорид ванадію	15
2	сульфат алюмінію	30
	нітрат свинцю	15
	двохлориста ртуть	10
	сульфат кобальту	35
	хлорид марганцю	10
3	сульфат міді	15
	оксид миш'яку (V)	15
	хлорид нікелю	10
	хлорид ртуті	50
	сульфат свинцю	10
4	нітрат марганцю	15
	двохлориста ртуть	15
	хлорид цинку	10
	хлорид алюмінію	50
	сульфат кадмію	10

№ варіанта	Компонент	Вміст, %
5	двохлориста ртуть	15
	хлорид марганцю	15
	хлорид міді	10
	хлорид нікелю	50
	нітрат свинцю	10
6	нітрат марганцю	15
	хлорид цинку	15
	оксид ванадію (V)	10
	сульфат кобальту	50
	двохлориста ртуть	10
7	двохлориста ртуть	15
	хлорид марганцю	15
	оксид миш'яку (V)	10
	оксид хрому (VI)	50
	сульфат свинцю	10
8	хлорид сурми (III)	15
	двохлориста ртуть	15
	сульфат цинку	10
	нітрат свинцю	50
	хлорид кобальту	10
9	оксид алюмінію	30
	сульфат алюмінію	25
	оксид кадмію	10
	хлорид алюмінію	25
	хлорид ванадію	10
10	сульфат міді	15
	сульфат нікелю	15
	двохлориста ртуть	10
	хлорид ванадію	50
	оксид цинку	10
11	сульфат цинку	5
	сульфат алюмінію	25
	хлорид алюмінію	25
	двохлориста ртуть	30
	нітрат свинцю	15
12	сульфат кадмію	15
	сульфат кобальту	15
	хлорид марганцю	10
	сульфат міді	50
	двохлориста ртуть	10
13	двохлориста ртуть	15
	сульфат міді	15
	хлорид міді	10
	сульфат нікелю	50
	хлорид нікелю	10

№ варіанта	Компонент	Вміст, %
14	хлорид алюмінію	15
	двохлориста ртуть	15
	нітрат свинцю	10
	оксид цинку	50
	нітрат марганцю	10
15	сульфат цинку	15
	хлорид цинку	15
	двохлориста ртуть	10
	хлорид алюмінію	50
	нітрат свинцю	10
16	сульфат кобальту	15
	хлорид кобальту	15
	хлорид марганцю	10
	двохлориста ртуть	50
	хлорид міді	10
17	оксид миш'яку (V)	15
	хлорид нікелю	15
	оксид хрому (VI)	10
	оксид свинцю	50
	двохлориста ртуть	10
18	двохлориста ртуть	15
	сульфат свинцю	15
	нітрат марганцю	10
	хлорид сурми (III)	50
	хлорид цинку	10
19	сульфат алюмінію	25
	двохлориста ртуть	20
	оксид ванадію (V)	5
	нітрат свинцю	40
	сульфат кобальту	10
20	сульфат кадмію	15
	хлорид кобальту	15
	двохлориста ртуть	10
	хлорид марганцю	50
	сульфат міді	10

## 10. ОФОРМЛЕННЯ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ

Пояснювальна записка повинна містити: титульний аркуш із зазначенням автора роботи та викладача, що її перевірів (додаток А), завдання, зміст, вступ (готується студентом самостійно з використанням літературних джерел і повинен стосуватися питань охорони навколишнього середовища при поводженні з промисловими відходами), розділи згідно пунктів завдання з усіма викладеннями, розрахунками і поясненнями до них з короткими висновками у кожному розділі. В кінці пояснювальної записки подаються загальний висновок (стисло викладаються результати за всіма пунктами

завдання), а також список використаної літератури.

## 11. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Робота оцінюється на **відмінно**: якщо студент виконав розрахунки згідно з усіма пунктами методичних вказівок; в пояснювальній записці немає помилок, а відповіді студента на запитання під час захисту виявилися повними і змістовними.

Робота заслуговує на оцінку **добре** тоді, коли студент виконав розрахунки згідно з усіма пунктами методичних вказівок, але в пояснювальній записці виявилися несуттєві помилки або неточності; відповіді студента на запитання під час захисту виявилися стислими.

Робота оцінюється на **задовільно**: якщо студент виконав розрахунки згідно з усіма пунктами методичних вказівок, але без пояснень, а в пояснювальній записці виявилися помилки; відповіді студента на запитання під час захисту виявилися недостатньо обґрунтованими або не вірними.

### КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Які промислові відходи називаються токсичними?
2. Яким чином мають зберігатися відходи залежно від класу їх небезпеки?
3. Які існують способи визначення класу небезпеки промислових відходів для здоров'я населення?
4. Які показники використовуються для визначення класу небезпеки промислових відходів для здоров'я населення розрахунковим методом?
5. Для яких відходів клас небезпеки визначається за показником *LD50*?
6. В яких випадках для визначення класу небезпеки відходів для здоров'я населення слід застосовувати ГДК їх хімічних компонентів у ґрунті?
7. Які недоліки є у розрахункового методу визначення класу небезпеки відходів для здоров'я населення?
8. Які показники використовуються для визначення класу небезпеки промислових відходів для навколишнього середовища розрахунковим методом?
10. Яким чином визначається показник інформаційного забезпечення системи первинних показників небезпеки компонента відходу?
11. Які переваги є у розрахункового методу визначення класу небезпеки відходів для навколишнього середовища?

### ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Вредные вещества в промышленности: Справочник для химиков, инженеров и врачей. Под ред. Н. В. Лазарева и Э. Н. Левиной. В 3-х т. Л.: «Химия», 1976.
2. Вредные химические вещества: Неорганические соединения элементов I-IV групп: Справочник/Под общей ред. В. А. Филова. Л.: «Химия», Ленинградское отделение.– 1989.– 512 с.
3. Вредные химические вещества: Неорганические соединения элементов V-VIII групп: Справочник/Под общей ред. В. А. Филова. Л.: «Химия», Ленинградское отделение.– 1989.– 592 с.
4. Измеров Н. Ф., Саноцкий И. В., Сидоров К. К.. Параметры токсикометрии промышленных ядов при однократном воздействии: Справочник– М.: «Медицина».– 1977.– 240 с.

5. Справочник по растворимости.– М.–Л.: Издательство академии наук СССР, 1961.– Т.1.
6. Справочник химика. 2-е издание. М.–Л., 1962. Т.1.
7. Справочник химика. 3-е издание. М.–Л., 1971. Т.2.
8. ДСТУ-НБА 3.2-1:2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів.
9. Предельно допустимые концентрации химических веществ в почве (ПДК): №2546-82; №3210-85; №4433-87.
10. ДСанПіН 2.2.7.029-99 «Гігієнічні вимоги до поводження з промисловими відходами та визначення їх класу безпеки для здоров'я населення»;
11. ГОСТ 17.4.2.01 Охрана природы. Грунты. Номенклатура показателей санитарного stanu.
12. Рішення Державної служби України з питань регуляторної політики та розвитку підприємництва прийнято № 33 від 15.07.2014 року.
13. Наказ Міністерства природних ресурсів та екології РФ №536 від 04.12.2014 р.
14. Освітньо-професійна програма за спеціальністю 183 «Технології захисту навколишнього середовища», затвердженої рішенням Вченої ради Державного ВНЗ «НГУ» від 26.06.2017 (протокол № 11).
15. Освітньо-професійна програма за спеціальністю 101 «Екологія», затвердженої рішенням Вченої ради Державного ВНЗ «НГУ» від 26.06.2017 (протокол № 11).

## Зміст

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ .....	3
2. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ .....	4
3. СТРУКТУРА КУРСОВОЇ РОБОТИ.....	5
4. ВИМОГИ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ .....	5
5. ТЕОРЕТИЧНИЙ РОЗДІЛ .....	6
5.1. Характеристика промислових відходів та їх безпеки.....	7
5.2. Визначення класу безпеки відходів для здоров'я населення.....	9
6. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ .....	9
6.1. Визначення класу безпеки промислових відходів розрахунковим методом.....	9
6.2. Приклади розрахунку класу безпеки промислових відходів .....	13
7. РОЗРАХУНКОВО-АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ.....	16
7.1. Критерії віднесення відходів до I-V класів безпеки за ступенем негативного впливу на навколишнє середовище .....	16
7.2. Приклад виконання розрахунку .....	22
8. ВИСНОВКИ .....	27
9. ЗАВДАННЯ НА КУРСОВУ РОБОТУ .....	27
10. ОФОРМЛЕННЯ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ .....	29
11. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ.....	30
КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ .....	30
ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ: .....	30
Додаток А .....	32
Додаток Б.....	33
Додаток В .....	35

*Зразок оформлення титульного аркуша курсової роботи*

**Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»**

Гірничий факультет  
Кафедра екології та  
технологій  
захисту навколишнього  
середовища

**КУРСОВА РОБОТА**

з дисципліни «Технології утилізації відходів та рециклінг»

*Варіант* \_\_\_\_\_

Виконав: студент гр. \_\_\_\_\_  
(група)

\_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали студента)

Перевірив: \_\_\_\_\_  
(посада, прізвище та  
ініціали викладача)

Дніпро  
(рік виконання)



## Додаток Б

### Фізико-хімічні та токсикологічні властивості інгредієнтів, що входять до складу промислових відходів

Назва	Формула	Тиск насиченої пари, мм рт. ст.	Розчинність, г/100 г води	LD <sub>50</sub> , мг/кг	ГДК р.з., мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки
<b>1. Алюміній</b>	Al	0	0		2	III
2. А гідроксид	Al(OH) <sub>3</sub>	0	0,00001		6	III
3. А калію сульфат	AlK(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> ×12H <sub>2</sub> O	0	5,9		2	III
4. А нітрат нонагідрат	Al(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> ×9H <sub>2</sub> O	0	241	204		
5. А нітрид	AlN	0	0		2	III
6. А оксид	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0		2	II
7. А фтористий	AlF <sub>3</sub>	0	0,559		2,5	III
8. А сульфат	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	0	38,5	370		
9. А хлорид	AlCl <sub>3</sub>	0	45,1	150		
<b>10. Аміак</b>	NH <sub>3</sub>	0	52,6		20	IV
11. А сульфат	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0	75,4	4280		
12. А хрому сульфат	NH <sub>4</sub> Cr(SO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	0	10,78	11,9		
<b>13. Ванадій</b>	V	0	0			
14. В карбід	VC	0	0		3	III
15. В оксид (III)	V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0		0,5	II
16. В оксид (V)	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	0,07	23,4	0,1	II
17. В хлорид	VCl <sub>3</sub>	0		24	0,5	II
<b>18. Залізо</b>	Fe	0	0	98600		
19. З оксид	FeO, Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0		10	III
20. З сульфат	Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	0	0	533		
21. З хлорид	FeCl <sub>3</sub>	0	96,6	59		
<b>22. Кадмій</b>	Cd	0	0	890	0,01	I
23. К оксид	CdO	0	0,00048	67	0,1	II
24. К сульфат	CdSO <sub>4</sub>	0	76,4	47	0,01	I
25. К хлорид	CdCl <sub>2</sub>	0	114,1	67	0,01	I
26. К нітрат тетрагідрат	Cd(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ×4H <sub>2</sub> O	0	149,4	47	0,01	I
<b>27. Кобальт</b>	Co	0	0		0,05	I
28. К оксид	CoO, Co <sub>3</sub> O <sub>4</sub> , Co <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0	202	0,05	I
29. К сульфат	CoSO <sub>4</sub>	0	39,3	424		
30. К хлорид	CoCl <sub>2</sub>	0	52,9	55		
31. К нітрат	CoNO <sub>3</sub>	0	50,57	434		
32. К фтористий	CoF <sub>2</sub>	0	1,36	150		
<b>33. Марганець</b>	Mn	0	0		0,3	II
34. М карбонат	MnCO <sub>3</sub>	0	0,00011			
35. М нітрат гексагідрат	Mn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ×6H <sub>2</sub> O	0	132,3	56		
36. М оксид	MnO <sub>2</sub>	0	0	550	0,05	I
37. М сульфат	MnSO <sub>4</sub>	0	62,9	64		
38. М хлорид	MnCl <sub>2</sub>	0	73,9	120		
<b>39. Мідь</b>	Cu	0	0		1	II
40. М оксид	CuO	0	0	273		
41. М сульфат	CuSO <sub>4</sub>	0	20,5	43	0,5	II
42. М хлориста	CuCl <sub>2</sub>	0	74,5	3,7	0,5	II
<b>43. Миш'як</b>	As	0	0	144		
44. М оксид (III)	As <sub>4</sub> O <sub>6</sub>	0	3,7	10		

Назва	Формула	Тиск насиченої пари, мм рт. ст.	Розчинність, г/100 г води	LD <sub>50</sub> , мг/кг	ГДК р.з., мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки
45. М оксид (III)	As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	2,04	19,1	0,3	II
46. М оксид (V)	As <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	65,8		0,3	II
47. М сульфід	As <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	0	0	215		
48. М хлорид	AsCl <sub>3</sub>	11,65	0	48		
<b>49. Нікель</b>	Ni	0	0	780	0,5	II
50. Н оксид	NiO	0	0		0,5	II
51. Н сульфат	NiSO <sub>4</sub>	0	38,4	32	0,5	II
52. Н сульфід	NiS	0	0		0,5	II
53. Нікель тетракарбоніл	Ni(CO) <sub>4</sub>		0,018		0,0005	I
54. Н хлорид	NiCl <sub>2</sub>	0	65,6	105		
<b>55. Ргуть</b>	Hg	0,0013	0		0,01	I
56. Р хлорид (сулема)	HgCl <sub>2</sub>	0	6,6	17,5	0,05	I
57. Р нітрат гідрат	Hg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ×0,5H <sub>2</sub> O	0			0,05	I
58. Р оксид	HgO		0,0051		0,05	I
59. Р сульфат	Hg <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>		0,058		0,05	I
<b>60. Свинець</b>	Pb	0	0		0,005	I
61. С оксид (II, IV)	PbO, Pb <sub>2</sub> O <sub>4</sub> , PbO <sub>2</sub>	0	0,2756	217		
62. С нітрат	Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0	52,2		0,01	I
63. С сульфат	PbSO <sub>4</sub>	0	0,0045	282	0,01	I
64. С ортоарсенат	Pb <sub>3</sub> (AsO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	0	0		0,15	II
<b>65. Стронцій</b>	Sr	0				
66. С гідроксид	Sr(OH) <sub>2</sub>	0	0,81	3160	1,0	II
67. С карбонат	SrCO <sub>3</sub>	0	0,0011		6,0	IV
68. С нітрат	Sr(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	0	70,4	1028	1,0	II
69. С оксид	SrO	0		667	1,0	II
70. С сульфат	SrSO <sub>4</sub>	0	0,0132		6,0	IV
71. С хлорид	SrCl <sub>2</sub>	0	53,1	1036		
72. С хромат	SrCrO <sub>4</sub>	0	0,12	3110		
<b>73. Сурма</b>	Sb	0	0	90	0,5	II
74. С оксид (III)	Sb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0		172	1	II
75. С оксид (V)	Sb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0	0,3	978	2	III
76. С сульфід (III)	Sb <sub>2</sub> S <sub>3</sub>	0	0,00017	209	1	II
77. С сульфід (V)	Sb <sub>2</sub> S <sub>5</sub>	0	0	458	2	III
78. С фторид (III)	SbF <sub>3</sub>	0	444,7	15	0,3	II
79. С фторид (V)	SbF <sub>5</sub>	0			0,3	II
80. С хлорид (III)	SbCl <sub>3</sub>	0	602	13	0,3	II
81. С хлорид (V)	SbCl <sub>5</sub>	0			0,3	II
<b>82. Хром</b>	Cr	0	0			
83. Х оксид (III)	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0	0	450	1	II
84. Х оксид (VI)	CrO <sub>3</sub>	0	167		0,01	I
85. Х хлорид	CrCl <sub>3</sub>	0	0	7,8	0,01	I
<b>86. Цинк</b>	Zn	0	0			
87. Ц оксид	ZnO	0	0,00016		0,5	II
88. Ц ортофосфат	Zn <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	0	0	551		
89. Ц сульфат	ZnSO <sub>4</sub> ×7H <sub>2</sub> O	0	165		5	III
90. Ц сульфід	ZnS	0	0		5	III
91. Ц фосфід	Zn <sub>3</sub> P <sub>2</sub>	0	0		0,1	II
92. Ц хлорид	ZnCl <sub>2</sub>	0	375		1	II

## Додаток В

## Первинні показники небезпеки компонентів відходів

№ з/П	Найменування первинних показників небезпеки компонента відходу	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>		AlCl <sub>3</sub>		V	
		значення показників	бал	значення показників	бал	значення показників	бал	значення показників	бал
1	ГДКГ (ОДК), мг/кг	0	0	0	0	0	0	150	4
2	Клас небезпеки у ґрунті	0	0	0	0	0	0	3	3
3	ГДКВ (ОДР, ОБРВ), мг/л	0,5	3	0,5	3	0,2	3	0,1	2
4	Клас небезпеки у воді господарсько-питного використання	2	2	2	2	3	3	3	3
5	ГДКр.г. (ОБРВ), мг/л	0,04	3	0,5	4	0,04	3	0,001	2
6	Клас небезпеки у воді рибогосподарського використання	4	4	4	4	4	4	3	3
7	ГДКс.д. (ГДКм.р., ОБРВ), мг/м <sup>3</sup>	0,01	2	0,01	2	0,01	2	0,002	1
8	Клас небезпеки в атмосферному повітрі	2	2	2	2	0	0	1	1
9	ГДКпх (МДР, МДВ), мг/кг	0	0	0	0	0	0	0	0
10	Lg(S, мг/л/ГДКВ, мг/л)	0	0	5,86	1	6,35	1	3,85	2
11	Lg(Снас, мг/м <sup>3</sup> /ГДКр.з)	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Lg(Снас, мг/м <sup>3</sup> /ГДКс.д. чи ГДКм.р.)	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Ig Кow(октанол/вода)		0		0		0		0
14	LD <sub>50</sub> , мг/кг	0	0	770	3	150	2	23	2
15	LC <sub>50</sub> , мг/м <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0	25	1
16	LC <sub>50</sub> <sup>водн</sup> ; мг/л/96 год.	0	0	0	0	0	0	0	0
17	БД= БСК <sub>5</sub> /ХСК	0	0	0	0	0	0	0	0
18	Персистентність	0	0	0	0	0	0	0	0
19	Біоаккумуляція	0	0	Накопичення у декількох ланках	2	0	0	Накопичення у декількох ланках	2

Продовження Додатку В

№ з/п	Найменування первинних показників безпеки компонента відходу	V <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (III)		V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (V)		VCl <sub>3</sub>		Fe	
		значення показників	бал	значення показників	бал	значення показників	бал	значення показників	бал
1	ГДКГ (ОДК), мг/кг	150	4	150	4	150	4	0	0
2	Клас безпеки у ґрунті	3	3	3	3	3	3	0	0
3	ГДКВ (ОДР, ОБРВ), мг/л	0,1	2	0,1	2	0,1	2	0,3	3
4	Клас безпеки у воді господарсько-питного використання	3	3	3	3	3	3	3	3
5	ГДКр.г. (ОБРВ), мг/л	0	0	0,001	2	0	0	0,1	3
6	Клас безпеки у воді рибогосподарського використання	0	0	3	3	0	0	4	4
7	ГДКс.д. (ГДКм.р., ОБРВ), мг/м <sup>3</sup>	0	0	0,002	1	0	0	0,04	2
8	Клас безпеки в атмосферному повітрі	0	0	1	1	0	0	3	3
9	ГДКпх (МДР, МДВ), мг/кг	0	0	0	0	0	0	0	0
10	Lg(S, мг/л/ГДКВ, мг/л)	0	0	3,85	2	0	0	0	0
11	Lg(Снас, мг/м <sup>3</sup> /ГДКр.з)	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Lg(Снас, мг/м <sup>3</sup> /ГДКс.д. чи ГДКм.р.)	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Ig Кow(октанол/вода)		0		0		0		0
14	LD <sub>50</sub> , мг/кг	130	2	23,40	2	24	2	98	2
15	LC <sub>50</sub> , мг/м <sup>3</sup>	40	1	25	1	0	0	0	0
16	LC <sub>50</sub> <sup>водн</sup> ; мг/л/96 год.	0	0	0	0	0	0	0	0
17	БД= БСК <sub>5</sub> /ХСК	0	0	0	0	0	0	0	0
18	Персистентність	0	0	0	0	0	0	0	0
19	Біоаккумуляція	Накопичення у декількох ланках	2	0	0	0	0	0	0

Продовження Додатку В

№ з/п	Найменування первинних показників небезпеки компонента відходу	CdO		CdSO <sub>4</sub>		CoSO <sub>4</sub>		CoCl <sub>2</sub>	
		значення показників	бал	значення показників	бал	значення показників	бал	значення показників	бал
1	ГДКГ (ОДК), мг/кг	2	2	1	2	5	2	5	2
2	Клас небезпеки у ґрунті	1	1	1	1	2	2	2	2
3	ГДКВ (ОДР, ОБРВ), мг/л	0,001	1	0,001	1	0,1	2	0,1	2
4	Клас небезпеки у воді господарсько-питного використання	2	2	2	2	2	2	2	2
5	ГДКр.г. (ОБРВ), мг/л	0,005	2	0,005	2	0,01	2	0,01	2
6	Клас небезпеки у воді рибогосподарського використання	2	2	2	2	3	3	3	3
7	ГДКс.д. (ГДКм.р., ОБРВ), мг/м <sup>3</sup>	0,0003	1	0,0003	1	0,0004	1	0,0004	1
8	Клас небезпеки в атмосферному повітрі	1	1	1	1	2	2	2	2
9	ГДКпх (МДР, МДВ), мг/кг	0,01	2	0,01	2	0	0	0	0
10	Lg(S, мг/л/ГДКВ, мг/л)	3,7	2	8,89	1	6,59	1	6,72	1
11	Lg(Снас, мг/м <sup>3</sup> /ГДКр.з)	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Lg(Снас, мг/м <sup>3</sup> /ГДКс.д. чи ГДКм.р.)	0	0	0	0	0	0	0	0
13	lg Kow(октанол/вода)	72	2		0		0		0
14	LD <sub>50</sub> , мг/кг	0	0	47	2	40	2	39	2
15	LC <sub>50</sub> , мг/м <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0
16	LC <sub>50</sub> <sup>водн.</sup> , мг/л/96 год.	0	0	0	0	0	0	35	1
17	БД= БСК <sub>5</sub> /ХСК	0	0	0	0	0	0	0	0
18	Персистентність	0	0	0	0	0	0	0	0
19	Біоаккумуляція	0	0	Накопичення у декількох ланках	2	0	0	0	0

Продовження Додатку В

№ з/п	Найменування первинних показників небезпеки компонента відходу	MnCl <sub>2</sub>		CuSO <sub>4</sub>		CuCl <sub>2</sub>		As <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
		значення показників	бал	значення показників	бал	значення показників	бал	значення показників	бал
1	ГДКГ (ОДК), мг/кг	1500	4	3	2	3	2	2	2
2	Клас небезпеки у ґрунті	3	3	2	2	2	2	1	1
3	ГДКВ (ОДР, ОБРВ), мг/л	0,1	2	1	3	1	3	0,05	2
4	Клас небезпеки у воді господарсько-питного використання	3	3	3	3	3	3	2	2
5	ГДКр.г. (ОБРВ), мг/л	0,01	2	0,004	2	0,001	2	0,05	3
6	Клас небезпеки у воді рибогосподарського використання	4	4	0	0	3	3	3	3
7	ГДКс.д. (ГДКм.р., ОБРВ), мг/м <sup>3</sup>	0,001	1	0,001	1	0,002	1	0,003	1
8	Клас небезпеки в атмосферному повітрі	2	2	2	2	2	2	2	2
9	ГДКпх (МДР, МДВ), мг/кг	0	0	0,4	2	0,5	2	0,2	2
10	Lg(S, мг/л/ГДКВ, мг/л)	6,87	1	5,31	1	5,87	1	5,87	1
11	Lg(Снас, мг/м <sup>3</sup> /ГДКр.з)	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Lg(Снас, мг/м <sup>3</sup> /ГДКс.д. чи ГДКм.р.)	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Ig Kow(октанол/вода)		0		0		0		0
14	LD <sub>50</sub> , мг/кг	450	3	43	2	140	2	13	1
15	LC <sub>50</sub> , мг/м <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0
16	LC <sub>50</sub> <sup>водн</sup> ; мг/л/96 год.	0	0	0	0	0	0	0	0
17	БД= БСК <sub>5</sub> /ХСК	0	0	0	0	0	0	0	0
18	Персистентність	0	0	0	0	0	0	0	0
19	Біоаккумуляція	0	0	0	0	0	0	Накопичення у декількох ланках	2

Продовження Додатку В

№ з/п	Найменування первинних показників небезпеки компонента відходу	NiCl <sub>2</sub>		NiSO <sub>4</sub>		HgCl <sub>2</sub>		PbSO <sub>4</sub>	
		значення показників	бал	значення показників	бал	значення показників	бал	значення показників	бал
1	ГДКГ (ОДК), мг/кг	4	2	4	2	2,1	2	32	3
2	Клас небезпеки у ґрунті	2	2	2	2	1	1	1	1
3	ГДКВ (ОДР, ОБРВ), мг/л	0,1	2	0,1	2	0,0005	1	0,03	2
4	Клас небезпеки у воді господарсько-питного використання	3	3	3	3	1	1	2	2
5	ГДКр.г. (ОБРВ), мг/л	0,01	2	0,01	2	0,00001	1	0,006	2
6	Клас небезпеки у воді рибогосподарського використання	3	3	3	3	1	1	2	2
7	ГДКс.д. (ГДКм.р., ОБРВ), мг/м <sup>3</sup>	0,0002	1	0,001	1	0,0003	1	0,0003	1
8	Клас небезпеки в атмосферному повітрі	1	1	1	1	1	1	1	1
9	ГДКпх (МДР, МДВ), мг/кг	0	0	0	0	0,002	1	0,3	2
10	Lg(S, мг/л/ГДКВ, мг/л)	6,79	1	6,58	1	8,12	1	3,18	2
11	Lg(Снас, мг/м <sup>3</sup> /ГДКр.з)	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Lg(Снас, мг/м <sup>3</sup> /ГДКс.д. чи ГДКм.р.)	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Ig Kow(октанол/вода)		0		0		0		0
14	LD <sub>50</sub> , мг/кг	105	2	50	2	17,5	2	0	0
15	LC <sub>50</sub> , мг/м <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0
16	LC <sub>50</sub> <sup>водн</sup> ; мг/л/96 год.	0	0	0	0	0	0	0	0
17	БД= БСК <sub>5</sub> /ХСК	0	0	0	0	0	0	0	0
18	Персистентність	0	0	0	0	0	0	0	0
19	Біоаккумуляція	0	0	0	0	Накопичення у всіх ланках	1	0	0

## Продовження Додатку В

№ з/п	Найменування первинних показників небезпеки компонента відходу	Sb		SbCl <sub>3</sub>		CrO <sub>3</sub>		ZnO	
		значення показників	бал	значення показників	бал	значення показників	бал	значення показників	бал
1	ГДКГ (ОДК), мг/кг	4,5	2	4,5	2	6	2	23	3
2	Клас небезпеки у ґрунті	2	2	2	2	2	2	1	1
3	ГДКВ (ОДР, ОБРВ), мг/л	0,05	2	0,05	2	0,05	2	1	3
4	Клас небезпеки у воді господарсько-питного використання	2	2	2	2	3	3	3	3
5	ГДКр.г. (ОБРВ), мг/л	0	0	0	0	0,02	3	0,01	2
6	Клас небезпеки у воді рибогосподарського використання	0	0	0	0	3	3	3	3
7	ГДКс.д. (ГДКм.р., ОБРВ), мг/м <sup>3</sup>	0,01	2	0,01	2	0,0015	1	0,05	2
8	Клас небезпеки в атмосферному повітрі	3	3	0	0	1	1	3	3
9	ГДКпх (МДР, МДВ), мг/кг	0	0	0	0	0,2	2	3	3
10	Lg(S, мг/л/ГДКВ, мг/л)	0	0	8,26	1	7,52	1	0	0
11	Lg(Снас, мг/м <sup>3</sup> /ГДКр.з)	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Lg(Снас, мг/м <sup>3</sup> /ГДКс.д. чи ГДКм.р.)	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Ig Kow(октанол/вода)		0		0		0		0
14	LD <sub>50</sub> , мг/кг	90	2	13	1	0	0	0	0
15	LC <sub>50</sub> , мг/м <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0
16	LC <sub>50</sub> <sup>водн</sup> ; мг/л/96 год.	0	0	0	0	0	0	0	0
17	БД= БСК <sub>5</sub> /ХСК	0	0	0	0	0	0	0	0
18	Персистентність	0	0	0	0	0	0	0	0
19	Біоаккумуляція	Накопичення у всіх ланках	1	Накопичення у декількох ланках	2	0	0	0	0



Продовження Додатку В

№ з/п	Найменування первинних показників небезпеки компонента відходу	ZnSO <sub>4</sub>		ZnCl <sub>2</sub>		Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>		Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	
		значення показників	бал	значення показників	бал	значення показників	бал	значення показників	бал
1	ГДКГ (ОДК), мг/кг	23	3	23	3	32	3	160	4
2	Клас небезпеки у ґрунті	1	1	1	1	1	1	0	0
3	ГДКВ (ОДР, ОБРВ), мг/л	1	3	1	3	0,03	2	0,3	3
4	Клас небезпеки у воді господарсько-питного використання	3	3	3	3	2	2	3	3
5	ГДКр.г. (ОБРВ), мг/л	0,01	2	0,01	2	0,006	2	0,1	3
6	Клас небезпеки у воді рибогосподарського використання	3	3	0	0	2	2	4	4
7	ГДКс.д. (ГДКм.р., ОБРВ), мг/м <sup>3</sup>	0,008	1	0,005	1	0,0003	1	0,007	1
8	Клас небезпеки в атмосферному повітрі	2	2	0	0	1	1	3	3
9	ГДКпх (МДР, МДВ), мг/кг	10	3	3	3	0,5	2	0	0
10	Lg(S, мг/л/ГДКВ, мг/л)	5,58	1	6,57	1	7,27	1	6,52	1
11	Lg(Снас, мг/м <sup>3</sup> /ГДКр.з)	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Lg(Снас, мг/м <sup>3</sup> /ГДКс.д. чи ГДКм.р.)	0	0	0	0	0	0	0	0
13	lg Kow(октанол/вода)		0		0		0		0
14	LD <sub>50</sub> , мг/кг	0	0	0	0	0	0	1389	3
15	LC <sub>50</sub> , мг/м <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0
16	LC <sub>50</sub> <sup>водн.</sup> , мг/л/96 год.	0	0	0	0	0	0	0	0
17	БД= БСК <sub>5</sub> /ХСК	0	0	0	0	0	0	0	0
18	Персистентність	0	0	0	0	0	0	0	0
19	Біоаккумуляція	0	0	0	0	0	0	0	0

Продовження Додатку В

№ з/п	Найменування первинних показників небезпеки компонента відходу	FeS		Fe(OH) <sub>3</sub>		MnBr <sub>2</sub>		Mn(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	
		значення показників	бал	значення показників	бал	значення показників	бал	значення показників	бал
1	ГДКГ (ОДК), мг/кг	160	4	0	0	700	4	700	4
2	Клас небезпеки у ґрунті	0	0	0	0	3	3	3	3
3	ГДКВ (ОДР, ОБРВ), мг/л	0,000001	1	0,3	3	0,1	2	0,1	2
4	Клас небезпеки у воді господарсько-питного використання	3	3	3	3	3	3	3	3
5	ГДКр.г. (ОБРВ), мг/л	0,1	3	0	0	0,01	2	0,01	2
6	Клас небезпеки у воді рибогосподарського використання	4	4	0	0	4	4	4	4
7	ГДКс.д. (ГДКм.р., ОБРВ), мг/м <sup>3</sup>	0,04	2	0	0	0,001	1	0,001	1
8	Клас небезпеки в атмосферному повітрі	3	3	0	0	2	2	2	2
9	ГДКпх (МДР, МДВ), мг/кг	0	0	0	0	0	0	0	0
10	Lg(S, мг/л/ГДКВ, мг/л)	0	0	0	0	7,17	1	7,15	1
11	Lg(Снас, мг/м <sup>3</sup> /ГДКр.з)	0	0	0	0	0	0	0	0
12	Lg(Снас, мг/м <sup>3</sup> /ГДКс.д. чи ГДКм.р.)	0	0	0	0	0	0	0	0
13	Ig Kow(октанол/вода)		0		0		0		0
14	LD <sub>50</sub> , мг/кг	0	0	95	2	12	1	56	2
15	LC <sub>50</sub> , мг/м <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0	0	0
16	LC <sub>50</sub> <sup>водн.</sup> , мг/л/96 год.	0	0	0	0	0	0	0	0
17	БД= БСК <sub>5</sub> /ХСК	0	0	0	0	0	0	0	0
18	Персистентність	0	0	Токс. близька до токсич. вихід. речов.	3	0	0	0	0
19	Біоаккумуляція	0	0	Накопичення в одній з ланок	3	0	0	0	0

Продовження Додатку В

№ з/п	Найменування первинних показників небезпеки компонента відходу	KMnO <sub>4</sub>		HgCl <sub>2</sub>		PbCl <sub>2</sub>		As <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (V)	
		значення показників	бал	значення показників	бал	значення показників	бал	значення показників	бал
1	ГДКГ (ОДК), мг/кг	700	4	2,1	2	32	3	2	2
2	Клас небезпеки у ґрунті	3	3	1	1	1	1	1	1
3	ГДКВ (ОДР, ОБРВ), мг/л	0,1	2	0,0005	1	0,03	2	0,05	2
4	Клас небезпеки у воді господарсько-питного використання	3	3	1	1	2	2	2	2
5	ГДКр.г. (ОБРВ), мг/л	0,01	2	0,00001	1	0,006	2	0,05	3
6	Клас небезпеки у воді рибогосподарського використання	4	4	1	1	2	2	3	3
7	ГДКс.д. (ГДКм.р., ОБРВ), мг/м <sup>3</sup>	0,001	1	0,0003	1	0,0003	1	0,003	1
8	Клас небезпеки в атмосферному повітрі	2	2	1	1	1	1	2	2
9	ГДКпх (МДР, МДВ), мг/кг	0	0	0,002	1	0,1	2	0,2	2
10	Lg(S, мг/л/ГДКВ, мг/л)	5,81	1	8,12	1	5,52	1	7,12	1
11	Lg(Снас, мг/м <sup>3</sup> /ГДКр.з)	0	0	0	0	0	0		
12	Lg(Снас, мг/м <sup>3</sup> /ГДКс.д. чи ГДКм.р.)	0	0	0	0	0	0		
13	Ig Kow (октанол/вода)		0		0		0		
14	LD <sub>50</sub> , мг/кг	750	3	17,5	2	0	0		
15	LC <sub>50</sub> , мг/м <sup>3</sup>	0	0	0	0	0	0		
16	LC <sub>50</sub> <sup>водн.</sup> , мг/л/96 год.	0	0	0	0	0	0		
17	БД= БСК <sub>5</sub> /ХСК	0	0	0	0	0	0		
18	Персистентність	0	0	0	0	0	0		
19	Біоаккумуляція	0	0	Накопичення у всіх ланках	1	0	0	Накопичення у декількох ланках	2

**БОРИСОВСЬКА Олена Олександрівна**

**ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ВІДХОДІВ ТА РЕЦИКЛІНГ  
МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ**

для студентів спеціальностей 101 «Екологія» та  
183 «Технології захисту навколишнього середовища»

Друкується в редакційній обробці автора

Підписано до друку 20.02.2019 р. Формат 30 x 42/4.  
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 2,4.  
Обл.-вид. арк. 2,4. Тираж 30 прим. Зам. №

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»  
49005, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19.