

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХЕРСОНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Медичний факультет
Кафедра хімії та фармації

**ВИКОРИСТАННЯ ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН
З ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВ ЯК СОРБЕНТІВ
ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД**

Кваліфікаційна робота (проект)
на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

Виконав: здобувач 06-242М групи
Спеціальності 102 Хімія
Освітньо-професійної програми
«Хімія»
Качківський Павло Васильович

Керівник: кандидатка технічних наук,
доцентка
Попович Тетяна Анатоліївна

Рецензентка: кандидатка технічних наук,
доцентка кафедри хімічних технологій,
експертизи та безпеки харчових продуктів
Херсонського національного технічного
університету
Венгер Олена Олексіївна

Івано-Франківськ , 2024

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ ОГЛЯД ПИТАННЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД	8
1.1. Поняття «стічні води», їх склад та властивості.....	8
1.2. Види забруднюючих речовин у стічних водах.....	11
1.3. Аналіз технологій очищення стічних вод промислових підприємств.....	18
РОЗДІЛ 2. ВІДХОДИ ВИРОБНИЦТВА ЯК ДЖЕРЕЛО ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД	26
2.1. Хімічний склад відходів та особливості їх використання в очистці стічних вод	26
2.2. Оцінка ефективності використання різних видів хімічних речовин у процесах очистки стічних вод.....	30
РОЗДІЛ 3. ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ В ОЧИСТЦІ СТІЧНИХ ВОД	34
3.1. Приклади успішного використання відходів в очистці стічних вод у різних країнах Європи та світу.....	34
3.2. Переваги та недоліки використання відходів для очистки стічних вод.....	38
3.3. Порівняльний аналіз використання традиційних сорбентів та відходів виробництв в очистці стічних вод.....	41
ВИСНОВКИ	48
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	51
ДОДАТКИ	59
ДОДАТОК А. Перелік виробничих процесів, під час здійснення яких споживач повинен мати локальні очисні споруди для попереднього очищення стічних вод перед їх скиданням до системи централізованого	

водовідведення та очищення стічних вод.....	60
ДОДАТОК Б. Допустимий вміст важких металів в осадах стічних вод, що можуть використовуватися для удобрювання.....	63
ДОДАТОК В. Вимоги до складу та властивостей стічних вод, що скидаються до системи централізованого водовідведення, для безпечного їх відведення та очищення на очисних спорудах системи централізованого водовідведення.....	64
ДОДАТОК Г. Допустимі величини показників якості стічних вод	65

ВСТУП

Актуальність теми. Проблема очистки стічних вод є однією із найактуальніших проблем сьогодення, оскільки скиди стічних вод призводять до масштабних забруднень водних об'єктів. Саме тому постає питання у розробці ефективних та сучасних методів очистки стічних вод. Ще однією не менш актуальною проблемою – є проблема накопичення відходів, які часто розміщують на сміттєзвалищах, що створюють екологічні та економічні проблеми. Використання відходів у якості сорбентів для очищення стічних вод вважається найефективнішим інноваційним підходом у вирішенні сформованих проблем [1, с. 154].

Перевагами запропонованого рішення є те, що сорбційні матеріали виділені з відходів дозволять зменшити масштаби накопичення відходів з вітчизняних підприємств та ефективно очищувати стічні води без значних матеріальних і енергетичних витрат. Поряд з цим дане інноваційне рішення задовольняє принципи сталого розвитку, так як використання відходів у якості сорбентів для очистки стічних вод сприятиме переходу економіки до замкненого циклу, де відходи перетворюються на ресурси [2, с. 284]

У розвинених країнах Європи відходи виробничих підприємств вже давно використовують для очистки стічних вод, особливо активно використовується осад стічних вод у різних галузях промисловості: у вигляді добрив активно використовується у сільськогосподарській галузі; як живильний компонент для здійснення процесу рекультивації звалищ та кар'єрів; сировина для отримання таких простих речовин, як фосфор, азот, сірка. Для України проблема використання відходів у якості сорбентів є досить актуальною, оскільки на нашій території накопичено вже більше ніж 5 млрд. т. відходів виробництв, які щороку збільшуються [2, с. 285].

Саме через це в Україні постає нагальна проблема, щодо пошуку та розробки оптимальних технологій утилізації відходів шляхом виділення з них цінних хімічних елементів, які можуть бути ефективними сорбентами в процесах очистки стічних вод.

Аналіз останніх публікацій та досліджень. Над питанням очистки стічних вод вітчизняних промислових виробництв від різних видів забруднювачів працювали наступні дослідники: Ковров О. С. [3]; Зубко С. О. [14] Пилипчук Л. Л. [22]; Нестер А. А. [28]. Проблемою удосконалення традиційних методів очистки за використанням відходів виробництв займалися наступні дослідники: Мовлонов І. [11]; Сидорчук О. В. [21]; Кучеренко Є. В., Будащ Ю. О. [23]; Коваленко О. [24], Матіюк С., Грибінко В. [26]; Павлюх Л. І. [35]

Проблема використання відходів у процесах очистках стічних вод вітчизняних підприємств є недостатньо вивченою, існують проблеми у наступних питаннях: стандартизації хімічних речовин у складі відходів; розробці ефективних механізмів для здійснення попередньої обробки відходів та методів вилучення з них речовин з сорбційними властивостями. Аналіз останніх напрацювань підкреслює актуальність цієї теми у науковій спільноті, що і зумовило вибір теми нашого дослідження «Використання хімічних речовин з відходів виробництв як сорбентів для очищення стічних вод».

Зв'язок роботи з науковими планами, темами та програмами. Робота виконана у відповідності до науково-дослідної роботи кафедри за темою: «Аналітичні дослідження та сучасні ресурсозберігаючі і екологічно чисті процеси і технології».

Мета дослідження: визначення асортименту хімічних речовин вилучених з відходів промислових виробництв, які можуть бути використанні у якості ефективний сорбуючих компонентів для очищення стічних вод.

Завдання дослідження:

1. Розглянути види забруднюючих речовин в складі стічних вод.
2. Здійснити загальний огляд методів очищення стічних вод від поллютантів та проаналізувати сучасні технології очищення стічних вод.
3. Розглянути хімічний склад відходів виробництв та особливості їх використання в очистці стічних вод.
4. Оцінити ефективність використання різних видів хімічних речовин у процесах очистки стічних вод в країнах Європи, світу та в Україні.
5. Здійснити порівняльний аналіз використання традиційних сорбентів та відходів виробництв в очистці стічних вод та розглянути їх переваги та недоліки.

Об'єкт дослідження: стічні води.

Предмет дослідження: використання хімічних речовин з відходів виробництв як сорбентів для очищення стічних вод.

Методи дослідження: аналіз, узагальнення, систематизація, класифікація, метод дедукції, аналогії, порівняння, формалізації науково-методичної та нормативної документації у галузі виробничої діяльності із заявленої проблематики дослідження.

Наукова новизна одержаних результатів. Набуло подальшого розгляду питання використання відходів виробництв у процесах очистки стічних вод; проведено порівняльний аналіз інноваційних методів очистки стічних вод, який демонструє переваги та недоліки використання кожного з них у процесах очистки стічних вод у порівнянні із існуючими традиційними сорбентами.

Практичне значення отриманих результатів. Результати дослідження можуть використовуватися при розробленні навчально-методичного комплексу дисциплін «Хімія природних, стічних вод та хімія атмосфери» за темою «Хімія стічних вод», а також в курсі фізикоїдної хімії за темою «Адсорбція» для здобувачів бакалаврського

рівня вищої освіти за спеціальностями 102 Хімія та 014 Середня освіта спеціалізація 014.06 Хімія.

Апробація результатів дослідження. Оpubліковано наукову статтю «Відходи промислових виробництв як сорбенти для очищення водних об'єктів» у електронному збірнику праць VIII міжнародної наукової конференції «Наукові тренди постіндустріального суспільства» (Україна, м. Суми, 27 вересня 2024р.).

Структура роботи. Випускна робота складається з вступу, основної частини, яка представлена трьома розділами, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи складає 70 сторінок, основний зміст роботи складає 50 сторінки.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНИЙ ОГЛЯД ПИТАННЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

1.1. Поняття «стічні води», їх склад та властивості

Поняття «стічні води» включає в себе різні види вод, які відрізняються одна від одної за походженням, фізико-хімічними властивостями та хімічним складом, які людина використовує у різних побутових чи технологічних цілях. У відповідності до чинного «Водного кодексу України», під поняттям «стічні води» розуміють – води, що утворилися у процесах виробничої та господарсько-побутової діяльності людини, яка відведена із території, на якій вона утворилася.

Серед основних джерел забруднення та засмічення стічних вод виділяють: діяльність великих комунальних та промислових підприємств; відходи, утворенні при розробці корисних копалин; води, що утворюються у шахтах та рудниках; води від великих тваринницьких комплексів. Забруднюючі речовини, які потрапляють до води здатні змінювати якість та склад води, в основу це позначається на хімічному складі (поява токсичних та небезпечних речовин) та фізичних властивостях (зміна кольору, запаху, присмаку). Забруднюючі речовини мають здатність відкладатися на дні водоймищ, водовідвідних систем тощо [3, с. 260].

Найпоширенішою класифікацією стічних вод є класифікація за їх складом, у відповідності до якої стічні води поділять на три основні групи [4, с. 70]:

1. Виробничі води, які утворюються за рахунок виробництва різних продуктів харчування, матеріалів та виробів. До таких стічних вод відносять: технологічні стічні води; промислові води; кар'єрні води; стічні води, що утворенні за рахунок здійснення процесу охолодження технологічної апаратури; шахтні стічні води; стічні води

хімводоочищення. Виробничі стічні води поділяють на п'ять основних видів, які залежать від основних видів забруднюючих речовин [5, с. 210]:

- виробничі води із біологічно нестійкими органічними речовини;
- виробничі води із токсичними речовинами (солі важких металів);
- виробничі води із малотоксичними органічними солями;
- виробничі води, що містять у своєму складі нафтопродукти;
- виробничі води, що містять у своєму складі жорсткі поверхнево-активні речовини.

Окрім заявлених забруднюючих речовин виробничі стічні води можуть містити у своєму складі колоїдні домішки, дрібно- чи грубо-дисперсні домішки. В залежності від видів забруднюючих речовин густина стічних виробничих вод може бути більшою або меншою за густину води.

2. Господарсько-побутові води, утворюються у житлових та комунальних будинках та домогосподарствах. Утворенні господарсько-побутові води надходять у головну водовідвідну систему. Стічні води даної категорії містять у собі як фізіологічні виділення людей, так і господарські відходом (пральні порошки, мийні засоби, залишки продуктів харчування). Головною особливістю стічних вод даної групи є відсутність постійного складу, що залежить від виду господарської діяльності.

3. Атмосферні стічні води – це води, які утворюються за рахунок опадів (танення снігу, дощ). Основний склад атмосферних стічних вод: органічні речовини (за вмістом яких атмосферні стічні води відносять до класу слабо забруднених), неорганічні речовини, а також пісок та сміття, які змиваються з вулиць міст. Склад атмосферних стічних вод не є сталим, так як залежить від: геологічних умов місцевості; наявності промислових

виробництв у досліджуваній місцевості; наявності дієвих систем водовідведення та схем очистки стічних вод.

Переховані типи стічних вод обов'язково потребують очищення, через те що в їх складі присутні токсичні та небезпечні хімічні речовини у різних концентраціях, що можуть значно перевищувати встановлені гранично-допустимі концентрації. У відповідності до класифікації стічних вод, їх видів забруднення обирають відповідні методи очищення стічних вод з метою їх подальшого скидання або повторного використання [5, с. 212].

Основними характеристиками стічних вод є [6, с. 42]:

- Масштаби утворення стічних вод (кількість утворення стічних вод). Одиниці вимірювання – м³ за добу; м³ за годину; м³ за робочу зміну.

- Види забруднюючих речовин, що характеризується концентрацією забруднюючих речовин та ступенем перевищення встановлених норм ГДК. Одиниці вимірювання мг/м³ (для газоподібних речовин); мг/дм³ (для рідних хімічних речовин); мг/кг (для твердих хімічних речовин).

Склад стічних вод змінюється в залежності від джерела їх походження, але в загальному до складу стічних вод входять наступні хімічні речовини [7, с. 90]:

1. Органічні речовини: рослинні жири, етанол, метанол, поверхнево-активні речовини; органічні кислоти; залишки їжі та мікроорганізми.

2. Неорганічні речовини: солі важких металів; хлориди та сульфати.

3. Патогенні мікроорганізми: грибки, бактерії та віруси.

4. Інші хімічні речовини: пестициди, нафтопродукти, миючі засоби тощо.

Основними забруднювачами стічних вод є [8, с. 65]: хімічні речовини текстильного виробництва – завислі речовини, барвники, миючі засоби та органічні сполуки (що підвищують показники БПК – біологічна потреба кисню, та ХСК – хімічне споживання кисню).

- Ступінь рівномірності (нерівномірності) – характеристика, яка контролює процес надходження стічних вод у відповідні водовідвідні системи. Дана характеристика зазвичай визначається нерівномірним надходженням утворених стічних вод за годину, або за добу.

Тобто, стічні води мають досить широку класифікацію, проте за найголовнішою класифікацією стічні води відрізняють одне від одного за своїми хімічними властивостями. Знання складу стічних вод є головною умовою при обранні методів очистки та розробці оптимальної технологічної схеми очисних споруд.

1.2. Види забруднюючих речовин у стічних водах

Забруднення, що присутнє у стічних водах також прийнято класифікувати за різними ознаками, таким як: за походженням забруднення; за їх основним фазово-дисперсним станом. Стічні води обов'язково повинні підлягати очищенню за допомоги використання різних методів очищення. Для цього потрібно знати чіткий склад води та концентрації забруднюючих речовин.

Класифікація забруднюючих речовин за їх походженням [9, с. 319]:

1. Мінеральне забруднення, яке спричинене переважання у стічних водах розчинів мінеральних солей, кислот, лугів; глини; шлаку; піску та мінеральних масл.

2. Органічне забруднення спричинене переважання у стічних водах продуктів рослинного та тваринного походження. Серед продуктів тваринного походження варто виділити: клейові речовини та залишки жирових тканин тварин. До продуктів рослинного походження відносять:

залишки овочів та фруктів, залишки від паперової промисловості; органічні сполуки (кислоти, спирти, нітрогеновмісні органічні сполуки, ефіри тощо). Органічні забруднення за їх хімічним складом поділяють на нітрогеновмісні та без нітрогеновмісні сполуки (жири та вуглеводи).

Найчастіше у стічних водах зустрічають саме вуглеводи, так як: глюкоза та лактоза (молочний цукор), а також представники класу дисахаридів (сахароза). Відмітимо, що серед вагомих компонентів господарсько-побутових вод виділяють групу полісахаридів, які є нерозчинними у воді. У виробничих стічних водах переважає такий полісахарид як, целюлоза, що зазвичай перебуває у завислому стані, тобто складає основу твердої фази стічної води. Забруднення органічного походження переважно у стічних водах перебувають у нерозчинному (рідко розчинному) та колоїдному стані. Видалення органічних забруднень може відбуватися за рахунок використання стандартних фільтрових установок.

3. Біологічне та бактеріальне забруднення утворюється за рахунок активного розвитку різних типів бактерій та грибків, що здатні створити серйозну епідеміологічну небезпеку. Розрізняють декілька видів небезпечних мікроорганізмів при бактеріальному забрудненні [10, с. 111]:

- сапрофітні бактерії (даний тип бактерій вважається безпечним).

Серед основних представників класу: личинки комах, плісняві грибки; водорості та дріжджі.

- хвороботворні бактерії (клас небезпеки – високий). Серед представників даного класу виділяють: збудник дизентерії; збудник черевного тифу; збудник паратифу).

Забруднення також класифікують за їх фазово-дисперсним станом, у відповідності до цієї класифікації поділяють на чотири групи: (а) нерозчинні домішки у вигляді великих зважених частинок, або суспензій або емульсій. Розмір частинок коливається від декількох міліметрів до 0,1 мікрокм; (б) у вигляді колоїдних частинок, розміром від

0,1 до 0,001 мікрокм; (в) у вигляді розчинних речовин розміром частинок, що не перевищує 0,001 мікрокм. Такі домішки утворюють істинний розчин; (г) домішки, розміри яких є менше за 0,0001 мікрокм, що відповідає іонному ступеню дисперсності. Такий стан характерний для розчинів лугів, кислот, а також для розчину солей [11, с. 411].

Якість стічних вод та концентрація в них забруднюючих речовин залежить від типу виробництва, вихідної сировини, а також від дієвих схем технологічної очистки утворених забруднюючих стічних вод. Тобто, металообробні підприємства характеризуються переважанням мінерального забруднення, тоді коли харчова промисловість характеризується переважанням органічного забруднення. Нажаль більшість вітчизняних підприємств характеризуються високим ступенем забруднюваності стічних вод. Концентрація забруднення є неоднаковою, тобто вона коливається в доволі широких межах та залежить від виробничого устаткування, можливостей вдосконаленості технологічного процесу очистки, а також від кількості утворення стічних вод. Концентрація хімічних речовин у стічних водах є змінною характеристикою, яка залежить від технологічних схем виробництва матеріалів (продукції). Коливання концентрації є небажаним фактором, так як це ускладнює роботу очисних споруд.

Нижче представимо порівняльний аналіз видів забруднюючих речовин на різних підприємствах (див. таблиця 1.1.) [11, 12]

Таблиця 1.1

Порівняльний аналіз видів забруднювачів на різних підприємствах

Види підприємств	Основні типи забруднення	Концентрація
Харчова промисловість	Висока концентрація органічних сполук: вуглеводи, жири та цукри	В межах від 300 до 800 мг/л

Продовження таблиці 1.1

Текстильна промисловість	Висока токсичність барвників, поверхнево-активних речовин та важких металів	В межах від 50 до 300 мг / л.
Підприємства з виробництва хімікатів	Висока концентрація токсичних органічних сполук: пестициди, органічні розчинники.	В межах від 100 до 500 мг / л
Чорна металургія	Високі концентрації важких металів (кадмій, свинець), кислот та лугів.	В межах від 20 до 200 мг / л
Нафтова промисловість	Висока концентрація нафтопродуктів, а також солей важких металів.	В межах від 50 до 400 мг / л
Целюлозно-паперові підприємства	Висока концентрація органічних сполук (деревне волокно, целюлоза).	В межах від 400 до 2000 мг / л
Сільське господарство	Висока концентрація добрив (нітратів, фосфатів), присутність пестицидів.	В межах від 10 до 100 мг / л

Отже, здійснивши аналіз основних типів забруднювачів на різних підприємствах дійшли висновку, що вміст токсичних та небезпечних речовин залежать від основного виду діяльності підприємства, виробничого устаткування та технологічних схем очищення стічних вод. Різноманітність складу стічних вод формує нагальну проблему, в обранні тих показників, які максимально точно можуть встановити рівень забруднюваності. Показники забруднення стічних вод поділяють на групові та сумарні показники [13, с. 86].

До основних показників забруднення стічних вод відносять: група органолептичних показників – температура, запах, смак, зовнішній

вигляд та консистенція, а також група хімічних показників – величина рН, сухий залишок, показник втрати при проколюванні, перманганатна окисність, ХСК (хімічне споживання кисню), БСК (біохімічна потреба кисню), показник Нітроген нітратний та нітритний; фосфати, нітрати, хлориди, важкі метали та інші токсичні сполуки, вміст поверхнево-активних речовин; вміст нафтопродуктів; мікробне число; бактеріальне число (число кишкової палички); присутність яйців гельмінтів (див. табл. 1.2) [10, 11, 12, 13]. Також у число обов'язкових аналізів включають аналізи на вміст спеціальних домішок.

Таблиця 1.2

Основні показники забруднення стічних вод

Показник	Опис	Умови визначення	Нормативи
Температура	Впливає на в'язкість та процес седиментації	Висока температура знищує ступінь очистки стічних вод	Оптимальний діапазон досліджень 20-25 °С.
Запах	Виявляє наявність летючих речовин	Якісне визначення проводять при температурі приблизно 60-65 °С	Запах гнилий, гасований або фенольний.
Колір	Інтенсивний колір вказує на виробничі стоки	Розводять до отримання безбарвного кольору (1 до 1400)	Забруднені води жовтуватого – бурого кольору.
рН	Важливий показник для хімічних досліджень	Різка зміна рН уповільнює хімічні реакції.	Від 6,5 до 8,5
Прозорість	Описує загальний ступань забруднення	Глибина від 1 до 3 см	Низький рівень прозорості – високий рівень забруднення.

Продовження таблиці 1.2

Сухий залишок	Визначає загальну кількість органічних та мінеральних домішок	Випарювання, висушування при температурі 105 °С.	Від 500 до 2000 мг/л
Зольність сухого залишку	Визначає вміст мінеральних домішок	Прожарювання при температурі не менше 600 °С.	20-60 % від загальної маси сухого залишку.
Завислі речовини	Визначення кількості домішок, що залишаються на фільтрах	Шляхом фільтрування проби	В межах від 100 до 500 мг / л.
Зольність завислих речовин	Визначення (%) вмісту мінеральної частини	Визначення проводить після прожарювання. Проводять оцінку якості отриманих завислих речовин	20-70 % від маси завислих речовин
Осідаючі речовини	Визначення завислих речовин, що осідають на протязі перших двох годин відстоювання	Метод відстоювання	Повинен складати 50-75 % від загальної концентрації завислих речовин
Перманганатна окисність	Визначення ступеня забруднення стічних вод органічними сполуками	Окиснення проби води калій перманганатом	30-50 мг /г (для стічних вод, які попередньо пройшли очистку).
БСК (біохімічне споживання кисню)	Визначення ступеня БСК	За допомоги термостата на протязі 5 або 20 днів за температури 20 °С.	В межах від 20 до 100 мг /л.

Продовження таблиці 1.2

ХСК (хімічне споживання кисню)	Визначення загального ступеня забруднення.	Реакція окиснення за використанням розчинів сульфатної кислоти та кальцій йодиду.	В межах від 100 до 300 мг / л
Фосфати	Визначення вмісту фосфорних сполук	Колориметричний метод	В межах від 5 до 10 мг/л
Хлориди	Визначення вмісту хлоридів	Хроматографічний метод	В межах від 180 до 300 мг/л
Сульфати	Визначення вмісту сульфатів	Іоно-хроматографічний метод	В межах від 80 до 160 мг/л
Нітрогенові сполуки	Визначення Нітрогеновмісних забруднень	Аналіз на вміст вільного азоту, Нітроген нітратного та нітритного.	Від 30 до 50 мг/г
Розчинний кисень	Визначення концентрації кисню у стічних водах.	Вимірювання проводить за допомоги оксиметра.	4 мг/л

Таблиця 1.2. у повній мірі висвітлює найважливіші показники, які визнають ступінь забруднення стічних вод, їх методи визначення та важливість здійснення даної оцінки. У таблиці представлені також нормативні значення по заявленим показникам, їх значення може змінюватися в залежності від типу підприємства та виду стічних вод.

Поряд із органолептичними та хімічними показниками виділяють групу санітарно-бактеріологічних показників, а саме: визначення загальної кількості кишкової палички; мікробне число; аналіз на присутність яйця гельмінтів. Мікробне число – є непрямою характеристикою ступеня забруднюваності стічних вод органічними

сполуками. Нормативним показником для стічних вод у межах міста є показник, який лежить в межах від 106-108 мг/л [14, с. 343].

Ступінь забруднення стічних вод визначають за вмістом в них патогенних мікроорганізмів, оцінювання здійснюють безпосередньо за визначенням у зразку води бактерій родини *Enterobacteriaceae*. Найбільше санітарно-показове значення мають бактерії види *Escherichia*, саме за їх кількісним перебуванням встановлюють ступінь забруднення стічної води. За показником визначення кількісного вмісту гелімінтів оцінюють загальний санітарний стан стічної води.

Отже, дослідження показників якості води вважається одним із основних елементів у процесі контролю за рівнем забруднення стічних вод. Важливими показниками є показники всіх трьох груп: органолептичні, хімічні та санітарно-бактеріологічні, які в комплексі дозволяють визначити загальний рівень забруднення стічної води. Отримані результати використовуються при проектуванні та вдосконаленні систем очищення [15, с. 658].

Контроль за цими показниками є необхідним кроком у забезпеченні екологічної безпеки регіону (країни загалом). Нормативні показники зазначені в таблиці 1.2. служать орієнтиром для здійснення ефективної очистки стічних вод та впровадженні сучасних технологічних схем очистки у разі перевищення допустимих концентрацій [16, с. 17].

Тобто, систематичний моніторинг якості стічних вод на виробничих підприємствах сприятиме підтримці належного рівня якості водних об'єктів регіону, поряд з цим попереджувати розвиток негативного впливу на навколишнє середовища.

1.3. Аналіз технологій очищення стічних вод промислових підприємств

Здійснення аналізу сучасних технологій очистки стічних вод є досить важливим елементом у здійсненні охорони навколишнього

середовища та забезпечені реалізації концепції стійкого розвитку. Очищення стічних вод потребує певного апаратного спорядження, хімічних реагентів, які будуть повністю знешкоджувати забруднюючі домішки. Виробничі стічні води в яких концентрація шкідливих речовин перевищує встановлені норми ГДК попередньо очищуються в спеціальних очисних спорудах, а далі доочищаються механічними, хімічними або біологічними методами. До основних методів очистки стічних вод відносять: хімічні методи, фізико-хімічні методи, механічні та біологічні методи.

Обов'язковою вимогою при очистці стічних вод є їх знезараження, яке направлене на знищення патогенних бактерій. Даний процес потрібно проводити після механічного чи біологічного очищення. Найпоширенішими типами знезараження [16, с. 20]:

- хлорування – поширений метод, який ґрунтується на взаємодії хлору з водою з утворенням хлоридної чи гіпохлоридної кислоти;
- озонування – використання озону для дезінфекції, що вимагає спеціального обладнання;
- ультрафіолетове випромінювання – знищення бактерій УФ-світлом.

Хлорування в Україні залишається найефективнішим та найпростішим методом знезараження стічних вод. Всі інші методи є досить перспективними проте потребують спеціального обладнання, тобто вважаються дорогавартісними, що робить їх менш вживаними.

Хімізм процесу знезараження стічних вод на вітчизняних підприємствах [17, с. 54]:

1. Взаємодія хлору з водою відбувається за наступною схемою:

$$\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HCl} + \text{HOCl} \quad [17]$$

2. Нестійка гіпохлоридна кислота розкладається за наступною схемою:



Утворений атомарний Оксиген окислює бактерії та грибки, що призводить безпосередньо до їх загибелі.

3. Приклад реакції знезараження стічної води хлористим вапном відбувається за такою схемою:



Загальна характеристика методів очистки стічних вод (див. табл. 1.3.) [18, 19, 20]. Вибір технології залежить від основних параметрів стічних та їх складу, економічних та екологічних вимог, а також від встановлених вимог щодо очищення.

Таблиця 1.3

Методи очистки стічних вод

Клас методу	Основні методи очистки	Сутність методу (хімізм)
Механічні методи	Метод фільтрування	Проціджування води через фільтрувальну перетинку (паперовий фільтр, тканинний або сітчастий)
	Метод проціджування	Виділення крупних завислих частинок через сито (решітку)
	Метод відстоювання	Повільне розшарування рідкої дисперсної системи
Хімічні методи	Метод нейтралізації	Реакція нейтралізації відбувається у водному розчині між іонами гідратованого водню та гідроксильними групами. Загальна схема реакції: (показник рН повинен = 7). $\text{H}^+ + \text{OH}^- = \text{H}_2\text{O}$
	Метод окиснення / відновлення	В якості окисників використовують: Cl_2 , O_2 , H_2O_2 , KMnO_4 . Загальна схеми реакції у водному розчинні:

Продовження таблиці 1.3

	<p>$\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HCl} + \text{HClO}$ (при умові збільшення рН розчину утворюється більша кількість саме гіпохлоритіонів (-ClO).</p> <p>У кислому середовищі переважає домінування іонів Хлору (-Cl), при рН = 5 утворюється хлоридна кислота, при рН = 10 гіпохлоридна кислота.</p>	
<p>Хімізм методу:</p> <p>Реакція окиснення у лужному середовищі (видалення ціанід іонів):</p> $\text{CN}^- + \text{OH}^- + \text{Cl}_2 = \text{CNO}^- + \text{Cl}^- + 2\text{H}_2\text{O}$ <p>Реакції окиснення (видалення аміногруп):</p> $\text{NH}_3 + \text{HOCl} = \text{NH}_2\text{Cl} + \text{H}_2\text{O} \quad [18]$ $\text{NH}_2\text{Cl} + \text{HOCl} = \text{NHCl}_2 + \text{H}_2\text{O} \quad [18]$ $\text{NHCl}_2 + \text{HOCl} = \text{NCl}_3 + \text{H}_2\text{O} \quad [18]$		
	Хімічне осадження домішок	Вибір способу осадження залежить від фізико-хімічних властивостей розчинних речовин та техноекономічних міркувань.
<p>Хімізм методу (на прикладі осадження іонів Феруму):</p> $\text{FeCl}_2 + \text{O}_2 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{CaCl}_2 + 6 \text{H}_2\text{O}$ $\text{FeSO}_4 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = \text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{CaSO}_4 \quad [19]$ <p>Реакція осадження фосфатів у стічних господарсько-побутових водах:</p> $\text{PO}_4^{3-} + \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 = 2 \text{AlPO}_4 + 3 \text{SO}_4^{2-} \quad [19]$		
Фізико-хімічні методи	Метод сорбції	Поглинання завислих речовин та домішок поверхнею сорбентів. Приклади сорбентів:
	Метод коагуляції	Відбувається укрупнення мілких частинок під дією сил молекулярного притягування, за використання коагулянтів. Приклади коагулянтів:

Продовження таблиця 1.3

	Метод флотації	Метод ґрунтується на різній здатності речовин накопичуватися на поверхні розподілу фаз.
Біологічні методи	Анаеробний метод	Використовують мікроорганізми, які не потребують кисню та здатні ефективно здійснювати відновлювальний процес. Ефективний метод для видалення видалення твердих осадів.
	Аеробний метод	Використовують мікроорганізми, які використовують кисень та здатні ефективно здійснювати окиснювальний процес.
Фізико-хімічні методи	Метод адсорбції	При контакті рідини із твердим тілом молекули рідини здатні переходити на поверхню твердого тіла та фіксуватися на ній. Відбувається за рахунок дії сил Ван-дер-Ваальса.

Найефективнішою групою методів вважаються хімічні методи, які можна використовувати самостійно, або попереду перед біологічними чи фізико-хімічними методами.

Основними методами хімічної очистки стічних вод є реакції нейтралізації та окисно-відновні реакції, які використовують переважно для видалення важких металів, фосфорних сполук, нітратів, фосфатів та інших органічних сполук, для здійснення дезінфекції води та її знебарвлення.

Проте на сьогодні найбільший інтерес складають методи біологічного очистки, так як вони вважаються найдешевшими та більш екологічними у порівнянні із групою хімічних (фізико-хімічних) методів.

Біологічні методи дозволяють знешкоджувати та розкласти органічні сполуки мікроорганізмами в аеробних та анаеробних умовах [20, с. 47].

Порівняльний аналіз ефективності використання біологічних, хімічних та механічних методів очистки стічних вод (див. табл. 1.4.) [20, 21, 22]

Таблиця 1.4

Аналіз ефективності використання традиційних методів очистки стічних вод

Методи	Позитивні аспекти	Негативні аспекти
Механічні методи	Доступний у використанні. Високий рівень очистки від сміття.	Виділяє лише механічні нерозчинні домішки. Лиш його використання в процес очистки є неефективними (лише у комплексі з іншими методами)
Фізико-хімічні методи	Широкий спектр методів очищення.	Високі витрати на купівлю хімічних реагентів. Масивність пристрів.
Хімічні методи	Просто виконання. Можливість виділення цінних хімічних речовин. Можливість проводити очистку в досить кислих та лужних водах.	Додаткове джерело засмічення хімічними реагентами. Дороговартісні методи. Потребують систематичного моніторингу за процесом очистки стічних вод.
Біологічні методи	Високий рівень очистки від органічних забруднювачів. Мінімальні експлуатаційні витрати.	Потребує додаткового попереднього очищення за допомоги хімічних методів очистки.

Механізм біологічного окиснення токсичних речовин в аеробних умовах [21, с. 299]:

Органічні сполуки + кисень + сполуки Нітрогену + сполуки Фосфору = мікроорганізми + вугл. газ + вода + не окиснені розчинні речовини

Механізм біологічного окиснення токсичних речовин в анаеробних умовах [21, с. 300]:

Органічні сполуки + H₂O = NH₄ + CH₄ + CO₂ + HCO₃⁻ (мікроорганізми)

Ефективність використання методів біологічного окиснення залежить від: температури (приблизно 20-30 ° С), рН середовища (оптимальне значення рН від 6,5-7,5); вмісту токсичних речовин (повинні знаходитися в межах допустимих норм); наявності кисневого чи безкисневого процесу; постійна концентрація розчиненого кисню повинна складати не менше 2 мг/л.

Поряд з біологічними методами очистки представимо групу інноваційних методів, які тільки розпочинають свій шлях впроваджуються на вітчизняних виробничих підприємствах [22, с. 60]:

1. Мембранні технології (метод зворотного осмосу та ультрафільтрації – ефективний при очищенні стічних вод на харчових підприємствах; нанофільтрація – ефективний метод для видалення органічних сполук та знешкодження вірусів).

2. Біоінженерія – використання генетично модифікованих організмів для ефективного знешкодження специфічних домішок, які не можна видалити класичними методами очистки.

3. Кластерні технології – на основі використання так званих «розумних систем управління», що забезпечують автоматизований процес очищення стічних вод у реальному часі.

4. Інтегровані технології очистки – поєднання кількох технологій одночасно (біологічних, механічних та хімічних) з метою максимального очищення стічної води.

Поєднання інноваційних та класичних методів очистки стічних вод значно покращать стан довкілля, підвищать ефективність процесу очистки та знизять витрати.

Впровадження новітніх рішень є важливим кроком у питання збереження водних ресурсів [23, с. 1].

РОЗДІЛ 2

ВІДХОДИ ВИРОБНИЦТВА ЯК ДЖЕРЕЛО ХІМІЧНИХ РЕЧОВИН ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

2.1. Хімічний склад відходів та особливості їх використання в очистці стічних вод

Досліджуючи особливості хімічного складу відходів виробництва варто звернути увагу на ключові характеристики цих відходів (вони знано різняться між собою через сферу їх використання та методів отримання на різних виробництвах). Серед таких ключових ознак виділимо [24, с. 50]:

- від кількості та різноманітності хімічних сполук у відходах. Склад відходів залежить від джерела їх утворення (наприклад відходи побутові відходи за своїм складом значно відрізняються від промислових відходів).
- токсичність відходів за наявності в їх складі речовин, що можуть зашкодити навколишньому середовищу. Відходи, що містять значну частину органічних забруднювачів вважаються мутагенними та канцерогенними, які не можна використовувати повторно.
- стійкість до розкладу: деякі речовини не піддаються розкладу та мають особливість до накопичування у довкіллі.
- рівень вологості в отриманих відходах, що впливає на обрання методу утилізації. Наприклад: занадто вологі відходи ефективні для процесів компостування (або у процесі виготовленні біогазу).
- значення рН показнику, що впливає на процес обробки, нейтралізації та утилізації відходів. Примітка – занадто низький / або високий показник рН перешкоджає ефективному виділенню корисних хімічних елементів, які можуть використовувати в очистці стічних вод.

- біорозкладність, важлива характеристика, яка впливає на ефективність біологічних процесів очистки стічних вод.

Розуміння перерахованих вище характеристик відходів є важливим кроком у плануванні та реалізації інноваційних схем щодо їх обробки та видаленні цінних хімічних речовин, які можуть бути у подальшому використанні для очистки стічних вод. Для очистки стічних вод використовують наступні типи відходів (табл. 2.1.) [24, 25, 26, 27]

Таблиця 2.1

Основні типи відходів в очищенні стічних вод

Типи відходів	Можливості використання
Відходи з сільськогосподарських підприємств	Солому та перегній можна використовувати при біологічних методах очистки стічних вод
Промислові відходи	Побутові відходи використовують у процес компостування або ферментації органічних сполук.
Будівельні відходи	Можуть використовуватися у системах фільтрації стічних вод.
Харчові відходи	Можуть використовувати при механічних та біологічних методах очистки стічних вод.
Хімічні відходи	Активоване вугілля – як ефективний сорбент.
Пластикові відходи	Використовуються для створення мембран у системах очистки
Текстильні відходи	Використовуються у створенні фільтраційних елементів.

При вилученні цінних хімічних речовин з відходів, з подальшим їх використанням у процесах очистки стічних вод варто керуватися наступними вимогами [25, с. 165]: (а) враховувати хімічний склад відходів; (б) враховувати їх фізико-хімічні властивості та токсичність; (в) враховувати законодавчі та екологічні норми; (г) враховувати вартість методів з вилучення хімічних речовин; (д) сумісність з іншими

компонентами; (е) обробка та зберігання; (є) наявність систем моніторингу для видалення та очистки хімічних сполук.

Серед найцінніших хімічних речовин, які можна вилучити з відходів є [26, с. 82]:

- органічні сполуки (вуглеводні, аміни), які активно можна використовувати при біологічних методах очистки;
- неорганічні сполуки, а саме металічні елементи Купрум, Цинк, Феррум можуть бути використанні при хімічних методах очистки стічних вод; солі металічних елементів у процесах відновлення на виробничих підприємствах.
- Полімерні сполуки можуть використовуватися для виготовлення фільтраційних елементів в процес очищення стічних вод.
- активоване вугілля при фізико-хімічних методах очистки, в якості сильного адсорбенту.
- біомаса активно може використовуватися при біологічних методах очистки.

Нижче представимо таблицю (2.2.) [27, 28, 29], яка містить у собі інформацію про найцінніші хімічні речовини, які містяться у відходах, та можуть бути використанні при очищенні стічних вод.

Таблиця 2.2

Характеристика хімічних речовин, які містяться у відходах та їх роль у процесах очистки стічних вод

Хімічні сполуки	Категорія відходів	Методи їх виділення	Особливості використання в очистці стічних вод
Вуглеводні C_nH_{2n+2} C_nH_{2n} C_nH_{2n-6}	Побутові та промислові відходи	Деструкція Анаеробне бродіння	В якості розчинників для видалення органічних сполук; У біологічних методах розкладу.

Продовження таблиці 2.2

Аміни $R-NH_2$	Побутові та промислові відходи	Хімічне відновлення	Синтетичні реагенти для флотації, розкладання забрудників
Нітрати $(-NO_3^-)$	Сільськогосподарські відходи	Реакція іонного обміну	Нейтралізація у процесах очистки
Сульфати $(-SO_4^{2-})$	Промислові відходи	Реакція іонного обміну	Ефективні при хімічних методах очистки
Метали Купрум Цинк	Промислові відходи	Флотація Хімічне осадження; Екстракція.	Процес фільтрації; Процес адсорбції; Процес осадження
Пестициди $R-Cl$	Сільськогосподарські відходи	Реакція хімічної нейтралізації	Використовуються у складних технологіях очистки при видаленні токсичних компонентів.
Полімери $(C_2H_4)_n$	Пластикові відходи	Механічне подрібнення; Піроліз	В якості фільтраційних елементів.
Активоване вугілля	Хімічні відходи	Піроліз	Адсорбція забруднених речовин
Наноматеріали	Промислові відходи	Хімічні методи синтезу	Для вилучення важких металів та органічних сполук
Жири та олії $(R-COOH)$	Харчові відходи	Екстракція розчинниками; Гідроліз	Для вилучення органічних сполук

Отже, у процесах очистки стічних вод важливе місце посідають хімічні речовини, які можна добути з відходів. У відповідності до табл. 2.2. серед таких речовин виділяють: органічні (вуглеводні, аміни, жири) та неорганічні сполуки (металічні елементи, кислоти, солі), а також наночастинки, пластмаси, пестициди тощо. Їх синтез та подальше застосування у методах очистки стічних вод обумовлюється наступними критеріями [28, с. 116].

- Ефективність очистки – ступінь видалення забруднюючих речовин та їх роль у покращенні біологічних процесів очистки.

- Економічна доцільність їх використання – речовини синтезовані із відходів характеризуються меншими витратами, що робить методи очистки стічних вод більш екологічно вигідними.

- Екологічна доцільність – повторне використання відходів сприятиме зменшенню їх токсичної дії на довкілля.

- Інноваційність – розробка нових методів очистки стічних вод за використання хімічних речовин отриманих з відходів відкриє нові можливості та поліпшить процеси очистки стічних вод.

Тобто, доцільність використання хімічних речовин з відходів обґрунтовується їх високою ефективністю, низьким рівнем негативного впливу на навколишнє середовище, поряд з цим сприяє сталому розвитку у питанні якості водних ресурсів країни.

2.2. Оцінка ефективності використання різних видів хімічних речовин у процесах очистки стічних вод

Оцінку ефективності застосування різних хімічних речовин, які вилучені з відходів для очистки стічних вод є досить важливою ланкою у процесі збереження водних ресурсів та навколишнього середовища загалом. Хімічні речовини, що видалені з відходів за своїми

властивостями поділяються на чотири великі групи: коагулянти, окиснювачі, флокулянти та реагенти для нейтралізації [29, с. 124].

1. Коагулянти, в якості ефективних коагулянтів можуть бути метали (Fe, Al, Cu) та солі металів (FeCl_3 , $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$). Коагулянти дозволяють значно скоротити мутність води та знижують вміст у воді токсичних важких металів. Алюміній (III) сульфат використовують для видалення органічних сполук та фосфатів. Ферум (III) хлорид добре бореться з органічними та неорганічними забруднювачами, використовують здебільшого у муніципальних системах очистки стічних вод.

2. Флокулянти – дієві хімічні речовини, які дозволяють зібрати у згустки, що утворюються під час коагуляції. Найефективнішим флокулянтом, який виділяють із побутових чи промислових відходів є поліакриламід $(\text{C}_3\text{H}_5\text{N})_n$, він забезпечує швидкість осідання та якість зібраних осадків. Переважно використовується для очистки води в муніципальних системах. Поліелектроліти (полімери на основі вінілсульфонату $(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_3\text{S})$; поліакрилова кислота $(\text{C}_3\text{H}_4\text{O}_3)_n$ широко використовуються у процесах очистки стічних вод, особливо для очищення вод, що мають високу мутність.

3. Окиснювачі, які здатні знищувати патогенні мікроорганізми та очищувати воду від органічних забруднювачів. Потужними окиснювачами є Хлор (Cl_2), Озон (O_3), пероксид водню (H_2O_2). Хлор використовуються в очистці стічних вод з метою знищення бактерій, вірусів та грибків. Озон використовують в очистці з метою знищення органічних забруднювачів. Пероксид водню використовують для окиснення ряду органічних сполук. Представлені окиснювачі володіють високою ефективністю щодо знезараження та очищення стічних вод.

4. Речовини для нейтралізації, які використовуються для врівноваження рН середовища. Серед таких речовин варто виділити кальцій карбонат (CaCO_3) або сода (NaHCO_3). Вважаються безпечними та

екологічно чистими речовинами, які використовують в системах очистки з метою попередження корозії [29, с. 125].

Ефективність хімічних речовин в процесах очистки стічних вод залежить від ряд специфічних умов, типу забруднювачу та обраної технології очистки, що використовується. Зазначимо основні критерії оцінки ефективності використання хімічних речовин, які видалені із різних відходів табл. 2.3. [28, 29, 30]

Таблиця 2.3.

Умови ефективності оцінювання хімічних речовин, які використовуються в процесах очистки стічних вод

Критерій	Сутність критерію
Економічність	- Вартість за одиницю використаного реагенту; - Загальні витрати на обробку
Технологічність процесу	- Простота введення процесу; - Сумісність з обраною технологією очищення;
Екологічність	- Загальний вплив на довкілля; - Кількість утворення небезпечних побічних продуктів;
Ефективність	- Ступінь зниження мутності та небезпечних речовин; - Зниження показників БСК та ХСК;
Швидкість дії	- Час, який потрібний для здійснення коагуляції, флокуляції, окиснення чи нейтралізації.
Гнучкість	- Ефективність використання при різних показниках рН;

	- Можливість використання при комбінації різних методів очистки.
Безпека	- Безпека їх використання для людини; - Вплив на довкілля.

Оцінка ефективності використання хімічних речовин у процесах очистки стічних вод є складним багатоетапним процесом, який включає в себе: ефективність процесу, доцільність, екологічність та економічність процесу, стабільність та безпечність використання. Ефективність та доцільність використання хімічних речовин залежить від багатьох факторів, а саме [30, с. 6]: можливості постійно вдосконалювати технології очистки стічних вод; дотриманні екологічних стандартів та безпеки їх використання, а також обов'язково враховувати міжнародний досвід їх використання у процесах очистки стічних вод та створювати умови для впровадження нових, більш стійких рішень.

РОЗДІЛ 3

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ В ОЧИСТЦІ СТІЧНИХ ВОД

3.1. Приклади успішного використання відходів в очистці стічних вод в різних країнах Європи та світу

Європейська та світова практика, щодо очищення стічних вод демонструє використання комплексного підходу їх очистки, впровадження інноваційних технологій та їх ефективною інтеграцією з природою. Використання екологічно безпечних методів та дієвих інтегрованих систем робить країни Європи лідерами в сфері охорони та очистки стічних вод. Зазначимо декілька ключових практик, які використовуються у країнах Європи [31, с. 256]:

1. Системи біологічного очищення (Німеччина, Польща)– на основі використання активного осаду з побутових (промислових) відходів, які забезпечують розкладання органічних забруднювачів; або за рахунок використання вертикальних (горизонтальних) фільтрів, що заповненні рослинами, піском чи гравієм.

2. Зелені технології (Нідерланди, Швеція) – на основі використання так званих «вологих зон», що відповідають за фільтрацію та очищення води. Процеси очистки відбуваються за рахунок рослин (можуть бути решти) та мікроорганізмів.

3. Технології вторинної очистки та рециркуляції стічних вод (Іспанія, Німеччина, Велика Британія) – на повторному використанні стічних вод, які попередньо очищенні хімічними речовинами, що вилучені з різних типів відходів. Хімічні речовини входять у структуру мембранних фільтрів для здійснення ультрафільтрації.

Представимо практичні приклади успішного використання відходів в технологіях очистки стічних вод у різних країнах Європи та світу – табл. 3.1. [32, 33, 34]:

Таблиця 3.1

Приклади використання відходів у процесах очистки стічних вод у країнах Європи та світу

Країна	Опис	Методи
Німеччина	1. Відходи харчової промисловості використовуються для створення біоплівки на фільтрах під час біологічного очищення. 2. Відходи сільського господарства використовують для виробництва біогазу, який потім використовуються для забезпечення енергетичних потреб при очистці стічних вод.	Біологічні методи очистки за використання біомаси
Швеція	Відходи із паперової промисловості використовують у виготовленні активних фільтраційних елементів.	Біологічні методи очищення; Механічні методи очищення (фільтрація)
Велика Британія	Компостування відходів, які перетворюють на добрива для повторного їх використання.	Метод компостування (біологічний метод очистки)
Франція	1. Використання харчових відходів для виробництва метану, який потім використовуються для забезпечення енергетичних потреб очистки стічних вод.	Біологічні методи очистки
США	Виробництво біогазу на основі різних типів відходів, який потім використовують в процесах очистки стічних вод (енергетичний елемент).	Біологічні методи очистки

Продовження таблиці 3.1

Канада	Переробка олійних відходів, з метою виготовлення біопального.	Біологічні методи очистки.
Австралія	Відходи текстильної промисловості використовуються для виготовлення фільтраційних елементів, що значно підвищує ступінь очистки стічних вод	Механічні методи очистки; Біологічні методи очистки

У відповідності до таблиці 3.1. встановлено, що у країнах Європи та світу переважають біологічні та механічні методи очистки, відходи використовуються переважно для виготовлення фільтраційних елементів для різних установок з очистки стічних вод. У світовій та європейській практиці під час очистки стічних вод найчастіше використовують так звані «фільтраційні мембранні модулі» (виготовлення яких є рентабельним та перспективним, оскільки використовують побутові відходи).

Особлива будова робить їх більш стійкими до різних типів забруднювачів (рис. 3.1.) [32, с. 103]:



Рис. 3.1. Фільтраційні мембранні модулі

Ефективні проти наступних типів забруднювачів: органічних речовин (видаляють до 95 %); неорганічних речовин (важкі метали та їх солей (ступінь очистки складає 80-90 %); сполук амонію (ступінь очистки складає 80 %) тощо.

Найвагомішою перевагою застосування мембранних фільтрів виготовлених з відходів є їх універсальність при використанні декількох методів очистки. Мембранні фільтри використовують при здійсненні зворотного осмосу, електродіалізу, ультрафільтрації та мікрофільтрації, електроосмосу. Фільтраційні мембрани різняться між собою за агрегатним станом, розміром та ступенем пористості (рис. 3.2.) [33, с. 105]

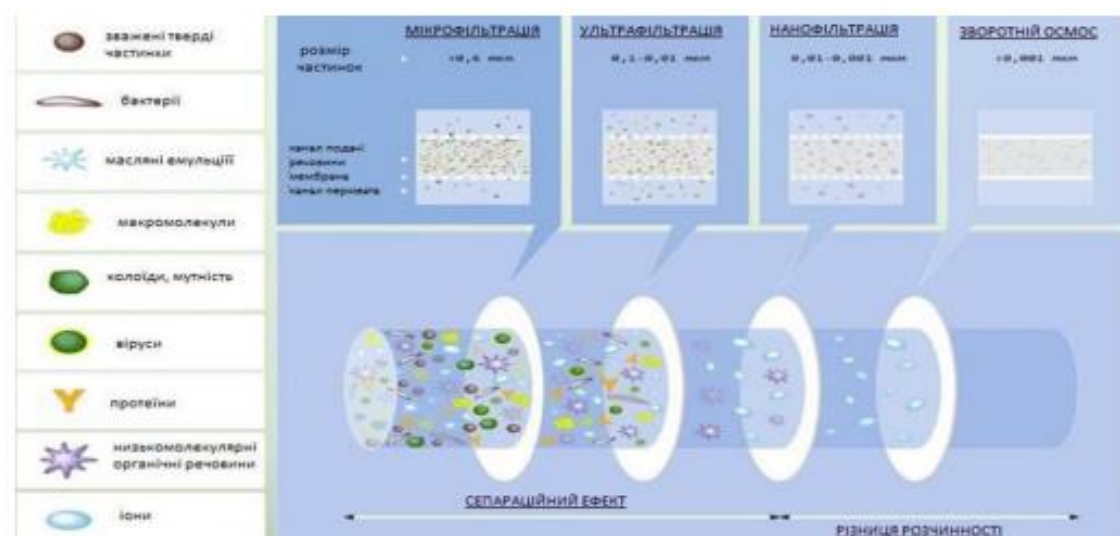


Рис. 3.2. Типи мембранних фільтрів

Використання мембранних фільтрів у сучасних технологіях очистки має ряд переваг: високий ступінь очищення; тривалий термін служби; висока мобільність; низькі затрати на виготовлення та експлуатацію; мінімальне використання небезпечних хімічних речовин; високий ступінь автоматизації; екологічність та мінімальна кількість потрапляння небезпечних речовин у навколишнє середовище [34, с. 108]. Методи очистки, які використовуються в Європі та світі роблять свій акцент на екологічності, інноваційної та можливості інтеграції з природою.

3.2. Переваги та недоліки використання відходів в очистці стічних вод

В умовах зростаючого тиску на природні ресурси та необхідність зменшення цього впливу на довкілля, питання очистки стічних вод є важливою проблемою. Використання відходів з різних галузей господарства у процесах очистки стічних вод є актуальним напрямком, який забезпечувати не лише ефективність очистки водних ресурсів, але й стійкість очищення. Доцільність використання відходів у процес очистки можна пояснити з декількох причин [35, с. 110]:

- Підтримка принципів сталого розвитку, що забезпечувати реалізацію замкнених циклів водокористування та зменшуватиме обсяги утворення відходів.
- впровадження нових технологій переробки відходів та методів очистки стічних вод, які підвищуватимуть ефективність очищення та поряд з цим стимулюватимуть наукові дослідження та інвестиції.
- формуванню соціальної відповідальності до розумного використання ресурсів.
- Підтримка екологічних стандартів та законодавчих ініціатив, що сприяє впровадженню нових рішень у сфері очистки стічних вод.

Актуальність використання відходів обумовлена не лише необхідністю зменшення відходів у навколишньому середовищі, але й важливістю впровадженні екологічно доцільних практик. Питання їх використання у методах очистки стічних вод є ключовим, яке забезпечуватиме не лише здорове довкілля, але й створить умови для збереження природних матеріальних ресурсів. Розглянемо переваги та недоліки використання відходів в різних методах очистки стічних вод (див. табл. 3.2.) [35, 36]

Таблиця 3.2

**Переваги та недоліки використання відходів у процесі
очищенні стічних вод**

Переваги	Недоліки
<p>1. Знищення витрат на хімічні реагенти та енергію для здійснення процесу очистки.</p> <p>2. Зменшення викидів забруднювачів у навколишнє середовище.</p> <p>3. Покращення систем очищення стічних вод (виготовлення багатофункціональних мембранних фільтраційних елементів).</p> <p>4. Соціальні вигоди, які передбачають: створення нових робочих місць, а також діяльність центрів, які підвищуватимуть знання населення, щодо існуючих методів очистки стічних вод та особливостей використання відходів в цих процесах.</p> <p>5. Енергозбереження.</p> <p>6. Зменшення накопичення відходів у навколишньому середовищі.</p> <p>7. Збереження природних ресурсів.</p>	<p>1. Складність впровадження інноваційних методів очистки через брак коштів та величезних затрат часу.</p> <p>2. Необхідність спеціального обладнання.</p> <p>3. Виникнення нових типів забруднюючих речовин.</p> <p>4. Потреба у здійсненні систематичного моніторингу, з метою уникнення негативних наслідків на довкілля.</p> <p>5. Обмеження у нормативно-законодавчій базі України, що значно ускладнюють процес впровадження новітніх технологій очистки стічних вод.</p>

У відповідності до таблиці 3.2. використання відходів у методах очистки стічних вод мають ряд значних переваг, хоча зафіксовані певні труднощі з їх активним використанням, що значно уповільнюють їх впровадження на вітчизняних виробництвах. Вирішення поставлених проблем створить ефективні умови для успішної реалізації даної інноваційної технології у сфері переробки та очистки стічних вод.

Виділимо основні кроки, які на нашу думку варто дотримуватися з метою активного використання відходів у процесах очистки [36, с. 168]:

- Систематичне проведення наукових досліджень, які дозволять протестувати інноваційні технології очистки;
- Розробка та впровадження нормативно-законодавчої бази, що передбачатиме встановлення нових стандартів, щодо якості відходів та якості очищених вод;
- Модернізація існуючих систем очистки стічних вод;
- Проведення кампаній для підвищення обізнаності населення, щодо важливості сортування відходів та її використання в очистці забруднених вод;
- Залучення міжнародного досвіду та інвесторів з метою реалізації екологічних проектів.
- Участь у різних міжнародних програм з метою обміну знаннями та технологіями.

Запропоновані кроки сприятимуть більш активному використанню відходів для реалізації різних інноваційних технологій очистки стічних вод в Україні, що призведе до екологічних, економічних, а також соціальних вимог для населення країни [36, с. 169].

3.3. Порівняльний аналіз використання традиційних сорбентів та відходів виробництв в очистці стічних вод

Традиційні хімічні речовини, які використовують для очистки стічних вод, включають речовини, що відносять до різних груп: коагулянти, флокулянти, сорбенти та біологічні добавки. Охарактеризуємо основні з них:

Сорбенти [37, с. 25]:

- Активоване вугілля – ефективно адсорбує органічні забруднювачі, важкі метали та їх солі. Серед основних переваг використання : високий ступінь сорбційної здатності. До недоліків варто віднести його високу вартість.

- Силікагель використовуються у процесах адсорбції для видалення органічних речовин. Силікагель має досить високу стійкість до хімічних впливів. Головним недоліком є те , що він має малу ефективність у порівнянні із активованим вугіллям.

Коагулянти та флокулянти [37, с. 27].

- Алюміній (III) сульфат – $Al_2(SO_4)_3$, є ефективним коагулянтом, який зменшує мутність води та ефективно видаляє колоїдні частинки. Є доступним за ціною політикою. Серед головних недоліків – збільшують вміст іонів Al^{3+}

- Поліелектроліти є ефективними флокулянтами, які збирають забрудненні частинки в агрегати. Серед основних переваг – мають високий ступінь очистки. До недоліків віднесемо потребу у постійній стандартизації та контролю за їх концентрацією.

Біологічні добавки [37, с. 30]:

- Аераційні добавки покращують процеси розкладання органічних сполук, сприяють зменшенню техногенного навантаження на довкілля, а також досить швидко адаптуються до різних умов. Проте для

їх ефективного застосування варто дотримуватися оптимальних умов та контролювати сам процес очистки.

Нижче представимо порівняльний аналіз традиційних сполук, які активно використовують при очистці стічних вод в Україні – табл. 3.3. [36, 37, 38].

Таблиця 3.3

Порівняльний аналіз сполук у процесах очистки стічних вод

Критерій	Флокулянти	Коагулянти	Окиснювачі	Біоциди
Речовини	Натрій сульфат; поліакриламід	Ферум (III) сульфат; алюміній (III) сульфат	Калій перманганат; Озон; Хлор	Біоциди на основі міді
Принцип дії	Збільшення розмірів до їх ефективного осадження	Групування частинок для утворення осаду	Окиснюванн я забруднювач ів	Знищення вірусів, бактерій та грибків
Ефективніс ть	Підвищують ступінь осадження частинок	Знижують мутність води	Знищення органічних забруднювач ів	Контроль за рівнем бактерій та вірусів.
Переваги	Високий рівень очистки	Низька вартість	Швидкість видалення органічних забруднювач ів	Широкий спектр дії
Недоліки	Висока вартість	Вміст іонів Алюмінію	Утворення токсичних	Висока токсичніст ь

			продуктів реакції	
Принцип дії	Збільшення розмірів до їх ефективного осадження	Групування частинок для утворення осаду	Окиснювання забруднювачів	Знищення вірусів, бактерій та грибків
Ефективність	Підвищують ступінь осадження частинок	Знижують мутність води	Знищення органічних забруднювачів	Контроль за рівнем бактерій та вірусів.
Переваги	Високий рівень очистки	Низька вартість	Швидкість видалення органічних забруднювачів	Широкий спектр дії
Недоліки	Висока вартість	Вміст іонів Алюмінію	Утворення токсичних продуктів реакції	Висока токсичність
Принцип дії	Збільшення розмірів до їх ефективного осадження	Групування частинок для утворення осаду	Окиснювання забруднювачів	Знищення вірусів, бактерій та грибків

Традиційні хімічні сполуки відіграють важливе місце в очистці стічних вод, їх використання є систематичним та повноцінним. Кожна із заявлених категорій має свої переваги та недоліки, що враховуються під час обрання того чи іншого методу очистки. Оптимальний підхід до очистки стічних вод полягатиме у ефективному комбінуванні різних

хімічних речовин, які отриманні безпосередньо за реакціями синтезу, або видаленні із відходів, що забезпечуватиме максимальний рівень очистки.

Хімічні речовини які утворенні завдяки реакціям синтезу, та хімічні речовини, які видалені із відходів мають свої переваги та недоліки. Традиційні сполуки здатні забезпечувати високу ефективність, проте через їх високу вартість є досить обмеженими у промислових масштабах. Відходи у свою чергу ж вважаються економічно вигідними та екологічно безпечними, проте їхня переробка може бути досить проблематичною. Найкращим рішенням є використання двох типів хімічних сполук, що зробить процес досить ефективним та значно знизять витрати по очистці стічних вод [38, с. 395].

Здійснено порівняльний аналіз особливостей застосування традиційних сорбентів та відходів у процесах очистки стічних вод див. табл. 3.4. [38, 39]

Таблиця 3.4

Порівняльний аналіз між традиційними сорбентами та відходами у процесах очистки стічних вод

Ознаки	Традиційні сорбенти	Відходи
Речовини	Силікагель, активоване вугілля, алюміній (III) сульфат, поліелектроліти тощо	Вуглеводні, нітрати, сульфати, аміни, пестициди, металічні елементи.
Ефективність	1. Висока сорбційна ємність. 2. Високий ступінь видалення органічних забруднювачів.	1. Менш ефективні у порівнянні із традиційними сорбентами;

		2. Ефективні саме для видалення важких металів.
Стабільність	Не потребують додаткової обробки. Мають чіткі фізико-хімічні властивості	Потребують додаткової обробки для підвищення очистки стічних вод
Ступінь застосування	Широкий досвід використання на вітчизняних підприємствах; Традиційні, відпрацьовані технології очистки стічних вод	Нові методи обробки Потребують наукових досліджень, з метою їх адаптації та оптимізації при очистці стічних вод
Вартість	1. Витрати на синтез, зберігання та транспортування;	1. Дешеві та безкоштовні види відходів;
	2. Висока вартість отримання;	2. Знижують витрати на зберігання та транспортування.
Потреба у регенерації	Потребують регенерації для повторного використання. Трудомісткий процес	Не потребують регенерації. Можуть повторно використовуватися
Ступінь забруднення	Залежать від типу сорбенту Видаляють органічні забруднювачі	Залежить від складу відходів. Видаляють важкі метали та їх солі

Витрати на обробку	Високі витрати на регенерацію; Використання додаткових процесів по їх покращенню.	Низькі витрати при здійсненні первинної обробки; Можливість повторного використання безе процесу регенерації.
Безпека	Можуть містити токсичні побічні продукти після хімічних реакцій.	Є більш екологічно безпечними у порівнянні із традиційними сорбентами.

У відповідності до таблиці 3.4. встановлено, що відходи мають більшу кількість переваг, аніж традиційні сорбенти. Серед найвагоміших переваг їх використання варто виділити: (а) значна економія природніх ресурсів; (б) значна економія енергетичних ресурсів, що дозволяє зменшити витрати на очистку води; (в) зменшення загального обсягу відходів, що дозволяє зменшити рівень техногенного навантаження на навколишнє середовища; (г) покращують процеси очистки стічних вод, особливо біологічні методи очистки; (д) сприяє формуванню замкнених циклів у природі, що зменшуватиме негативний вплив на довкілля [40, с. 315].

Проте їх використання має ряд проблем на вітчизняних підприємствах, які варто вирішувати. Серед таких нагальних проблем виділимо [41, с. 109]:

- недостатньо розвинену інфраструктури підприємства (не належне устаткування);
- відсутність чітких законодавчих нормативів із врегулювання технологій використання відходів у процесах очистки стічних вод;

- недостатній рівень фінансування для впровадження нових методів очистки забруднених стічних вод;

Першочерговим завданням є створення чітких правил та норм, що регулюватимуть використання відходів у процесах очистки. Поряд з цим варто спонукати підприємства до впровадження нових технологій при цьому дієвими засобами є присвоєння грантів та запровадження податкових пільг.

Активно залучати науковців до досліджень різних типів відходів, що дозволить ефективніше їх використовувати на практиці. Використання відходів можуть значно покращити ситуацію із процесами очистки стічних вод на вітчизняних виробництвах, що призведе до зменшення техногенного впливу на довкілля, а також значно підвищить ефективність виробництва.

ВИСНОВКИ

1. Розглянуто основні види забруднюючих речовин у складі стічних вод. Встановлено, що у стічних водах присутні різні органічні, неорганічні, біологічні, бактеріальні та фізичні забруднюючі речовини. Кожна з цих груп речовин має свої особливості яка здатна завдавати шкоди навколишньому середовищу.

Знання складу стічних вод є головною умовою при обранні методів очистки та розробці оптимальної технологічної схеми очисних споруд на підприємствах.

2. Здійснено загальний огляд методів очищення стічних вод від поллютантів та проаналізовані сучасні технології очищення стічних вод. Встановлено, що існує широкий спектр технологій, які здатні ефективно видаляти забруднюючі речовини. Сучасні методи очистки, такі як: біологічні методи очистки, хімічні та механічні методи очистки, мембранні технології, кластерні технології та різноманітні електрохімічні технології демонструють високу ефективність у процесах очистки стічних вод.

Поєднання інноваційних та класичних методів очистки стічних вод значно покращать стан довкілля, підвищать ефективність процесу очистки та знизять витрати. Впровадження новітніх рішень є важливим кроком у питання збереження водних ресурсів.

3. Розглянуто хімічний склад відходів виробництв та особливості їх використання в очистці стічних вод. Відходи у своєму складі містять цінні хімічні речовини, такі як важкі метали, органічні сполуки, полімери, активоване вугілля, поживні елементи (фосфор та азот), активну біомасу, які можуть бути використанні в процесах очистки стічних вод.

Використання в очистці стічних вод залежить від рівня їх токсичності та сумісності відходів із забруднюючими речовинами.

Раціональне їх використання у технологіях очистки значно зменшить кількість побутових відходів, а також покращить ситуацію на підприємствах із проблемою очищення стічних вод.

4. Оцінено ефективність використання різних видів хімічних речовин у процесах очистки стічних вод. Встановлено, що такі хімічні речовини, як коагулянти, флокулянти та окиснювачі значно підвищують процес очистки стічних вод. Їх ефективність використання залежить від: можливості постійно вдосконалювати технології очистки стічних вод; дотриманні екологічних стандартів та безпеки їх використання; врахуванні міжнародного досвіду використання.

В країнах Європи активно використовують більш інноваційні технології очистки стічних вод (зелені технології, технології біологічного очищення), що передбачають використання різних типів відходів, тоді як в Україні присутні значні проблеми з впровадження нових хімічних рішень, які здатні покращити якість очистки стічних вод.

5. Здійснено порівняльний аналіз використання традиційних сорбентів та відходів виробництв в очистці стічних вод. Використання традиційних сорбентів (активоване вугілля, поліелектроліти, цеоліти, силікагель) демонструють високу ефективність очистки стічних вод, проте вони є дороговартісними та мають обмежену доступність. Використання ж відходів у процесах очистки вважаються більш екологічно вигідними та мають досить низький ступінь затратності.

Вибір між традиційними сорбентами та відходами залежить від конкретних поставлених цілей очистки, вартості, наявності спеціального обладнання та екологічних вимог.

З одного боку найголовнішою перевагою використання відходів у процесах очистки є зменшення відходів. З іншого боку даний підхід до вирішення проблеми очистки стічних вод є неоднозначним та залежить від складу відходів та їх токсичності. Саме тому для досягнення оптимальної вигоди при очистці стічних вод варто проводити детальний

аналіз запропонованого методу, який повинен по-перше забезпечувати безпеку його використання, по-друге бути максимально ефективним в очистці стічних вод.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Босняк Є. М. Сорбенти на основі відходів агровиробництва для очищення стічних вод від іонів тяжких металів. *Молодь : наука та інновації*: матеріали 9-ої всеукраїнської. наук.-техн. конференції студентів, аспірантів та молодих учених, м. Дніпро, 11-12 листопада 2021 р.
2. Шило Д. О. Дослідження можливості використання *Молодь: наука та інновації*: матеріали 10-ої всеукр. наук.-техн. конф. студентів, аспірантів та молодих учених, м. Дніпро, 23-25 листопада 2022 р. Дніпро : НТУ ДП. 2021. С. 284-285. URL: [і](#)
[п](#)
[р](#)
3. Ковров О. С. Очитска й знезараження стічних вод. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт студентами напрямку підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та з
- Б 4. Айрапетян Т. С. Конспект лекцій з дисциплін «Очистка Б побутових стічних вод», «Споруди та обладнання водовідведення» Б (Модуль 2. Очищення стічних вод) для студентів 4 курсу денної та 5 курсу заочної форми навчання підготовки 6.060101 «Будівництво» та 6.0601103 Д «Гідротехніка». Х.: ХНУМГ, 2014. 121 с. URL: Б
- о 5. Veprikova E. V. Purification of Water from the Copper, Zinc and Б Lead by Sorbents from Inner Birch Bark. *Journal of Siberian Federal B University. Chemistry*. 2015. № 8. P. 202-221. URL: <http://dx.doi.org/10.17516/1998-2836-2015-8-2-202-210> (дата звернення 16. Б
- 1 6. Kaletnik H. M., Honcharuk T. V. Prospects of sewage water use in Б Vinnytsia to feed the field crops: domestic and foreign experience. *Balanced Б*

Natural Resources. 2016. № 6. P. 42-47. URL: [https://doi.org/10.31548/energiya1\(71\).2024.054](https://doi.org/10.31548/energiya1(71).2024.054) (дата звернення 16. 10.

7. Відходи виробництва та споживання, їх вплив на ґрунти та природні води: навчальний посібник / за ред. В. К. Хільчевського. К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2007. 152 с.

U

8. Петрушка І. М. Природні мінерали для виготовлення в природоохоронних технологіях. *Ефективні шляхи модифікування. Хімічна промисловість України*. 2012. № 5. С. 64-67. URL: <https://irbis->

Н

9. Ranskiy A. P., Khudoyarova O. S., Gordienko O. A., Kryklyvyi R. D. Regeneration of sorbent mixture after the purification of recycled water in production of soft drinks. *Journal of Water Chemistry and Technoligy*. 2019.

№

41.

С.

318-321.

URL:

<https://ir.lib.vntu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/27885/Regeneration%20of%20Sorbents%20Mixture.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (дата звернення

К

10. Ракитська Т. Л., Кіоск Т. О. Труба А. С. Фізико-хімічні властивості природних сорбентів та металокомплексних каталізаторів на

†

t

x

p

s

11. Мовлонов І. Удосконалення технологій очистки стічних вод вугільної шахти. *Молодь: наука та інновації*: матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених.

Дніпро, 22-23 листопада 2023 року. Дніпро: НТУ ДП, 2023. № 2. С. 411-

g

o

e

o

i

12. Du H., Li F. Characteristics of dissolved organic matter formed in aerobic and anaerobic digestion of excess activated sludge. *Chemosphere*.

h

u

a

:

2017. № 168. Р. 1022-1031. URL:
<http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.10.108> (дата звернення 16. 10.

13. Терновцев О., Стоянова В. Очистка стічних вод промислових підприємств від сполук Кадмію. *Будівельні конструкції. Теорія і практика*

14. Зубко С. О., Єзіков В. І., Попович Т. А. Очистка стічних вод та їх обробка. *Вітчизняна наука та зламі епох – проблеми та перспективи розвитку* : зб. наук. праць XVIII Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції (Переяслав-Хмельницький державний педагогічний університет ім. Г. Сковороди, 17-18 жовтня 2015 року). Переяслав-Хмельницький. 2015. № 17. С. 342-344. URL:
 а

15. McClellan K. R., Halden R. U. Pharmaceuticals and personal care products in archived U. S. biosolids from the 2001 EPA National Sewage Sludge Survey. *Water Research*. 2010. № 44. Р. 658-668. URL:
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20106500/> (дата звернення 16. 10. 2024).

16. Berbecea A., Radulov I., Res J. Agricultural use of sewage sludge pros and cons. *Agricult.* 2008. № 40. Р. 15-20. URL:

17. Безденежних Л. А., Алексеева Т. М. Можливості адсорбційного очищення стічних вод від іонів важких металів. *Екологічна безпека*. 2009. № 2. С. 54-57. URL:

2

18. Sabadash V. Concurrent sorption of copper and chromium cations

19. Большанина С. Б. Очищення стічних вод гальванічних

В

Р

Ь

б

д

ү

20. Petrushka I. M. Cesium sorption intensification by complex natural sorbents from liquid radioactive media. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2014. № 5. P. 47. URL: <https://journals.uran.ua/eejet/article/view/28066> (дата звернення 16. 10.

21. Сидорчук О. В. Технологічна схема очищення стічних вод від фосфатів модифікованими цеолітами типу Z-Cu²⁺. *Вісник Національного університету Львівська політехніка: хімія, технологія речовин та їх застосування*. 2014. № 787. С. 297-300. URL:

22. Пилипчук Л. Л. Відходи – не забруднювачі довкілля, а невикористанні вторинна сировина. *Національний форум «Поводження з*

23. Кучеренко Є. В., Плаван В. П. Отримання сорбентів на волокнистих матеріалах та дослідження їх властивостей. *Нові наукомісткі технології виробництва матеріалів, виробів широкого*

24. Коваленко О. Нові сорбенти для очищення природних та стічних вод від важких металів. *Перспективи майбутнього та реалії сьогодення в технологіях в водопідготовці: матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф. Київ, 14-15 листопада 2019 року. Національний університет технологій*. Київ, 2019. С. 49-50. URL: <https://card->

25. Матвеева О. Л. Ефективність застосування сорбентів при

26. Матіюк С, Грибінко В. Використання природничих та адсорбтивних субстанцій для очищення природних та стічних вод.

27. Конспект лекцій з дисципліни «Технології очистки та утилізації промислових стоків та викидів» частина 2 для здобувачів спеціальності 161 – «Хімічні технології та інженерія», 162 – «Біотехнології та біоінженерія» / укладчик Белянська О. Р., Кам'янське: ДДТУ, 2022. 82 с. URL: <https://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/5/7/5-7-kl4.pdf> (дата звернення 16. 10. 2024).

28. Нестер А. А. Стічні води підприємств та їх очищення: м

о 29. Іваненко А. В., Назаренко О. В. Дослідження процесів вилучення фенолів, фосфатів та нітратів зі стічних вод. *Prospects for the development of technical science in EU countries and Ukraine, Wloclawek, Republic of Poland*: міжнародна науково-практична конференція. 2018. С. ф21 – 130. URL: <https://udhtu.edu.ua/wp->

а

ф

і 30. Іваненко А. В., Карлаш В. І. Застосування кислотно-яктивованого цеоліту в технологій очищення стічних вод від нітратів.

В

і 31. Навчально-методичний посібник «Технології захисту водного середовища» для спеціальностей 101 «Екологія», 183 мТехнологій захисту навколишнього середовища» всіх форм навчання.

Миколаїв: Національний університете кораблебудування ім. адмірала

М

в

В

я

р

С

В

и

£

к

в

33. Степанова К. Очищення стічних вод від іонів Fe^{3+} природними сорбентами. *Вісник Львівського державного університету безпеки*

ж
и 34. Худоярова О. С., Блажко О. В. Використання сорбційного методу в очищенні стічних вод від сполук Купруму та Сульфуру. *Актуальні питання географічних, біологічних та хімічних наук: основні наукові проблеми та перспективи дослідження: збірник наукових праць ВДПУ*. 2023. № 21. С. 107-108. URL: [звернення 16. 10. 2024](#)).

я
л 35. Павлюк Л. І. Ефективність рослинних відходів для очищення нафтовмісних стічних вод. *Наукоємні технології*. 2013. № 1. С. 108-110. [звернення 16. 10. 2024](#)).

о
с 36. Прибора Н., Жукова Д. Рослинні відходи як джерело для *и*

ї 37. Gryko K., Kalinowska M. The Use of Apple Pomace in Removing Heavy Metals from Water and Sewage. *Environ. Sci. Proc.* 2021. № 9. С. 24-

о

р

Ѳ 38. Порожнетов О. Ю., Попович Т. А., Вишневська Л. В. *М* Можливості сорбційного очищення водних об'єктів від іонів Феруму *р* рослинними відходами агропромислового комплексу. *Сучасні виклики та актуальні проблеми науки, освіти та виробництва: міжгалузеві диспути: року*). С. 391-400. URL: <https://portal.issn.org/resource/ISSN/2708-1257> *и* [звернення 16. 10. 2024](#)).

о

р 39. Плаван В., Тарасенко Н., Лісовська І. Застосування *Ѳ* волокнистих матеріалів із сорбційними властивостями в технологіях

и

і

ї

и

40. Sharma S. K., Sanghi R. Biosorption of heavy metals: recent trend sand challenges. *Wasteawter Reuse and management. Springer.* 2013. № 2. P. https://www.researchgate.net/publication/278709518_Biosorption_of_Heavy_Metals_Recent_Trends_and_Challenges (дата звернення 16. 10. 2024).

41. Вишнеvsька Л. В., Попович Т. А. Дослідження можливості очистки стічних вод від синтетичних поверхнево-активних речовин адсорбційним методом. *Вісник Херсонського національного технічного університету. Херсон: ХНТУ.* 2014. № 4. С. 105-110. URL: звернення 16. 10. 2024).

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

ПЕРЕЛІК

виробничих процесів, під час здійснення яких споживач повинен мати локальні очисні споруди для попереднього очищення стічних вод перед їх скиданням до системи централізованого водовідведення та очищення стічних вод

1. Нафтопереробка, хімічний та органічний синтез, фармацевтичне виробництво.
2. Целюлозно-паперове і картонне виробництво.
3. Спиртове, дріжджове, кондитерське, крохмалепатокове, маслоробне виробництво, виробництво пива безалкогольного (включаючи солодове), переробка молока, риби, м'яса (включаючи скотобійні), фруктів і овочів.
4. Вирощування худоби та птиці, шкіряна промисловість.
5. Гальванічне виробництво.
6. Машинобудування і металообробка.
7. Металургія чорна та кольорова.
8. Виробництво будівельних матеріалів і конструкцій, скла та скловиробів, керамічних виробів.
9. Виробництво лакофарбових матеріалів, синтетичних поверхневоактивних речовин.
10. Обробка поверхонь, предметів чи продукції з використанням органічних розчинників.
11. Виробничі процеси, під час яких використовуються або утворюються такі речовини:

неемульговані жири, харчові відходи, нафтопродукти, кислоти і луги, а також їх розчини, іони важких металів, сполуки миш'яку і ртуті, вільний сірководень та вільні сульфід-іони, меркаптани, а також відновлені сірчані сполуки (сульфіти, тіосульфати, елементарна сірка), сірковуглець, ціановодень, ароматичні вуглеводні, органічні розчинники, летючі органічні сполуки (толуол, бензол, ацетон, метанол, бутанол, пропанол, їх ізомери і алкіл похідні), хлорорганічні сполуки, 2, 4, 6-трихлорфенол, дихлорметан, дихлоретан, пентахлорфенол, поліхлорбіфеніли (сума ПХБ) і поліхлортерфеніли (сума ПХТ), тетрахлоретилен, трихлоретилен, триетиламін, хлороформ (трихлорметан), тетрахлорметан, чотирихлористий вуглець, бензопірен, етилбензол (фенілетан), діоксини, синтетичні поверхнево активні речовини, що не піддаються біологічному окисненню, біологічно неокиснювані барвники натурального, штучного і синтетичного походження, біологічно резистентні пестициди, осідаючі мінеральні включення гідравлічною крупністю більше 2 мм/с, спливаючі речовини (включення) гравітаційною крупністю більше 20 мм/с, волокнисті включення, в тому числі пряжа, ворс, волосся, шерсть, пероактивний хлор більше 5 мг/дм³, за винятком випадків введення на об'єкті водовідведення санітарного карантину, радіонукліди.

ПЕРЕЛІК забруднюючих речовин, що заборонені до скидання до системи централізованого водовідведення

1. Речовини, що здатні утворювати в системі централізованого водовідведення вибухонебезпечні, токсичні та (або) горючі гази, органічні розчинники, горючі і вибухонебезпечні речовини (нафта, бензин, гас, ацетон тощо) в концентраціях, що перевищують максимально допустимі концентрації забруднюючих речовин у стічних водах, дозволених до скидання в системи централізованого водовідведення, синтетичні і натуральні смоли, масла, лакофарбові матеріали та відходи, продукти і відходи нафтопереробки, органічного синтезу, мастильно-охолоджуючі рідини, вміст засобів і систем пожежогасіння (крім використання для гасіння загорянь).

2. Розчини кислот з $pH < 5,0$ і лугів з $pH > 10,0$.

3. Погано пахучі та інші леткі речовини в кількості, що призводить до забруднення атмосфери робочої зони в каналізаційних насосних станціях, в інших виробничих приміщеннях системи водовідведення виробника, на території очисних споруд, понад встановлені для атмосфери робочої зони гранично допустимі концентрації.

4. Радіоактивні речовини понад гранично допустимий рівень безпечного вмісту в навколишньому середовищі, що затверджується центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування і реалізує державну політику у сфері охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки, речовини, які не можуть бути затримані в технологічному процесі очищення стічних вод очисними спорудами виробника, що мають підвищену токсичність, здатність накопичуватися в організмі людини, що відзначаються віддаленими біологічними ефектами та (або) утворюють небезпечні речовини під час трансформації у воді і в організмах людини і тварин, у тому числі моно- і поліциклічні хлорорганічні, фосфорорганічні, азоторганічні і сіркоорганічні речовини, біологічно жорсткі поверхнево активні речовини, отрутохімікати, сильнодіючі отруйні речовини в концентрації, що перевищує більше ніж у 4 рази мінімальну гранично допустиму концентрацію, що встановлена для цих речовин у воді водних об'єктів, медичні відходи класів Б, В, Г, епідеміологічно небезпечні бактеріальні та вірусні забруднення (за винятком речовин, скидання яких дозволено санітарно-епідеміологічними вимогами).

5. Концентровані маткові розчини та кубові залишки, гальванічні розчини (електроліти) як вихідні, так і відпрацьовані, осади (шлами) локальних очисних споруд, осади відстійників, пасток, фільтрів, відходи очищення повітря (пилогазоочисного обладнання), осади станцій технічної водопідготовки, в тому числі котельні, теплоелектростанцій, іонообмінні смоли, активоване вугілля, концентровані розчини регенерації систем водопідготовки, концентрат, що утворюється під час роботи установок очищення води з використанням мембранних технологій (зокрема зворотного осмосу), хімічні реактиви та реагенти.

6. Будь-які тверді відходи боєнь та переробки м'яса, канига, цільна кров, відходи обробки шкіри, відходи тваринництва та птахівництва, включаючи фекалії.

7. Тверді побутові відходи, сміття, що збирається під час сухого прибирання приміщень, будівельні матеріали, відходи і сміття, відпрацьований ґрунт і транспортуючі розчини від підземних прохідницьких робіт, ґрунт, зола, шлак, окалина, вапно, цемент та інші в'язучі речовини, стружка, скло, пилоподібні частки обробки металів, скла, каменю та інші мінеральні матеріали, рослинні залишки і відходи (листя, трава, деревинні відходи, плодоовочеві відходи тощо), за винятком попередньо гомогенізованих плодоовочевих відходів у побуті.

8. Волокнисті матеріали (натуральні, штучні або синтетичні волокна, в тому числі волосся, вовна), тара, пакувальні матеріали та їх елементи, металева стружка, тирса, окалина, синтетичні матеріали (полімерні плівки, гранули, пилоподібні частинки, стружка тощо).

9. Біомаса харчових, фармацевтичних виробництв та інших біотехнологічних процесів у разі концентрації, що перевищує вимоги до речовин за хімічним споживанням кисню, харчова продукція як придатна, так і неліквідна, сировина для її виробництва, сироватка сирна, барда спиртова і дріжджова, пивна хмільова дробина.

10. Речовини з [Переліку забруднюючих речовин для визначення хімічного стану масивів поверхневих і підземних вод та екологічного потенціалу штучного або істотно зміненого масиву поверхневих вод](#), затвердженого наказом Міністерства екології та природних ресурсів України від 06 лютого 2017 року № 45, зареєстрованого в Міністерстві юстиції України 20 лютого 2017 року за № 235/30103, які не увійшли до переліку речовин, що утворюються під час виробничих процесів, при здійсненні яких споживач повинен мати локальні очисні споруди для попереднього очищення стічних вод перед їх скиданням до системи централізованого водовідведення та очищення стічних вод, та переліку речовин, які не піддаються біологічній деструкції.

ДОДАТОК Б

ДОПУСТИМИЙ ВМІСТ
важких металів в осадах стічних вод, що можуть
використовуватися для удобрення

№ з/п	Важкий метал	Орієнтовна ефективність видалення важкого металу на очисних спорудах системи централізованого водовідведення, К _в	Максимально допустимий вміст важкого металу в осадах очисних споруд системи централізованого водовідведення, г/т сухої речовини
1	2	3	4
1	Стронцій	0,14	300,0
2	Свинець	0,5	750,0
3	Ртуть	0,6	15,0
4	Кадмій	0,6	30,0
5	Нікель	0,5	200,0
6	Хром (3 ⁺)	0,5	750,0
7	Марганець	-	2000,0
8	Цинк	0,3	2500,0
9	Мідь	0,4	1500,0
10	Кобальт	0,5	100,0
11	Залізо	0,5	25000,0

{Додаток 3 із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства розвитку громад та територій № 286 від 09.11.2021, Наказом Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури № 1134 від 13.12.2023}

ДОДАТОК В

ВИМОГИ

до складу та властивостей стічних вод, що скидаються до системи централізованого водовідведення, для безпечного їх відведення та очищення на очисних спорудах системи централізованого водовідведення

Показники якості стічних вод		Одиниця виміру	Максимально допустиме значення показника та (або) концентрація в пробі стічних вод
1	2	3	4
1	Реакція середовища (рН)	од.	6,5-9,0
2	Температура	°С	+40
3	БСК _{повне}	мг/дм ⁻³	згідно з регламентом роботи очисних споруд системи централізованого водовідведення
4	ХСК	мг/дм ⁻³	580,0
5	Співвідношення ХСК:БСК ₅	-	< 2,5
6	Завислі речовини та речовини, що спливають	мг/дм ⁻³	433,0
7	Азот (сума азоту органічного та амонійного)	мг/дм ⁻³	73,0
8	Фосфор загальний (Р _{заг})	мг/дм ⁻³	12,0
9	Нафта та нафтопродукти	мг/дм ⁻³	10,0
10	Жири рослинні та тваринні	мг/дм ⁻³	33,0
11	Хлориди (Сl ⁻)	мг/дм ⁻³	350,0*
12	Сульфати (SO ₄ ²⁻)	мг/дм ⁻³	400,0*
13	Сульфіди	мг/дм ⁻³	1,5
14	СПАР аніонні	мг/дм ⁻³	10,0
15	Феноли	мг/дм ⁻³	0,25
16	Залізо (Fe)	мг/дм ⁻³	3,0

{Додаток 4 із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства розвитку громад та територій № 286 від 09.11.2021; в редакції Наказу Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури № 1134 від 13.12.2023}

ДОДАТОК Г

ДОПУСТИМІ ВЕЛИЧИНИ

показників якості стічних вод

Номер п/п	Найменування речовин	ГДК забруднень у стічних водах, що надходять на споруди біологічної очистки (г/м ³)	Орієнтовна ефективність видалення забруднень на спорудах біологічної очистки (у частках один.)	ГДК шкідливих речовин у воді водних об'єктів				
				господарськопитного водопостачання (г/м ³)	Лімітуюча ознака шкідливості	клас небезпечки	Рибгосподарськогосподарського призначення (г/м ³)	Лімітуюча ознака шкідливості
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Азот амонійний	30	0,2 - 0,6	2,0	с-г	3	0,5	токс.
2	Акрилова кислота	-	0,80	0,5	с-г	-	0,0025	токс.
3	Акрилонітрил	150	-	-	-	-	0,01	токс.
4	Алкіларилсульфонати	20	0,80	0,5	орг.	3	-	-
5	Алкілбензолсульфонати	20	0,80	0,5	орг.	4	-	-
6	Аміни С ₇ - С ₉	1	-	0,1	орг.	3	-	-
7	Аміни С ₁₀ - С ₁₅	1	-	0,06	орг.	4	-	-
8	Аміни С ₁₆ - С ₂₀	1	-	0,03	орг.	4	-	-
9	Алюміній	5	0,90	0,5	с-г	2	0,04	токс.
10	Ацетальдегід	20	0,95	0,2	орг.	4	0,25	орг.
11	Ацетон	40	0,95	2,2	заг.	3	0,05	токс.
12	Барій	10	0,95	0,1	с-г	2	2,0	орг.
13	Бензин	100	-	0,1	орг.	3	-	-
14	Бензойна кислота	15	0,60	0,6	заг.	4	-	-
15	Бензол	100	-	0,5	с-г	2	0,5	токс.
16	Бенз/а/пірен	20	0,90	0,000005	с-г	1	-	-

17	Бутилацетат	1	-	0,1	заг.	1	0,3	с-т
18	Бутилакрилат	-	0,80	0,01	орг.	4	0,0005	токс.
19	Бутиловий спирт нормальний	10	0,35	0,1	с-т	2	0,03	токс.
20	Вінілацетат	100	0,20	0,2	с-т	2	0,01	токс.
21	Вирівнювач А	20	0,30	2,0	орг.	4	-	-
22	Гідразингідрат	0,1	-	0,01	с-т	2	0,00025	токс.
23	Гідрохінон	15	0,20	0,2	орг.	4	0,001	токс.
24	Гліказин	30	0,45	-	-	-	0,1	са н.
25	Гліцерин	90	-	0,5	заг.	4	1,0	с-т
26	Дибутилфталат	0,2	-	0,2	заг.	3	0,001	токс.
27	Диметилфенілкарбоніл	1	0,80	0,05	с-т	2	-	-
28	Дибутилацетамід	15	0,98	2,0	с-т	3	1,2	заг.
29	Діетаноламід	100	-	1,0	с-т	2	-	-
30	Діетаноламін	1	-	0,8	орг.	4	0,01	токс.
31	Діетиламін солянокислий	10	0,40	0,25	орг.	4	0,01	токс.
32	Діетиленгліколь	-	-	1,0	с-т	3	0,05	токс.
33	Залізо (загальне)	2,5	0,50	0,3	орг.	3	0,05	токс.
34	Жири рослинні і тваринні	50	0,70	нормуються за БСК				
35	Закріплювач ДЦМ	5	0,50	-	-	-	0,5	орг.
36	Закріплювач ДЦУ	5	-	нормується за БСК		-	0,5	с-т
37	Закріплювач У-2	20	0,70	-	-	-	-	-
38	Ізобутиловий спирт	100	0,80	0,1	с-т	2	2,4	токс.
39	Кадмій	0,01	0,60	0,001	с-т	2	0,005	токс.
40	Капролактам	25	-	1,0	заг.	4	0,01	токс.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
41	Карбоксиметилцелюлоза	за БСК	-	5,0	заг.	3	12,0	токс.
42	Кобальт	1	0,50	0,1	с-т	2	0,005	токс.
43	Ксилол	1	-	0,05	орг.	3	0,05	орг.

44	Барвники сірчисті	25	-	0,01	орг.	4		
45	Барвники синтетичні (кислотні)	25	-	0,02 - 0,2	орг.	4	0,25	с-т
46	Крезолі	100	0,40	0,004	с-т	2	-	-
47	Кротоновий альдегід	6	-	0,30	с-т	3	-	-
48	Латекс ЛМФ	10	-	6,0	орг.	4	0,1	орг.
49	Лудигол	100	0,70	за БСК	орг.	4	-	-
50	Малеїнова кислота	60	-	1,0	орг.	4	-	-
51	Марганець	30	-	0,1	орг.	3	0,01	токс.
52	Масляна кислота	500	0,100	0,7	заг.	4	-	-
53	Мідь	0,5	0,40	0,1	орг.	3	0,005	токс.
54	Метазин	10	0,40	0,3	орг.	3	1,0	орг.
55	Метанол	30	0,95	3,0	с-т	2	0,1	с-т
56	Метилметакрилат	500	0,80	0,01	с-т	2	-	-
57	Метилстирол	1,0	-	0,1	орг.	3	-	-
58	Метилетилкетон	50	0,80	1,0	орг.	3	-	-
59	Моноетаноламін	5,0	0,60	0,5	с-т	2	0,01	с-т
60	Сечовина	за БСК	-	1,0	заг.	4	80,0	с-т
61	Арсен	0,1	0,50	0,05	с-т	2	0,05	токс.
62	Молібден	-	0,40	0,26	с-т	2	-	-
63	Нафта та нафтоп-кти	10	0,85	0,3	орг.	4	0,05	риб-сп
64	Нікель	0,5	0,50	0,1	с-т	3	0,01	токс.
65	Нітрати (за NO ₃)	45,0	-	45,0	с-т	3	40,0	с-т
66	Нітрити	3,3	-	3,3	с-т	2	0,08	токс.
67	Олово	10	-	-	-	-	1,25	токс.
68	Поліакриламід	40	0,05	2,0	с-т	2	0,41	токс.
69	Полівініловий спирт	20	-	0,1	орг.	4	-	-
70	Полівініл. емульсія	10	0,23	-	-	-	0,3	токс.
71	Пропіловий спирт	12	-	0,25	заг.	4	-	-
72	Резорцин	12	0,95	0,1	заг.	4	0,004	токс.
73	Ртуть	0,005	0,60	0,0005	с-т	1	0,0001	токс.
74	Свинець	0,1	0,50	0,03	с-т	2	0,1	токс.
75	Селен	10	0,50	0,01	с-т	2	0,0016	токс.
76	Сірководень	1,0	-	0	заг.	3	-	-
77	Сірковуглець	1,0	-	1,0	орг.	4	1,0	токс.
78	СПАР аніонні	20	0,80	0,5	орг.	4	-	-
79	СПАР неіоногенні	25	0,80	0,5	орг.	4		

80	Стирол	10	0,60	0,1	орг.	3	0,1	орг.
81	Стронцій	26	0,14	7,0	с-т	2	10,0	токс.
82	Сульфід	1,0	-	0	заг.	3	-	-
83	Гіосечовина	10	0,50	0,03	с-т	2	1,0	токс.
84	Титан	0,1	-	0,1	заг.	3	-	-
85	Толуол	15	0,60	0,5	орг.	4	0,5	орг.
86	Трилон Б	20	0,40	4,0	с-т	2	0,5	с-т
87	Трикрезолфосфат	40	0,40	0,005	с-т	2	-	-
88	Триетаноламін	5,0	0,47	1,0	орг.	4	0,01	токс.
89	Оцтова кислота	45	0,95	1,0	заг.	4	0,01	токс.
90	Оцтово-етилловий ефір	13	-	0,2	орг.	4	0,25	орг.
91	Фенол	10	0,95	0,001	орг.	4	0,001	рибсп.
92	Формальдегід	100	0,80	0,05	с-т	2	0,01	заг.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
93	Фосфати	10,0	0,1 - 0,2	3,5	заг.	4	-	-
94	Фталева кислота	0,5	-	0,5	заг.	3	3,0	токс.
95	Хром (тривалентний)	2,5	0,50	0,5	с-т	3	-	-
96	Хром (шестивалентний)	0,1	0,50	0,05	с-т	3	0,001	с-т
97	Ціаніди	1,5	0,70	0,1	с-т	2	0,05	токс.
98	Цинк	1,0	0,30	1,0	заг.	3	0,01	токс.
99	Етанол	14,0	-	-	-	-	0,01	токс.
100	Етиленгліколь	1000	0,80	1,0	с-т	3	0,25	с-т
101	Етилхлоргідрин	5,0	-	0,0001	с-т	1	-	-
Речовини, які не піддаються біологічному розкладу								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
102	Анізол	-	-	0,05	с-т	3		
103	Ацетофенон	-	-	0,1	с-т	3		
104	Гексахлорбензол	-	-	0,05	с-т	3		
105	Гексаген	-	-	0,1	с-т	2		
106	Гексахлоран	-	-	0,02	орг.	4		
107	Гексаметилендіамін	-	-	0,01	с-т	2		
108	2,3-дихлор-1,4нафтохінон	-	-	0,1	с-т	3		
109	Диметилдихлорвінілфосфат	-	-	1,0	орг.	3		
110	ДДТ (технічний)	-	-	0,1	с-т	2		
111	Діетиланілін	-	-	0,15	орг.	3		
112	Діетилртуть	-	-	0,0001	с-т	1		
113	Діетилловий ефір малеїнової кислоти	-	-	1,0	с-т	2	-	-
114	Дихлоранілін	-	-	0,05	орг.	4	0,001	токс.

115	Дихлорбензол	-	-	0,002	орг.	3	0,01	токс.
116	Дихлоргідрин	-	-	1,0	орг.	4	-	-
117	Дихлоретан	-	-	0,02	с-т	2	0,1	токс.
118	Діетилдитіофосфор на кислота	-	-	0,5	орг.	3	-	-
119	Діетиловий ефір	-	-	0,3	орг.	4	0,00 8	с-т
120	Ізопропіламін	-	-	2,0	с-т	3	-	-
121	Ізопрен	-	-	0,005	орг.	4	0,01	с-т
122	Карбофос	-	-	0,05	орг.	4	0	токс.
123	б-меркаптодіе- тиламін	-	-	0,1	орг.	4	-	-
124	Метафос	-	-	0,5	орг.	4	0	токс.
125	Метилнітрофос	-	-	0,25	орг.	3	0	токс.
126	Натрій	200,0	-	200,0	с-т	2	-	-
127	Нітробензол	-	-	0,2	с-т	3	0,01	токс.
128	Нітрохлорбензол	-	-	0,05	с-т	3	-	-
129	Пентаеритрит	-	-	0,1	с-т	2	-	-
130	Петролатум	-	-	0,1	с-т	3	-	-
131	Пікринова кислота	-	-	0,5	орг.	3	0,01	токс.
132	Пірогалол	-	-	0,1	орг.	3	-	-
133	Поліхлорпінен	-	-	0,12	с-т	2	-	-
134	Поліетиленімін	-	-	0,1	с-т	2	0,00 1	токс.
135	Пропілбензол	-	-	0,2	орг.	3	-	-
136	Сульфати	500,0	-	500,0	орг.	4	100, 0	с-т
137	Тетрахлорбензол	-	-	0,01	с-т	2	-	-
138	Тетраетилсвінець	-	-	0	с-т	1	-	-
139	Трифторхлорпропа н	-	-	0,1	с-т	2	-	-
140	Триетиламін	-	-	2,0	с-т	2	-	-
1	2	3	4	5	6	7	8	9
141	Тетрахлоргепта н	-	-	0,0025	орг.	4	-	-
142	Тетрахлорнона н	-	-	0,003	орг.	4	-	-
143	Тетрахлорпент ан	-	-	0,005	орг.	4	-	-
144	Тетрахлорпроп ан	-	-	0,01	орг.	4	-	-
145	Тетрахлорунде кан	-	-	0,007	орг.	4	-	-
146	Тетрахлоретан	-	-	0,2	орг.	4	-	-
147	Тіофен	-	-	2,0	орг.	3	-	-
148	Тіофос	-	-	0,003	орг.	4	-	-
149	Трибутилфосфа т	-	-	0,01	орг.	4	-	-
150	Трихлорбензол	-	-	0,03	орг.	3	0,001	токс.

151	Фенілендіамін (n)	-	-	0,1	с-т	3	-	-
152	Фозалон	-	-	0,001	орг.	4	0	токс.
153	Фосфамід	-	-	0,03	орг.	4	-	-
154	Фурфурол	-	-	1,0	орг.	4	-	-
155	Хлориди	350,0	-	350,0	орг.	4	300,0	с-т
156	Хлорбензол	-	-	0,02	с-т	3	0,001	токс.
157	Хлоропрен	-	-	0,01	с-т	2	-	-
158	Циклогексан	-	-	0,1	с-т	2	0,01	токс.
159	Циклогексанол	-	-	0,5	с-т	2	0,0005	токс.
160	Циклогексаноксин	-	-	1,0	с-т	2	-	-
161	Циклогексен	-	-	0,02	с-т	2	-	-
162	Чотирихлористий вуглець	-	-	0,005	с-т	2	-	-
163	Етилбензол	-	-	0,01	орг.	4	0,001	токс.