

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**Український державний університет  
науки і технологій**

---

Кафедра «Екологічна та цивільна безпека»

*В авторській редакції*

## **ТЕХНОЕКОЛОГІЯ**

Методичні рекомендації до практичних занять

Електронний аналог  
друкованого видання



ДНІПРО  
2023

УДК 502/504  
Т 38

Укладачі:  
*М. С. Безовська, О. В. Розгон*

Експерти:  
доц. каф. «Екологічна та цивільна безпека» *Л. Д. Тарасова (ННІ ДІП)*  
канд. техн. наук, доц. *М. Л. Сорока (ННІ ДІП)*

Зареєстровано НМВ УДУНТ (№ 629 від 22.06.2023)

Т 38 Техноекологія : методичні рекомендації до практичних занять /  
уклад. М. С. Безовська, О. В. Розгон ; Укр. держ. ун-т науки і техно-  
логій. – Дніпро : УДУНТ, 2023. – 33 с.

Методичні рекомендації призначені для використання студентами усіх форм навчання освітнього ступеня «бакалавр» за ОПП «Екологія» спеціальності 101 «Екологія» під час виконання практичних занять з дисципліни «Техноекологія».

Методичні рекомендації містять основні теоретичні положення для засвоєння матеріалу, методики розв'язання задач з дисципліни, контрольні питання для підготовки до модулю.

Іл. 10, табл. 5, бібліогр. 10 назв.

© Безовська М. С. Розгон О. В., укладання, 2023

© Укр. держ. ун-т науки і технологій, 2023

## ЗМІСТ

		Стор.
Передмова	.....	4
Практична робота №1.	Розрахунок основних складових схеми утилізування нафтошламів .....	5
Практична робота №2.	Методика «екологічних переваг» при виборі будівельних матеріалів.....	10
Практична робота №3.	Розрахунок економічної ефективності впровадження сучасних схем поводження з ПММ .....	12
Практична робота №4.	Розрахунок матеріально-сировинного балансу (на прикладі локомотивного депо) .....	17
Практична робота №5.	Розрахунок основних складових схеми відновлення відпрацьованих олив .....	20
Практична робота №6.	Розрахунок реагентів для очистки стічних вод (на прикладі залізничного підприємства)	22
Практична робота №7	Проектування теплоелектростанції, що працює на альтернативному паливі .....	26
Практична робота №8	Сучасні екобезпечні технології водопідготовки, очистки стоків та утилізації відходів підприємств .....	29
Список літератури	.....	32

## ПЕРЕДМОВА

Методичні вказівки призначені для виконання практичних робіт з дисципліни «Техноекологія», що відноситься до обов'язкової компоненти (ОК15) освітньо-професійної програми (ОП) «Екологія» першого (бакалаврського) рівня вищої освіти.

Метою дисципліни є досягнення компетентностей, які основані на зазначених в освітньо-професійній програмі (ОП).

1. Здатність до адаптації та дії в новій ситуації (К03).

2. Навички міжособистісної взаємодії (К10).

3. Здатність до оцінки впливу процесів техногенезу на стан навколишнього середовища та виявлення екологічних ризиків, пов'язаних з виробничою діяльністю (К18).

4. Здатність інформувати громадськість про стан екологічної безпеки та збалансованого природокористування (К24).

5. Здатність до розуміння технологічних схем та технічної документації щодо природозахисних споруд (К29).

Softskills:

1. Особистісні: здатність приймати рішення при оцінці впливу різних промислових об'єктів на довкілля (ОН1), розрізненні та оцінці різних варіантів екообладнання для впровадженні на підприємствах різних галузей промисловості (ОН2), здатність чітко формулювати цілі після оволодіння навичками системного підходу щодо організації роботи підприємства з точки зору його впливу на довкілля (ОН3).

2. Комунікаційні: здатність формулювати думки при виконанні індивідуальних завдань (КН1), аргументовано захищати прийняті рішення при складанні рекомендацій для покращення екологічної ситуації на підприємстві (КН2).

3. Управлінські: здатність розвивати членів команди під час виконання окремих завдань студентів (УН1), запобігання конфліктів при обговоренні з викладачем результатів виконаних завдань (УН2), вміння вислуховувати усі точки зору (УН3).

Дисципліна «Техноекологія» повинна забезпечити такі програмні результати навчання (згідно з ОП):

1. Знання і розуміння:

ПР03. Розуміти основні концепції, теоретичні та практичні проблеми в галузі природничих наук, що необхідні для аналізу і прийняття рішень в сфері екології, охорони довкілля та оптимального природокористування;

ПР07. Розв'язувати проблеми у сфері захисту навколишнього середовища із застосуванням загальноприйнятих та/або стандартних підходів та міжнародного і вітчизняного досвіду;

ПР08. Уміти проводити пошук інформації з використанням відповідних джерел для прийняття обґрунтованих рішень;

ПР15. Уміти пояснювати соціальні, економічні та політичні наслідки впровадження екологічних проектів;

ПР20. Уміти формулювати запити та визначати дії, що забезпечують виконання норм і вимог екологічного законодавства;

## 2. Формування суджень:

ПР11. Уміти прогнозувати вплив технологічних процесів та виробництв на навколишнє середовище;

ПР17. Усвідомлювати відповідальність за ефективність та наслідки реалізації комплексних природоохоронних заходів;

ПР22. Брати участь у розробці проєктів і практичних рекомендацій щодо збереження довкілля.

Очікувані результати навчання (ОРН), які повинні бути досягнуті після опанування дисципліни «Техноекологія»:

1. Знати основні напрямки впливу підприємств різних галузей промисловості на довкілля: I;

2. Виконувати пошук інформації з використанням різноманітних інформаційних джерел, у тому числі інтернет-ресурсів у сфері урбанізації: II;

3. Виконувати розрахунки обладнання для зменшення екологічного навантаження підприємств: III;

4. Співвідносити вплив різних галузей промисловості на довкілля: IV;

5. Демонструвати здатність до розробки пропозицій, проєктів, спрямованих на поліпшення екологічної ситуації на підприємствах різних галузей: V;

6. Оцінювати наслідки впливу підприємств різних галузей на довкілля та впровадження екологічних проєктів для ліквідації цих впливів: VI;

7. Прогнозувати вплив підприємств різних галузей на навколишнє середовище і населення: VI.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

### **Розрахунок основних складових схеми утилізування нафтошламів**

Нафтошлами лінійних підрозділів залізниць накопичуються у стічних водах підприємств після обмивки вагонів, тепловозів та їх деталей, тому найбільша їх кількість утворюється у вагонних і пасажирських депо залізниць, т. я. саме тут проводять обмивку рухомого складу при проведенні ремонтних робіт.

Наприклад, утворення шламів може іти при проведенні великого періодичного ремонту рухомого складу ТР-2, який виконується в спеціальних цехах ремонтно-експлуатаційних депо. При цьому виді ремонту виконується піднімання кузова, викочування візка, розбирання окремих вузлів, знімання кожухів і кришок, фарбування тепловозів, фарбування кузовів електровозів, а також промивка деталей. Також утворення нафтошламів йде і при підйомному ремонті ТР-3.

Зовні промислові відходи технологічні шлами представляють собою масу коричневого кольору, що має грудкувату структуру. Найчастіше технологічні шлами відносяться до третього класу небезпечності і являються помірно небезпечними.

Одним із найбільш розповсюджених способів утилізації нафтошламів є такий термічний метод, як спалювання. Проте технологічні шлами є обмежено горючими речовинами, тому їх спалювання можна проводити лише при використанні додаткової кількості палива. Такі технології є низькопродуктивними,

енергетично та фінансово витратними через високу ціну котлоагрегатів, крім того доводиться встановлювати додаткове високовартісне обладнання для очистки викидів в атмосферне повітря; вони не дозволяють здійснити повну переробку і утилізацію нафтошламів і не забезпечують екологічну безпеку для навколишнього середовища.

При виборі технології утилізації технологічних шламів слід взяти до уваги періодичність утворення цих відходів, їх обмежену кількість, значну витрату додаткового палива, що буде підтримувати процес горіння. Саме тому для врахування цих особливостей шламів залізничних підприємств пропонується використовувати значно дешевші механічні методи. Наприклад, встановлювати у депо декантери різних конструкцій залежно від загального складу шламів і складу кожної з його основних частин: вуглеводневміщуючої частини, води і механічних домішок.

Декантер являє собою центрифугу з цифровим конвеєром (рис. 1). Ротор складається з конічних та циліндричних барабанних частин, шнекового конвеєра і труби механізму подачі. Такий прилад розділяє забруднені нафти, а також нафтошлами різного походження на вуглеводневу фазу з відділенням води і твердих сполук.



Рис. 1. Трифазна декантер-центрифуга для переробки нафтошламу ZA 18-4

Процес відбувається за рахунок розділення суміші на три фази на основі різниці їх щільності із застосуванням різних діапазонів високих швидкостей і обертаючих моментів. Сировина (забруднені нафтопродукти) подається через трубу механізму подачі у частину шнекового конвеєра, що обертається, де під дією відцентрової сили відбувається її розподіл на освітлений продукт (фугат) і осад. Фугат виводиться з циліндричної частини ротора, а осад за рахунок різниці швидкостей шнека і ротора надходить у конічну частину, де відбувається його зневоднення. Зневоднений осад вивантажується у вузькому кінці конічної частини через спеціальні порти.

Практичні дослідження показують, що для оптимального розділення трьох фаз технологічних шламів потрібні різні типи флокулянтів для кожного конкретного випадку. Залежно від типу устаткування, що використовується для обробки нафтошламів (центрифуг, фільтрпресів, вакуум-фільтрів) підбирається найбільш прийнятний тип реагентів і використовується в подальшій обробці.

Із досвіду застосування катіонні флокулянти найефективніше діють на органічні сполуки, тоді як аніонні більш прийнятні для неорганічних речовин. У

зв'язку з різноманітністю складу і властивостей шламів, підбір ефективних флокулянтів у кожному окремому випадку повинен проводитися за попередніх лабораторних і дослідно-промислових випробуваннях.

Наприклад, широко відомі такі флокулянти, як ФТ-410, ПТ-506, флокулянти марки Zetag-89, поліакриламід технічний (ПАА) та ін. Так катіонний флокулянт Zetag-89 на водній основі виробництва швейцарської фірми Ciba Specialty Chemicals використовується в нафтопереробній промисловості в процесі зневоднення нафтошламів при витраті 2 кг на тону сухого залишку.

Для приготування реагентів необхідно додатково використовувати змішувачі. Існує декілька типів пристроїв для змішування, а саме лопатеві, рамні, якірні, турбінні, пропелерні та інші. Наприклад, лопатеві змішувачі, що відрізняються простотою конструкції та низькою вартістю виготовлення, застосовують для перемішування рідин з в'язкістю до 0,1 Па·с. Рисунки таких змішувачів наведені на рис. 2.

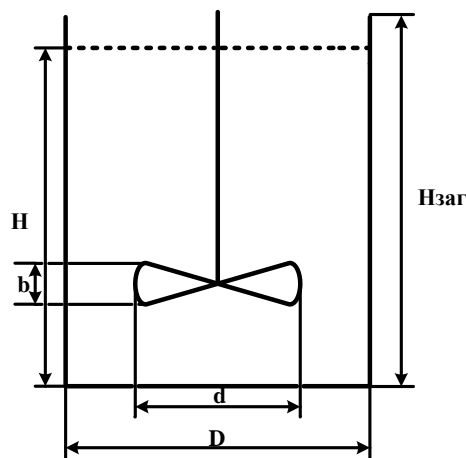


Рис. 2. Схема змішувального пристрою

Загальна схема переробки нафтошламів має вигляд (рис. 3).

Технологічний розрахунок центрифуг зводиться до визначення їх продуктивності і витрати енергії на центрифугування з підбором відповідних габаритних розмірів

Одним із основних критеріїв оцінки ефективності роботи центрифуги є фактор розділення  $\Phi$ :

$$\Phi = \frac{\omega^2 \cdot r}{g} = \frac{n^2 \cdot r}{900}, \quad (1.1)$$

де  $\omega = \pi \cdot n / 30$  – кутова швидкість барабану, м/с;

$n$  – частота обертання ротору,  $s^{-1}$ ;

$r$  – внутрішній радіус ротору, м;

$g$  – прискорення вільного падіння,  $m/s^2$ .

Обчислення можна проводити за наступних параметрів: частота обертання ротору 3000 обертів на хвилину, тобто  $50 s^{-1}$ , фактор розділення приймаємо 1850. Після розрахунку обираємо центрифугу з найближчими значеннями цих параметрів, основним будемо вважати  $\Phi$ .

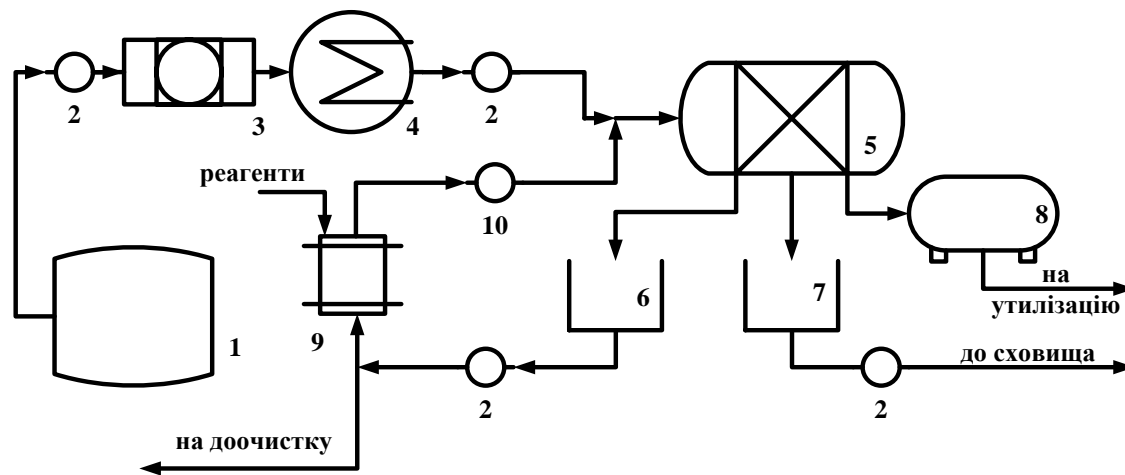


Рис. 3. Принципова схема реагентної переробки нафтошляму із застосуванням декантера і теплообмінника:

1 – резервуар для зберігання нафтошлямів; 2 – насоси; 3 – фільтр грубого очищення; 4 – теплообмінник; 5 – декантер-центрифуга; 6 – ємкість для збирання води; 7 – ємкість для збирання фугату (вуглеводнів); 8 – ємкість для збирання осаду; 9 – ємкість для приготування реагентів; 10 – насос-дозатор для подачі реагентів

Розрахунок змішувача зводиться до визначення його потужності, інтенсивності перемішування з отриманням основних габаритних розмірів - висоти шару рідини  $H$ , діаметру ємкості  $D$ , діаметру мішалки  $d$ , ширини лопатей мішалки, діаметру змішувача  $d_{зм}$  та його пускової потужності (для випадку наявності нагрівального елемента).

Об'єм ємності періодичної дії мішалки розраховують за формулою:

$$V_{ап} = \frac{G}{\rho \cdot K}, \quad (1.2)$$

де  $K=0,7 \dots 0,8$  - коефіцієнт заповнення ємності, приймаємо  $K=0,8$ ;  
 $\rho$  – густина середовища.

Розрахунок густини середовища проводимо по формулі:

$$\frac{1}{\rho} = \sum_1^n \frac{x_n}{\rho_n}, \quad (1.3)$$

де  $n$  – кількість компонентів суміші;

$x_n$  – вміст  $n$ -ї речовини у завантаженні, мас. долі;

$\rho_n$  – густина  $n$ -ї речовини,  $\text{кг/м}^3$ .

Для розрахунку приймаємо  $n=2$ , тобто компоненти – це шлам і флокулянт у кількості відповідно 95 % та 5 %. У якості реагента-флокулянта приймаємо поверхнево-активну речовину неонол. Густина шламів складає в середньому  $1000 \text{ кг/м}^3$ , густина неонолу -  $1046 \text{ кг/м}^3$ .

Обчислюємо за формулою (3):

$$\frac{1}{\rho} = \frac{0,95}{1000} + \frac{0,05}{1046} = \frac{99,8}{100000}$$

$$\text{Тоді } \rho = \frac{100000}{99,8} = 1002,00 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho = 1002,0 \text{ кг/м}^3 = 1,002 \text{ т/м}^3.$$

При відомій величині добової продуктивності завантаження апарату дорівнює:

$$G = \frac{G_{\text{доб}} \cdot \tau_{\text{ц}}}{24}, \quad (1.4)$$

де  $\tau_{\text{ц}}$  – час циклу, що дорівнює сумі тривалості загрузки компонентів для перемішування  $\tau_3$ , часу самого перемішування  $\tau_{\text{п}}$  та вивантаження готової суміші із апарату  $\tau_{\text{в}}$ .

У нашому випадку  $\tau_3 = \tau_{\text{в}} = 0,25$  год.,  $\tau_{\text{п}} = 0,5$  год., тому

$$\tau_{\text{ц}} = 0,25 + 0,5 + 0,25 = 1 \text{ год.}$$

Продуктивність апарату приймаємо виходячи з максимально допустимого завантаження центрифуги, тобто 100 кг (0,1 т) на 1 годину; тоді  $G_{\text{доб}} = 2400$  кг/доб. = 2,40 т/доб. Тоді  $G$  та  $V_{\text{ап}}$  дорівнюють відповідно до формул (2), (4):

$$G = \frac{2,40 \cdot 1}{24} = 0,1 \text{ т/год.};$$

$$V_{\text{ап}} = \frac{0,1}{1,002 \cdot 0,8} = 0,124 \text{ м}^3.$$

Приймаємо об'єм апарату таким, що дорівнює 0,124 м<sup>3</sup>.

Тоді загальний об'єм ємності мішалки  $V_{\text{заг}}$  складе:

$$V_{\text{ап}}/K = 0,12/0,8 = 0,155 \text{ м}^3.$$

Робочий об'єм ємності апарату приймаємо:

$$V = H \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 0,155 \text{ м}^3, \text{ приймаємо } H=D, \text{ тоді:}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 0,155}{3,14}} = 0,582 \text{ м, тоді, } H=0,582 \text{ м.}$$

Назви та густини альтернативних реагентів наведені нижче в табл. 1.

Таблиця 1

### Назви та густини альтернативних реагентів

№	Назва	Густина, кг/м <sup>3</sup>
1	Сульфонол марки «Технічний»	150
2	Кокамідопропілбетаїн	1043
3	Синтанол АЛМ-10	860
4	Поліакріламід	1302
5	Лауретсульфат натрію	1050

### Питання для самоперевірки:

1. Де накопичуються нафтошлами лінійних підрозділів залізниць?
2. Який метод утилізації нафтошламів є найбільш розповсюдженим?
3. Що являє собою декантер?
4. Який пристрій використовують для приготування реагентів?

**Методика «екологічних переваг» при виборі будівельних матеріалів**

Всі матеріали, представлені сьогодні на ринку будівельної продукції, можуть бути класифіковані за екологічними властивостями. Матеріалу, подібно до екологічної марки, може бути присвоєний клас екологічної якості після процедури екологічної оцінки його властивостей за життєвим циклом.

Зазвичай будівельним матеріалам, що мінімально навантажують навколишнє середовище і не містять у своєму складі небезпечних речовин, присвоюється 1-й клас екологічної якості. У разі, якщо навантаження на довкілля середні, матеріалу може бути присвоєний 2-й чи 3-й клас. Матеріали з високими показниками навантажень і шкідливі для здоров'я речовини, що містять у своєму складі, вважаються неекологічними, і їх намагаються взагалі не застосовувати в житловому будівництві. Використання такої класифікації полегшує вибір матеріалів для нового будівництва, і для реставрації.

За кордоном з'явилися бази даних з інформацією про класи екологічної якості будівельних матеріалів як довідкові інформаційні картки. Ці картки оновлюються у міру отримання нових знань з екологічних властивостей БМ та появи нової будівельної продукції.

У картку можуть бути внесені екологічні марки (пиктограми) для швидкої орієнтації у властивостях БМ та показниках їх призначення.

Такий варіант класифікаційного екологічного аналізу отримав назву системи «екологічних переваг» або системи «екологічних переваг». Алгоритм методики вибору матеріалу методом «екологічного переваги» можна уявити рядом послідовних дій, що є логічним продовженням методичної системи екологічної оцінки БМ по ЖЦ.

Він включає такі етапи:

- вибір за каталогами будівельної продукції матеріалів, які можуть бути використані за одним призначенням (що більше видів матеріалів, то більша варіантність вибору);

- матеріали оцінюють за ЖЦ, класифікують і розташовують у ряд за зменшенням екологічної переваги до застосування — подібно до того. При цьому обов'язково слід якнайповніше врахувати можливі негативні впливи порівнюваних матеріалів на навколишнє середовище та людину;

- основна інформація, за якою надається той чи інший клас екологічної якості, переноситься до зведеної таблиці (табл. 2), названої «інформаційною картою екологічного вибору БМ»;

- текстова частина «картки» має бути представлена чотирма інформаційними «вікнами» і обов'язково містити такі розділи: «Екологічна перевага»: дається обґрунтування «переваги 1» та опис послідовності вибору матеріалів (пояснюється послідовність 1, 2 та 3 переваг);

"Уникати застосування": описуються негативні екологічні ефекти, способи їх зниження, пояснюється, чому не рекомендується використовувати даний матеріал;

«Основний комплект»: відзначається рівень забезпеченості ринку переважними матеріалами;

«Примітка»: можна вказати марки товарної продукції цих видів матеріалів (вітчизняні та зарубіжні) або ін.

Екологічно доцільний вибір матеріалів визначає не лише довговічність будівель та споруд, але й реальну перспективу екологічної комфортності та гарантованої безпеки для здоров'я людини, середовища всередині приміщень та збереження екологічної стійкості навколишнього природного середовища для «екологічного здоров'я» нашої планети.

Таблиця 2

### Інформаційна картка екологічного вибору БМ

Види робіт: штукатурні роботи всередині приміщень БМ для вирівнювання стін				
вид БМ	перевага 1	перевага 2	перевага 3	унікати
	сульфогіпс (хімічний гіпс)	вапняний розчин	гіпс (з природної сировини)	фосфогіпс (хімічний)
екологічні переваги	Для штукатурних робіт усередині приміщення перша перевага має сульфогіпс, так як є вторинним продуктом, що не містить шкідливих домішок і не радіоактивний, а його застосування дозволяє одночасно вирішити екологічні проблеми, пов'язані зі видобутком природного гіпсу (наприклад, не допустити виснаження природної сировини) та накопиченням відходів; для виробництва сульфогіпсу потрібно менше енергії, ніж для інших матеріалів, наприклад, вапняного розчину та будівельного гіпсу.			
унікати	Фосфогіпс - відхід (побічний продукт) при виробництві мінеральних добрив, проте він містить радіоактивні домішки (стронцій), що ускладнює його переробку та робить небезпечним застосування. Шар штукатурки має обмежену товщину, тому ризик випромінювання менший, ніж при застосуванні плит або блоків. Незважаючи на це, рекомендується уникати застосування фосфогіпсу навіть у штукатурці.			
основний комплект	В основний комплект екологічних переваг входять вапняний розчин та будівельний гіпс. Вони широко представлені над ринком, їх постачання необмежені. Ймовірно, незабаром і сульфогіпс постачатиметься широко, оскільки на ТЕС впроваджуються системи очищення димових газів від SO <sub>2</sub> , і залишковим продуктом роботи очисних установок буде хімічний гіпс — сульфогіпс.			
примітка	Увага! Деякі фірми випускають будівельні матеріали із фосфогіпсу. Отже, доцільною є перевірка цих БМ на радіаційну безпеку.			

Основними принципами вибору будівельних матеріалів методом екологічної переваги вважаються такі:

- думати глобально;
- вибирати варіантно;
- використовувати лише матеріали, безпечні для людини;

- переважно використовувати матеріали, що мінімально навантажують довкілля;
- використовувати матеріали за показниками їх призначення;
- використовувати довговічні матеріали;
- використовувати поліфункціональні матеріали;
- використовувати лише якісні матеріали;
- використовувати ресурсо- та енергозберігаючі матеріали;
- використовувати ощадливо, уникаючи відходів;
- використовувати матеріали із відновлюваної сировини;
- використовувати ремонтно-придатні та легко замінні матеріали;
- використовувати матеріали, які легко сортуються після закінчення терміну їх використання;
- використовувати матеріали, які будуть наприкінці їхньої ЖЦ придатні для повторного використання.

### **Питання для самоперевірки:**

1. Яку назву отримав варіант класифікаційного екологічного аналізу вибору будівельних матеріалів?
2. Основними принципами вибору будівельних матеріалів методом екологічної переваги вважаються?

### **ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3**

#### **Розрахунок економічної ефективності впровадження сучасних схем поводження з ПММ**

На структурних підрозділах залізниць у технологічних процесах використовується значна кількість нафтовміщуючих матеріалів. Це бензини, дизельні палива, мастила, мастильно-охолоджуючі рідини, моторні, компресорні, трансформаторні, осьові оливи різних марок та ін. В результаті залізничні підприємства стають джерелами утворення значної кількості нафтовміщуючих відходів.

Основні складові розглянутої у попередній практичній роботі схеми це резервуар-накопичувач нафтошламу, фільтр грубого очищення, теплообмінник, декантер-центрифуга, насоси, ємності для збирання побічних продуктів, ємності для приготування реагентів. Середня вартість основного обладнання по запропонованій схемі складає:

- Фільтра грубого очищення: 40 тис. грн.;
- Теплообмінника: 10 тис. грн.;
- Декантера-центрифуги: 700 тис. грн.;
- Насоса для перекачування рідин з одного резервуару до іншого: 7 тис. грн.; врахуємо, що відповідно до запропонованої у розділі 4 схеми необхідно встановити 4 таких насоси, тоді вартість складе 28 тис. грн.;
- Насоса-дозатора: 10 тис. грн.; відповідно до запропонованої у розділі 4 схеми необхідно встановити 1 насос (для флокулянтів), тоді вартість складе 10 тис. грн.

У якості накопичувача можна використовувати вже існуючі в кожному депо резервуари для зберігання технологічних шламів, тому не буде враховувати їхню вартість.

Для приготування реагентів будемо використовувати ємності постачальників. У якості резервуару для збирання осаду можна запропонувати залізничні цистерни для темних нафтопродуктів, у яких згодом отриманий відхід можна перевозити до місць утилізації. Вартість цього обладнання, а також ємності для збирання води не будемо включати до загальних витрат. У ємності немає необхідності, так як таку воду планується використовувати для приготування розчину реагентів.

Тоді загальна сума по всій схемі складе: 788 тис. грн..

Крім того, витрати на реагенти-флокулянти для 1 тони технологічного шламу складуть: при необхідній кількості 5 % по масі на 1 т використовується 50 кг неонулу; тоді при його вартості 10 грн/кг отримуємо – 50 кг · 10 грн/кг = 500 грн.

Середня кількість шламів, що утворюється у вагонних депо (на таких підприємствах шлами утворюються у найбільших кількостях), складає 10 т на рік. Тоді вартість реагенту складе 5000 грн.

Тоді сума складатиме 793 тис. грн.

Система екологічних платежів (податків) в Україні виконує дві основні функції: по-перше, забезпечує збір і накопичення необхідних фінансових коштів для реалізації заходів екологічної спрямованості; по-друге, сприяє формуванню економічних мотивів екологізації процесів виробництва і споживання виробів і послуг. При цьому ставки податків повинні відповідати кільком вимогам: а) враховувати основні закономірності (пропорції) впливу різних екодеструктивних факторів на економічні інтереси господарських суб'єктів; б) підтримувати рівновагу між інтересами виробників і споживачів продукції; в) враховувати загальну економічну ситуацію в країні і не викликати тотального підриву економічної системи (зокрема, масового банкрутства підприємств).

Суми податку, який справляється за розміщення відходів ( $P_{рв}$ ), обчислюються платниками самостійно щокварталу виходячи з фактичних обсягів розміщення відходів, ставок податку та коригуючих коефіцієнтів за формулою:

$$P_{рв} = \sum_{i=1}^n (H_{пi} \cdot M_{лi} \cdot K_m \cdot K_o) , \quad (3.1)$$

де  $H_{пi}$  – ставки податку в поточному році за тонну  $i$ -того виду відходів у гривнях з копійками;

$M_{лi}$  – обсяг відходів  $i$ -того виду в тоннах (т);

$K_m$  – коригуючий коефіцієнт, який враховує розташування місця розміщення відходів;

$K_o$  – коригуючий коефіцієнт, що дорівнює 3 і застосовується у разі розміщення відходів на звалищах, які не забезпечують повного виключення забруднення атмосферного повітря або водних об'єктів.

Ставки податку за розміщення окремих видів надзвичайно небезпечних відходів:

- обладнання та приладів, що містять ртуть, елементи з іонізуючим випромінюванням – 865,47 гривні за одиницю;
- люмінесцентних ламп – 15,06 гривні за одиницю.

Ставки податку за розміщення відходів (табл. 3), які встановлюються залежно від класу небезпеки та рівня небезпечності відходів (обов'язково звіряємо зі ставкою податку на день розрахунку на сайті Державної податкової служби України - <https://tax.gov.ua/nk/rozdil-viii--ekologichniy-poda/>).

За розміщення відходів, на які не встановлено клас небезпеки, застосовується ставка податку, встановлена за розміщення відходів I класу небезпеки.

За розміщення відходів на звалищах, які не забезпечують повного виключення забруднення атмосферного повітря або водних об'єктів, ставки податку, зазначені вище, збільшуються у 3 рази.

Коефіцієнт до ставок податку, який встановлюється залежно від місця (зони) розміщення відходів у навколишньому природному середовищі (табл. 4).

Таблиця 3

### Ставки податку за розміщення відходів

Клас небезпеки відходів	Рівень небезпечності відходів	Ставка податку, гривень за 1 тону
I	надзвичайно небезпечні	1546,22
II	високонебезпечні	56,32
III	помірно небезпечні	14,12
IV	малонебезпечні	5,50
	малонебезпечні нетоксичні відходи гірничої промисловості	0,54

Таблиця 4

### Коефіцієнти до ставок податку

Місце (зона) розміщення відходів	Коефіцієнт
В межах населеного пункту або на відстані менш як 3 км від таких меж	3
На відстані від 3 км і більше від меж населеного пункту	1

Податок за розміщення нафтовміщуючих шламів за рік складе:

$$P_{рв} = 12,84 \cdot 10 \cdot 3 \cdot 3 = 1155,60 \text{ грн. за рік,}$$

де 12,84 - ставка податку в поточному році за тону нафтошламів, що відносяться до III класу небезпеки відходів, у гривнях з копійками;

10 – обсяг відходів шламів в тоннах (т);

Кт, Ко – приймаємо такими, що дорівнюють 3.

У вузькому розумінні природоохоронні заходи - це ті види господарської діяльності, які безпосередньо спрямовані на вирішення певних природоохоронних завдань. Як правило, подібні заходи мають одноцільову спрямованість, тобто призначені для досягнення однієї конкретної природоохоронної мети.

У широкому розумінні до середовищезахисних заходів можна віднести всі види господарської діяльності, що як прямо, так і побічно сприяють зниженню або ліквідації негативного впливу людини на довкілля.

Зокрема, серед згаданих вище природоохоронних заходів до логічно спрямованих дій у широкому розумінні належать ті, які так чи інакше підвищують загальну ефективність функціонування економічних систем. У кінцевому підсумку це обумовлює зменшення ресурсомісткості (матеріаломісткості, енерго- чи водоемності) виробництва одиниці продукції (виконання певної роботи, надання послуг). Інакше кажучи, зменшується питома потреба в зазначених ресурсах. Безпосередніми наслідками цього є відносно зменшення екологічного тиску на стадіях виробництва: зникає (або зменшується) потреба в ресурсі - зникають (або зменшуються) і негативні наслідки його виробництва. Як правило, екологічно спрямовані заходи непрямої дії мають багатоцільовий характер. Крім екологічних ефектів, вони дають можливість отримати цілу низку економічних і соціальних результатів (зокрема, зменшення виробничих та невиробничих витрат, поліпшення за рахунок цього достатку людей тощо). Подібні заходи можуть мати на меті:

- раціоналізацію розміщення підприємств;
- економію ресурсів;
- упровадження маловідходних технологічних процесів;
- зміну обсягів і структури виробництва;
- збільшення випуску екологічно чистої продукції;
- регулювання транспортних потоків та ін.

Загальними для будь-яких заходів екологічної спрямованості є два моменти:

- по-перше, вони спрямовані на досягнення конкретного результату (соціального або економічного);
- по-друге, вони потребують витрат коштів (або інших ресурсів).

Теорія ефективності чітко розмежовує поняття ефекту й ефективності, розуміючи під першим результат заходу, а під другим - співвідношення ефекту і витрат, що його викликали.

Економічний ефект – виражений у вартісній формі результат будь-яких дій (зокрема, зазначених вище господарських заходів).

У тому випадку, якщо згадані результати впливають не тільки на суто виробничу сферу, але й обумовлюють зміни, пов'язані з впливом на здоров'я або умови життєдіяльності людини прийнято говорити про соціально-економічний ефект. Якщо ці зміни стосуються природоохоронної сфери, використовують вираз еколого-економічний ефект.

Принциповий взаємозв'язок між зазначеними двома поняттями може бути виражений формулою:

$$E = P - Z, \quad (3.2)$$

де  $E$  – величина умовного економічного ефекту;

$P$  – величина економічного результату;

$Z$  – повні витрати на реалізацію заходу, завдяки якому з'явився ефект.

Для рівня підприємства показники набувають наступного змісту:

$P$  – загальна виручка підприємства внаслідок здійснення природоохоронних заходів;

$Z$  – витрати на реалізацію природоохоронних заходів;

$E$  – прибуток.

У нашому випадку  $P$  – це величина податку, що був би сплачений підприємством за розміщення нафтовміщуючих шламів;  $Z$  – капітальні витрати, тобто 793 тис. грн..

Тоді  $E$  дорівнюватиме:

$$E = 1155,60 - 793000,00 = -791844,40 \text{ грн.}$$

Якщо результати економічної діяльності перевищують витрати, говорять про позитивний ефект (підприємство отримує прибуток), в іншому разі - про негативний ефект (збитки, шкода, втрати та ін.).

Ефективність визначається відношенням результату (ефекту) до витрат, що забезпечили його отримання. Ефективність розкриває характер причинно-наслідкових зв'язків виробництва. Вона показує не сам результат, а те, якою ціною він був досягнутий. Тому ефективність найчастіше характеризується відносними показниками, що розраховуються на основі двох груп характеристик (параметрів) – результату і витрат. Це, втім, не виключає використання в системі показників ефективності і самих абсолютних значень вихідних параметрів.

Економічна ефективність – це вид ефективності, що характеризує результативність діяльності економічних систем (підприємств, територій, національної економіки). Головною особливістю таких систем є вартісний характер засобів (видатків, витрат) досягнення цілей (результатів), а в деяких випадках і самих цілей (зокрема, одержання прибутку).

Однією з форм показника абсолютної економічної ефективності є термін (строк) окупності витрат (капітальних вкладень). Він характеризує період, протягом якого понесені на реалізацію заходу витрати повністю повертаються за рахунок отриманого ефекту. Термін окупності визначається зворотним співвідношенням витрат і річного ефекту:

$$T_{ок} = \frac{Z}{E_{річ}}, \quad (3.3)$$

де  $Z$  – витрати на реалізацію заходу протягом усього періоду його дії; як варіанти можуть використовуватися: величина повних витрат або тільки капітальних вкладень (грн);

$E_{річ}$  – величина чистого річного економічного ефекту (грн/рік).

Модернізація основних фондів (збільшення капітальних вкладень) часто дає можливість знизити величину поточних (експлуатаційних) витрат.

Для розрахунку повної витрати на реалізацію заходу  $Z$  необхідно врахувати:

1. Витрати на утилізацію побічних продуктів регенерації оливо, а також технологічних шламів підприємства;

2. Капітальні витрати для впровадження запропонованої схеми (вартість основного обладнання, арматури, їх встановлення на підприємстві);
  3. Подальші експлуатаційні витрати на обслуговування устаткування.
- У нашому випадку окупність складе:

$$T_{ок} = 793000 / 1155,6 = 686,2 \text{ р.}$$

#### **Питання для самоперевірки:**

1. Які дві основні функції виконує система екологічних платежів (податків) в Україні?
2. За якою формулою обчислюються суми податку, який справляється за розміщення відходів ( $P_{рв}$ )?
3. Дайте визначення економічній ефективності?

#### **ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4**

#### **Розрахунок матеріально-сировинного балансу (на прикладі локомотивного депо)**

Вирішення проблеми відходів, навіть на рівні окремого підприємства, вимагає вибору, підготовки та реалізації низки технічних і технологічних операцій з переробки та утилізації промислових відходів, що утворилися з урахуванням реальної ринкової кон'юнктури, науково-технічного рівня наявних і можливих технологій виробництва продукції, комплексного використання сировини та утилізації промислових відходів.

Це все є складною управлінською задачею. Її складність зростає при вирішенні проблеми для об'єднання (консорціуму, компанії) підприємств-виробників промислових відходів, і тим більше для індустріального району.

Істотно важливим при вирішенні конкретних управлінських завдань цього типу є їх багатоваріантність. Навіть у найпростішому випадку завжди існують два крайніх варіанти - повна утилізація відходів або їх повне поховання, і кожному з варіантів, як крайніх, так і проміжних, властиві свої характеристики фінансових витрат, енерговитрат, матеріальних ресурсів.

Для вирішення складних багатоваріантних завдань системний підхід передбачає:

- аналіз розглянутої системи, в даному випадку системи промислового виробництва на рівні підприємства, групи підприємств, індустріального регіону с матеріальними потоками сировини, продукції, промислових відходів та отриманих вторинних матеріальних ресурсів з урахуванням правової та нормативної бази, соціальних умов, екологічної ситуації, конкретних фізико-географічних, геологічних і гідрогеологічних умов;
- ідентифікацію критеріїв для вибору варіантів рішень;
- визначення потенційно можливих варіантів рішень;
- зменшення числа варіантів шляхом відмови від явно негідних варіантів на стадії попереднього розгляду та відбору;
- вибір зі списку залишається для розгляду варіантів оптимального або раціонального варіанту, що відповідає прийнятим критеріям.

При вирішенні задачі за кожним видом відходів основним інструментом аналізу є балансові співвідношення (рівняння матеріального балансу) (рис. 4).

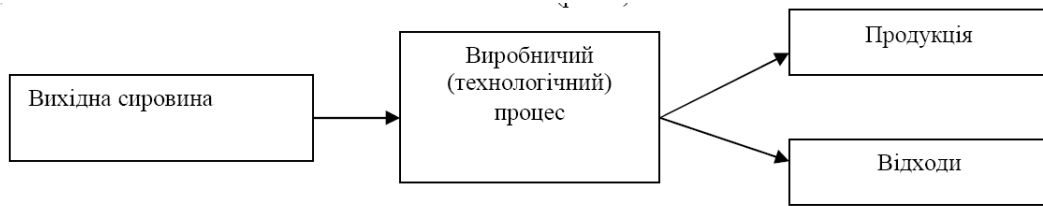


Рис. 4. Ілюстрація рівняння матеріального балансу

При цьому кількісні характеристики «матеріальних цінностей (сировина, продукція, відходи)» виражаються в натуральному вимірі (маса і, за необхідності, обсяги). Якщо у виробничому процесі використовується декілька видів сировини, виходить декілька видів продукції і кілька видів відходів, то матеріальний баланс складається як з окремих видів сировини з урахуванням його частки в продукції, так і в цілому.

Матеріальний баланс, що виражає фундаментальний закон збереження речовини, виконується у всіх випадках, у тому числі, коли у виробничих процесах відбуваються невраховані процеси або не піддаються обліку втрати речовини, наприклад, віднесення з тими, що сходять газами і т.і. Розгляд балансових співвідношень у різних варіантах дає повне уявлення про ефективність управління промисловими відходами та фінансової ефективності для кожного варіанту. На рис. 5 запропонована розгорнута схема матеріально-сировинного балансу утворення відходів виробництва на підприємстві.

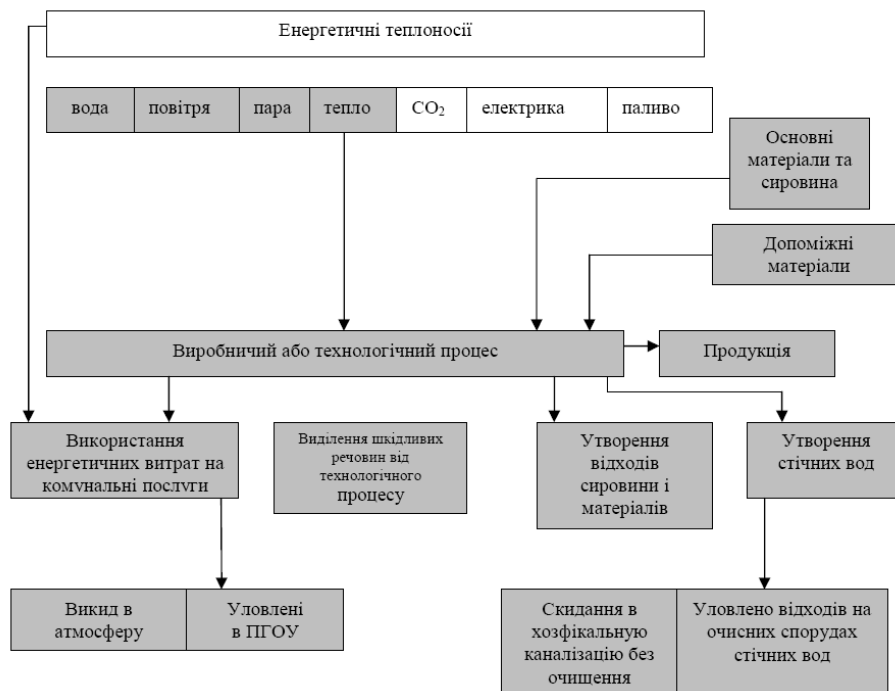


Рис. 5. Схема матеріально-сировинного балансу утворення відходів виробництва на підприємстві

Метод розрахунку по матеріально-сировинному балансу застосовується при визначенні нормативів утворення відходів, а надалі і лімітів на їх розміщення. Відповідно до технологічних особливостей виробництва нормативи утворення відходів визначаються в одиницях маси (об'єму) або у відсотках від кількості сировини, матеріалів, що використовуються, або від кількості виробленої продукції.

Нормативи утворення відходів, які оцінюються у відсотках, визначаються за тими видами відходів, які мають ті ж фізико-хімічні властивості, що і первинна сировина. Нормативи утворення відходів зі зміненими в порівнянні з первинною сировиною характеристиками необхідно представляти в наступних одиницях виміру: кг/т, кг/м<sup>3</sup>, м/тис. м<sup>3</sup> і т.д.

Вся інформація вноситься в таблицю (табл. 5).

У графах 1, 2 вказується найменування і код сировини і матеріалів, що надходять у виробництво. У графах 3 і 4 ставлять відповідну одиницю вимірювання.

У графі 5 вказати кількість сировини і матеріалів, що надійшли у виробництво. У графі 6 вказати кількість сировини і матеріалів, які вдруге використовуються у виробництві у вигляді вторинної сировини.

В процесі виробництва частина матеріалу йде в продукцію, частина в бракування, частина в безповоротні втрати. По кількісному співвідношенню використання матеріалу інформацію слід, відповідно, вказати в графах 7, 8, 9.

Таблиця 5

### Матеріально-сировинний баланс. Рух сировини, матеріалів

Сировина і матеріали, що потрапляють на виробництво		Кількість сировини і матеріалів									
		Одиниці вимірювання		Ті, що потрапляють на виробництво	Ті, що потрапляють на вторинну переробку	Ті, що використовуються для виробництва продукції			Ті, що забруднюють довкілля		
Назва	Код	Назва	Код			Вихід в продукцію	Вихід в бракування	Безповоротні втрати	Потрапляють в атмосферу	Переходять у відходи	Скидаються в каналізацію або водні об'єкти
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Кількість матеріалу, який потрапляє у навколишнє середовище у вигляді викидів, відходів і стічних вод, вказати, відповідно, в графах 10, 11, 12.

Також може заповнюватись таблиця з матеріального балансу технологічних процесів, що містить інформацію про виробничі цехи, технологічні процеси, сировину і матеріали, а також їх рух.

#### Питання для самоперевірки:

1. Поясніть як ви зрозуміли поняття матеріального балансу?
2. У якому випадку застосовується метод розрахунку по матеріально-сировинному балансу?

#### ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5

#### Розрахунок основних складових схеми відновлення відпрацьованих олив

Відпрацьовані оливи на сьогодні найчастіше застосовуються без регенерації як пічне і котельне паливо безпосередньо на залізничних підприємствах або передаються для подальшої використання або регенерації іншим підприємствам. Наприклад, відпрацьовані оливи можуть застосовуватись для змащування форм на заводах залізобетонних виробів, будівельних комбінатів та інших потреб замість відповідних свіжих нафтопродуктів.

Для очищення (регенерації) відпрацьованих олив застосовують найчастіше найпростіші фізичні методи, такі як відстоювання, фільтрацію та центрифугування. Для відстоювання використовують сталеві вертикальні та горизонтальні резервуари для нафтопродуктів. Так, на рис. 6 зображений сталевий горизонтальний резервуар. Загальний об'єм такої цистерни складає десь 48,5 куб. м.

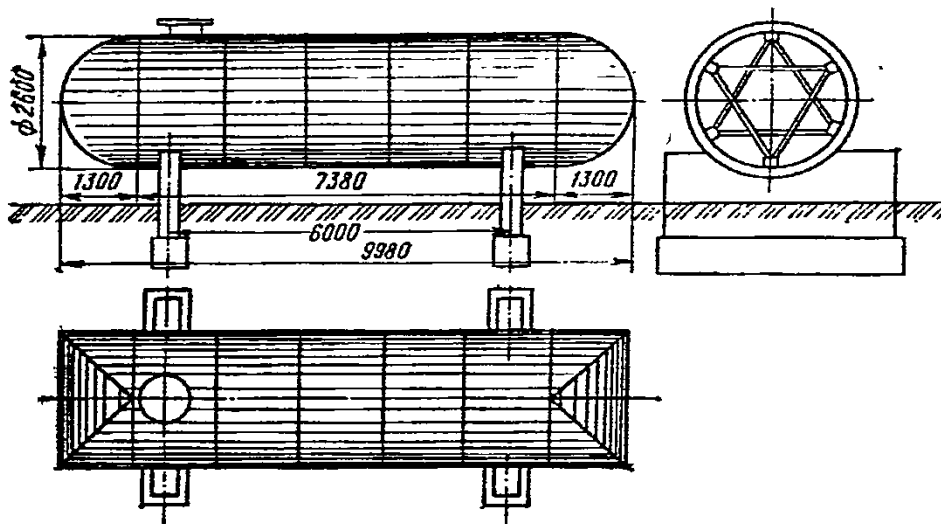


Рис. 6. Горизонтальний резервуар для зберігання нафтопродуктів

Такі резервуари виготовляють на заводах і потрапляють на місце встановлення у готовому вигляді. Ці резервуари розраховані на внутрішній тиск 0,07 МПа, мають конусне або плоске дно; їх встановлюють над землею на опорах або під землею на глибині не більше 1,2 м від поверхні землі.

Крім цистерн на залізниці використовують різні типи контейнерів, один із яких наведений на рис. 7 (окремо та безпосередньо на території залізничного підприємства).

Освітлення олив тут проходить достатньо довгий період (від кількох місяців до півроку); отриманий продукт після перевірки його відповідності до норм якості можна повторно використовувати для тих же потреб, що і свіжий, проте строк його використання значно менший через швидке втрачання оливою своїх основних експлуатаційних параметрів. Але саме цей метод і є найпоширенішим на залізничних підприємствах через відсутність необхідності у великих капіталовкладеннях, спеціально навченому персоналі та низькі поточні витрати.



Рис. 7. Контейнери для зберігання відпрацьованих олив

Для тоншого очищення відпрацьованих моторних тепловозних олив використовуються фільтри та центрифуги. Основним недоліком фільтрів є неможливість видалення ними води з оливи. Для розв'язання цієї проблеми використовують сепаратори.

Проте всі вищезазначені методи дають лише незначний ефект, освітлюючи оливу, але не позбавляючи її від основних продуктів старіння. Для отримання кращого ефекту треба застосовувати комбінацію різних методів з використанням спеціальних присадок для доведення отриманого продукту до норм ГОСТів і ТУ за всіма параметрами. Лише у цьому випадку зможемо говорити про отримання повністю відновленого продукту.

Схематичне зображення процесу регенерації наведено на рис. 8.

Як можна побачити з рисунку, відпрацьовані оливи пропонується перекачувати з картера тепловоза до спеціальної ємності-усереднювача і після відстоювання до змішувача першої ступені. У змішувачі олива нагрівається до необхідної температури, далі зі спеціальних ємностей додаються у необхідній кількості реагенти (ПАВи). Після перемішування маса потрапляє по трубопроводу до центрифуги і далі до змішувача другої ступені. Крім того, до цього ж змішувача насосом-дозатором підкачується присадка, іде процес перемішування. Згодом готову оливу перекачують до спеціального резервуару для зберігання або безпосередньо у вагон-цистерну для світлих нафтопродуктів. При необхідності, можна перевозити підготовлену оливу до інших користувачів за допомогою, наприклад, залізничних або автоцистерн.

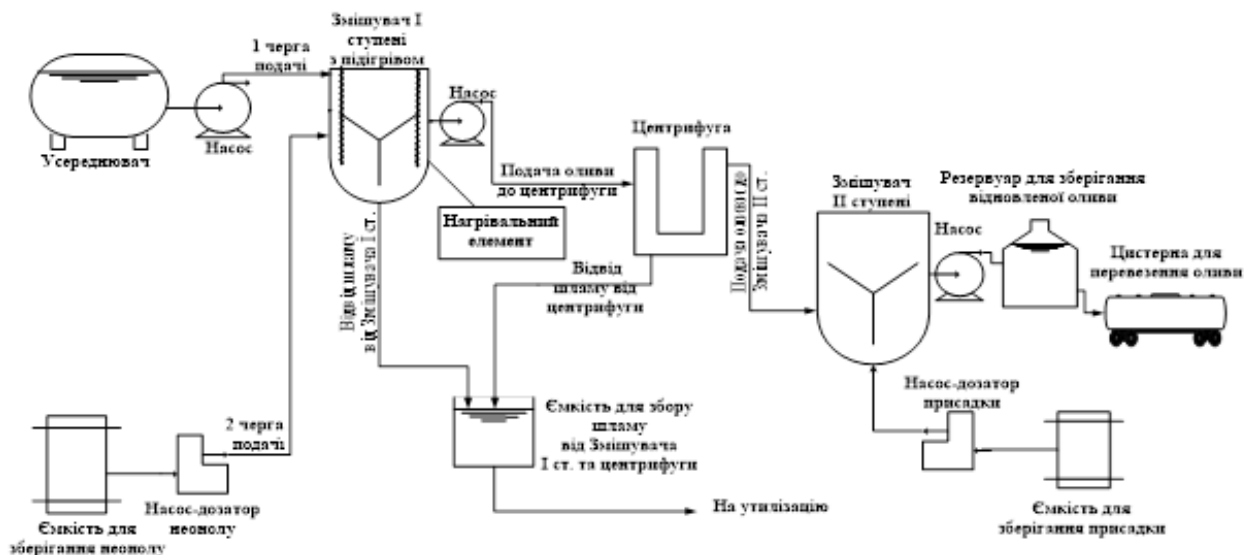


Рис. 8. Схема поводження з відпрацьованими оливами після відбракування

Також у схемі передбачена збірна ємність-шламонакопичувач для відводу побічних продуктів від змішувача I ступені та центрифуги; ці продукти згодом переробляються у суміші із технологічними шламами підприємства.

У якості резервуару для зберігання готової продукції пропонується використовувати горизонтальні резервуари-цистерни, що найчастіше застосовують у якості витратних сховищ

У такій схемі можемо розраховувати центрифугу (формули 1.1–1.4). Для розрахунку також приймаємо  $n=2$ , тобто компоненти – це олива і реагент-ПАВ у кількості відповідно 97 % та 3 %. У якості реагента знову приймаємо поверхнево-активну речовину неопол. Густина дизельної оливи складає  $911 \text{ кг/м}^3$ , густина неополу –  $1046 \text{ кг/м}^3$ .

#### Питання для самоперевірки:

1. Які найпростіші фізичні методи найчастіше застосовують для очищення (регенерації) відпрацьованих олив?
2. Які апарати дозволяють більш тонко очистити відпрацьовані моторні тепловозні оливи?

#### ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6

### Розрахунок реагентів для очистки стічних вод (на прикладі залізничного підприємства)

Промислові підприємства витрачають величезну кількість води, а деякі вимагають навіть безперервної подачі води. Зі збільшенням потужності підприємств, використанням складних технологічних процесів, споживання води збільшується.

Підприємства залізничного комплексу України є найбільшими споживачами води серед підприємств транспортного комплексу, щороку використовуючи значну кількість води для різних господарсько-побутових і виробничих потреб.

Основними споживачами водних ресурсів на залізничному транспорті є вагонні й локомотивні депо, промивно-пропарювальні станції, пункти підготовки вагонів, заводи з ремонту рухомого складу, дирекції з обслуговування пасажирів тощо. Воду використовують і в багатьох технологічних процесах залізничного господарства, під час здійснення яких її забруднюють різні домішки, і вона переходить у розряд виробничих стічних вод.

Водоспоживання об'єктами залізничного транспорту характеризується такими даними: вагонне господарство – 20 %; локомотивне господарство – 10 %; підприємства з ремонту рухомого складу – 7,5 %; господарсько-питне водопостачання – 50 %; колійне господарство і шпалопросочувальні заводи – 11,5 %; інші об'єкти – 1,0 %.

Використання води на підприємствах залізничного транспорту здійснюється для:

- охолодження технологічного устаткування;
- очищення та промивання рухомого складу, його вузлів і деталей, технологічного устаткування тощо;
- створення основи різноманітних технологічних розчинів, які застосовують при очищенні рухомого складу, нанесенні гальванічних покриттів, регенерації іонообмінних водопом'якшувальних фільтрів тощо.

Технологія здійснення більшості виробничих операцій на залізниці також пов'язана зі споживанням води й утворенням забруднених стічних вод. Так, виробничі стічні води локомотивних і вагонних депо здебільшого утворюються в процесі зовнішнього обмивання рухомого складу, під час промивання вузлів і деталей перед ремонтом, у гальванічних цехах або дільницях, під час промивання й заправлення акумуляторів, регенерації фільтрів, продування й промивання парових котлів, миття оглядових каналів і прання спецодягу.

Здебільшого стічні води пунктів обмивання пасажирських вагонів і електросекцій містять завислі речовини й нафтопродукти, а також бактеріальні забруднення, які змивають під час обмивання підвагонних вузлів. Залежно від виду застосовуваного мийного засобу в стоках можуть бути присутні кислоти, луки, поверхнево-активні речовини.

На пунктах підготовки вантажних вагонів стічні води утворюються під час зовнішнього обмивання та внутрішнього промивання вагонів з-під різних вантажів (мінеральні добрива, хімікати, будівельні матеріали, комбікорми, зерно тощо). Ці стоки забруднені, як правило, важкими мінеральними домішками, містять розчинені солі, нафтопродукти з ходових частин, органічні сполуки тваринного чи рослинного походження.

Стічні води промивально-пропарювальних станцій утворюються під час пропарювання й промивання цистерн з-під нафти, дизельного палива, мазуту, гасу, бензину (зокрема етилованого), мастил та продуктів переробки нафти, а також під час обмивки естакад і лотків. Ці стоки забруднені переважно нафтопродуктами й завислими речовинами. У них можуть бути присутні, зокрема, феноли, органічні кислоти, ацетон, тетраетилсвінець.

Виробничі стоки після зовнішнього обмивання цистерн містять переважно речовини та нафтопродукти. Температура цих стоків зазвичай підвищена.

Виробничі стічні води шпалопросочувальних заводів утворюються з конденсату пару, води для охолодження, робочої води вакуум-насосів, стоків гаражів, пральних і ремонтних цехів.

При цьому у воду потрапляє багато механічних домішок та нафтопродуктів. Під час відстоювання спеціального антисептика в сховищах, просочення в циліндрах вологої деревини у воду попадають олії, феноли, жирні кислоти, піридин та інші сполуки, що входять до складу просочувальних олій. Крім цього, у воду переходять органічні речовини, що містяться в оброблюваній деревині – скипидар, ацетон, органічні кислоти. Значна частина забруднень знаходиться в стічних водах шпалопросочувальних заводів у розчиненому стані. Як правило, стоки мають підвищену температуру.

Дезінфекційно-промивні станції призначені для оброблення вагонів після перевезення худоби, птахів, шкірсировини, вовни, кісток та ін. Після промивання вагонів стічні води цих підприємств забруднені залишками перевезених вантажів, речовинами, які застосовують для дезінфекції вагонів (хлорне вапно, каустична сода). У них можуть бути присутні також бактеріальні забруднення. За складом розчинених забруднень ці стоки близькі до господарсько- побутових стоків.

У залежності від санітарного стану вагонів, які промивають, стічні води, що утворюються, поділяють на три категорії: води від промивання вагонів після перевезення здорових тварин, м'яса і шкірсировини; води від промивання вагонів після перевезення хворих або підозрюваних на захворювання тварин, імпортованих тварин і, нарешті, води після промивання вагонів, де перебували тварини, хворі чи підозрювані на захворювання на особливо небезпечні хвороби (сибірська виразка, ящур, сап), а також шкірсировина, не перевірена на збудників цих хвороб.

Виробничі стічні води на щибеневих заводах утворюються під час промивання щибеню, мокрогочиснення повітря від пилу в аспіраційних системах, у гідрозатворах дробарок, охолодження маслогосподарства дробарок, обмивання устаткування, що ремонтується, прибирання приміщень. Стоки забруднюють переважно мінеральні завислі речовини, у незначних кількостях можуть бути присутні нафтопродукти.

На рейкозварювальних потягах виробничі стічні води утворюються під час охолодження зварювальних і гартівних агрегатів, випуску води з мийних машин для обмивання старорічних замащених рейок. Як домішки стоки цих підприємств містять переважно нафтопродукти та завислі речовини. Під час використання мийних машин стоки можуть бути забруднені лугами й поверхнево-активними речовинами.

Стічні води пасажирських станцій здебільшого являють собою господарсько-побутові стоки, забруднені мінеральними й органічними домішками, включно з жирами і мийними засобами.

Основними критеріями при виборі технології очищення стічних вод промислових підприємств є склад води, а саме наявність у ній тих або інших забруднювачів. Відповідно до складу води, витрати, площі підприємства проектують-

ся локальні й загальні системи очищення стічних вод промислових підприємств.

Процес очищення стічних вод виробничого підприємства, як правило, включає кілька стадій, на кожній з яких можливе застосування різних методів очищення стічних вод і відповідного технологічного встаткування. Для очищення стічних вод промислових підприємств застосовують: – механічні методи (проціджування, відстоювання стічних вод у відстійниках з використанням або без використання хімічних реагентів залежно від складу стоків; фільтрування), – хімічні (нейтралізація, коагуляція, флокуляція), – фізико-хімічні (флотація, сорбція, екстракція, евапорація, а також електрохімічні методи, пов'язані з накладенням електричного поля - електрокоагуляція, електрофлотація), – комбіновані.

Основні труднощі при виборі раціональної схеми очищення виникають внаслідок того, що стічні води містять частки різного ступеня дисперсності, а агрегатний стан багато в чому визначається температурою, рН розчину, компонентним складом й іншими факторами. Тому основним фактором при виборі методу обробки води є фазовий стан речовини. Фазово-дисперсна характеристика домішок незалежно від типу стоків і місця їхнього утворення дає можливість запропонувати для кожної групи класифікації конкретний специфічний метод переробки.

У якості прикладу розглянемо очистку стічних вод промивально-пропарювальних станцій (ППС).

На ППС відбувається підготовка цистерн під нафту, нафтопродукти та інші рідкі вантажі. Промивання водою або миючим розчином температурою 60-90°C, іноді з попереднім пропарюванням для розігріву і видалення залишку, піддається близько 50 % усіх порожніх цистерн. Промивання здійснюється механізованим шляхом під тиском до 2 МПа.

Витрата промивної води на цистерну складає 2...10 м<sup>3</sup>, тривалість промивання – від 10 до 40 хвилин у залежності від виду і кількості залишку.

На усіх ППС промивна вода використовується повторно з проміжним відстоюванням або флотацією і наступним підігрівом парою.

У воді після промивки міститься багато дрібноемультгованих часток, концентрація яких може досягати 1000 мг/л. крім того, у воду попадають феноли, луги та інші завислі, розчинені речовини і речовини, що плавають.

Вимоги до оборотної води ППС нижчі порівняно з іншими виробництвами. Схема очищення таких вод наведена нижче.

Максимальна витрата води на ППС досягає 200...300 м<sup>3</sup>/год., а кількість стічної води (з врахуванням конденсації пари) складає 200...600 м<sup>3</sup>/доб.

Як правило, очищення ведеться без застосування коагулянту, однак при сильному забрудненні води передбачається її обробка сірчанокислим алюмінієм дозою 100...200 мг/л.

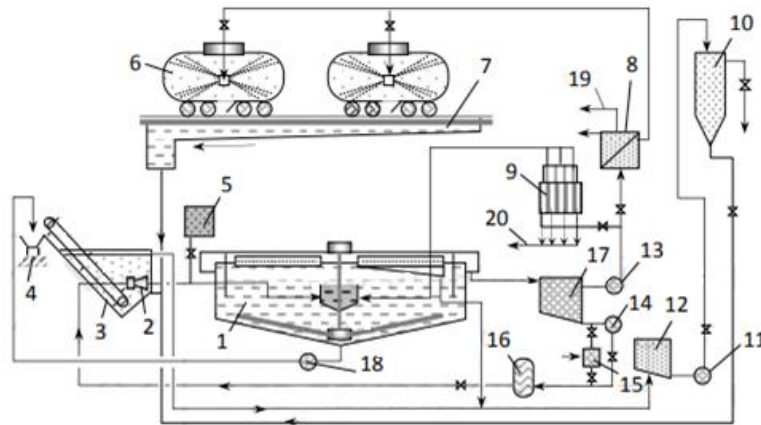


Рис. 9. Схема очисних споруд для ППС:

1 – флотатор-відстійник; 2 – гідроелеватор; 3 – механізований пісковловлювач; 4 – контейнер; 5 – дозатор коагулянту; 6 – цистерна, що промивається; 7 – міжрельсовий стік; 8 – підігрівач зворотної води; 9 – ультрафільтраційна установка; 10 – обробний резервуар; 11 – нафтонасос; 12 – нафтозбірник; 13 – промивний насос; 14 – рециркуляційний насос; 15 – повітряний ежектор; 16 – напірний бак; 17 – проміжний резервуар; 18 – шламівий насос; 19 – пара; 20 – очищена вода

Таким чином, при відомій кількості цистерн, що промиваються за добу, можемо розрахувати необхідну кількість коагулянту у тоннах (сірчанокислого алюмінію):

$$K = n \cdot V \cdot C, \quad (6.1)$$

де  $n$  – кількість цистерн, шт.;

$V$  – витрата промивної води на цистерну (приймаємо  $2 \dots 10 \text{ м}^3$ );

$C$  – концентрація (доза) коагулянту (приймаємо  $100 \dots 200 \text{ мг/л}$ ).

#### Питання для самоперевірки:

1. Для чого здійснюється використання води на підприємствах залізничного транспорту?

2. Які методи застосовують для очищення стічних вод промислових підприємств?

#### ПРАКТИЧНА РОБОТА № 7

#### Проектування теплоелектростанції, що працює на альтернативному паливі

Останнім часом активно ведеться пошук джерел енергії, альтернативних природному паливу. При цьому все частіше і частіше погляди звертаються на використання в якості палива твердих побутових відходів (ТПВ). Перевага ТПВ полягає в тому, що їх не треба шукати, не треба добувати, але в будь-якому випадку їх треба або знищувати, або використовувати.

Цілеспрямоване промислове використання ТПВ як палива почалося з будівництва першого "сміттєспалювального закладу" поблизу Лондона в 1870 році.

Однак активне застосування ТПВ як енергетичної сировини почалося з середини 70-х років у зв'язку з поглибленням енергетичної кризи. Було підраховано, що при спалюванні 1 т ТПВ можна отримати 1300...1700 кВт·год теплової енергії або 300...550 кВт·год електроенергії. До 1992 року в світі діяло близько 400 заводів, на яких застосовувалося спалювання ТПВ з виробництвом пари і виробленням електроенергії, а до 1996 року їх кількість досягла 2 400.

В СРСР термічна переробка ТПВ почалася з 1972 року, коли в восьми містах було встановлено 10 сміттєспалювальних заводів (ССЗ) першого покоління. Всі ці заводи були практично без газоочистки і майже не використовували тепло, що виробляли. В даний час всі ці заводи морально застаріли і не відповідають сучасним вимогам за екологічними показниками. У зв'язку з чим більша частина цих заводів закрита, а решта підлягала реконструкції.

Їм на зміну стали з'являтися принципово нові сміттєспалювальні заводи. Такий завод складається з відділень підготовки та сортування ТПВ, спалювання неутилізованих частин ТПВ, очищення димових газів від шкідливих домішок, переробки золи та шлаку, енергоблоку та інших допоміжних відділень. Технологічна схема заводу з переробки неутилізованих частин ТПВ представлена на рис. 10.

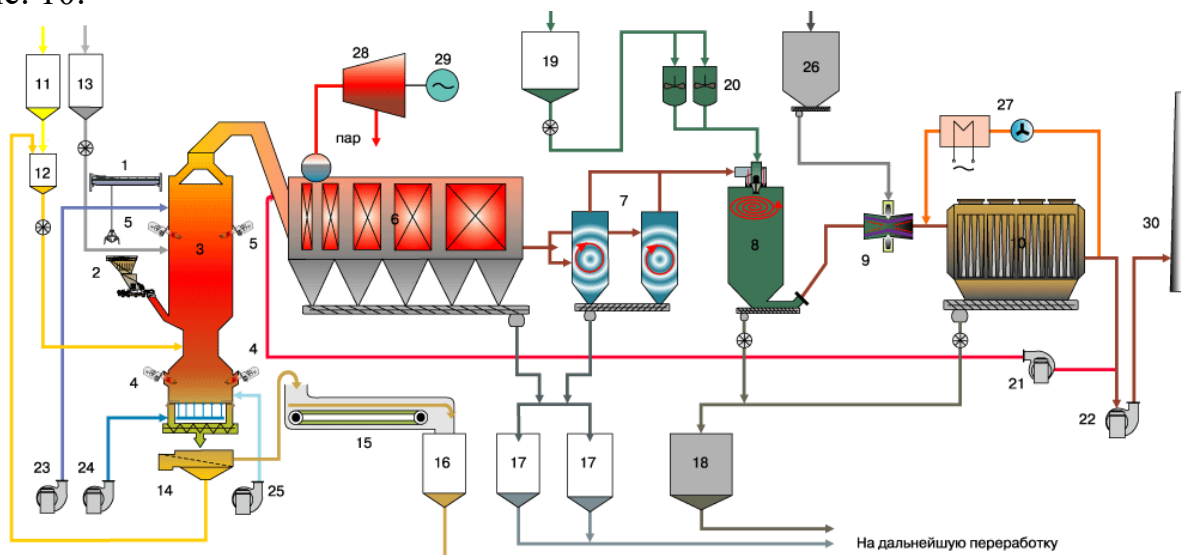


Рис. 10. Технологічна схема заводу по переробці частини побутових відходів, що не утилізується

1 – мостовий грейферний кран; 2 – завантажувальна воронка з живильником; 3 – піч з киплячим шаром; 4 – газові пальники розпалювання; 5 – газовий пальник, що стабілізує; 6 – котел-утилізатор; 7 – подвійний циклон; 8 – розпилюючий абсорбер; 9 – реактор летючого потоку; 10 – рукавний фільтр; 11 – бункер піску; 12 – підживлюючий бункер; 13 – бункер вапняного борошна; 14 – подвійне вибросито; 15 – жувільний транспортер; 16 – бункер шлаку; 17 – бункери золи виносу; 18 – бункер продуктів газоочистки; 19 – бункер гідрату кальцію; 20 – резервуар для приготування вапняного молока; 21 – вентилятор рециркуляції димових газів; 22 – димосос; 23 – вентилятор вторинного повітря; 24 – вентилятор первинного повітря; 25 – вентилятор для видалення золи; 26 – бункер суміші активованого вугілля і вапна; 27 – система підігріву рукавного фільтра; 28 – парова турбіна; 29 – генератор; 30 – димова труба

Вона включає в себе три технологічні лінії з пиччю киплячого шару, котлами, газоочисним обладнанням і дві турбіни по 6 МВт кожна. На таких заводах впроваджується ручне і механічне сортування ТПВ та його подрібнення. Дана технологічна переробка ТПВ дозволяє:

- по-перше, відібрати цінну сировину для його вторинної переробки;
- по-друге, відібрати харчову фракцію ТПВ для його подальшого компостування;
- по-третє, відібрати сировину, що представляє екологічну небезпеку при його спалюванні;
- нарешті, це дозволить підвищити теплотехнічні і екологічні показники сировини, призначеної для спалювання.

Завдяки такій підготовці нижча теплота згоряння ТПВ, призначеного до спалювання, досягне 9 МДж/кг, а за вмістом золи, вологи, сірки і азоту характеристики ТПВ будуть практично відповідати аналогічним характеристикам бурого вугілля.

Таким чином, досить активно намітилася тенденція щодо підвищення теплотехнічних характеристик ТПВ з подальшим використанням його для вироблення електроенергії. Однак слід зазначити, що низькі параметри пари, що застосовуються на вітчизняних сміттєспалювальних заводів ( $G=15...35$  т/год,  $P=16$  ата.,  $T=240^{\circ}\text{C}$ ), істотно знижують питомі показники по виробленню електроенергії в порівнянні з паросиловими електростанціями ( $G=640$  т/год,  $P=140$  ата.,  $T=540^{\circ}\text{C}$ ). Застосування аналогічних потужностей і параметрів пари на ССЗ обмежена властивостями ТПВ: кускове паливо, низька температура плавлення золи і корозійні властивості димових газів, що утворюються при спалюванні ТПВ.

Суттєвого підвищення ефективності застосування ТПВ як палива для вироблення електроенергії і досягнення питомих показників, близьких до серійно застосовуваним ТЕС, можна досягти за рахунок часткового заміщення енергетичного палива побутовими відходами.

В цьому випадку при спалюванні на ТЕС бурого вугілля доцільно використовувати попередні топки для спалювання ТПВ з напрямком димових газів, що утворюються в попередній топці, в топковий простір існуючого котельного агрегату. При спалюванні на ТЕС природного газу доцільно використовувати установку для газифікації ТПВ з подальшим очищенням продукт-газу, що утворюється, і спалюванням його в топках котлів, які працюють на природному газі. Вся роками відпрацьована паросилова установка, що застосовується на ТЕС, зберігається в початковому вигляді.

Тобто розробляється поєднана (інтегральна) компоновка ТЕС для спалювання природного палива і ТПВ. Частка ТПВ за кількістю тепла може становити приблизно 10% від теплової потужності котла. У цьому випадку тільки за рахунок підвищених параметрів пари і збільшеної потужності котлів і турбін ефективність використання ТПВ підвищиться в 2...3 рази.

Істотний економічний ефект може бути отриманий за рахунок зниження капітальних вкладень завдяки використанню існуючої на ТЕС інфраструктури і скорочення витрат на газоочисне обладнання.

Аналіз техніко-економічних показників, отриманих при частковому 10 % заміщенні енергетичного палива на одному із стандартних блоків, що працюють на природному газі або бурому вугіллі, показує, що в цьому випадку вартість природного газу, що використовується на ТЕС, може бути повністю покрита "прибутками" від прийому ТПВ.

#### **Питання для самоперевірки:**

1. Які альтернативи природному паливу ви можете назвати?
2. За рахунок чого можна досягти суттєвого підвищення ефективності застосування ТПВ як палива для вироблення електроенергії і досягнення питомих показників, близьких до серійно застосовуваним ТЕС?

#### ПРАКТИЧНА РОБОТА № 8

### **Сучасні екобезпечні технології водопідготовки, очистки стоків та утилізації відходів підприємств**

Впровадження сучасних екобезпечних технологій у різних напрямках промислового комплексу слід розглядати як з позицій впровадження ефективних технологій очищення питної води (що дозволить збільшити потенційні запаси питної води та забезпечити її раціональне використання), так і з позицій мінімізації впливу на навколишнє середовище внаслідок впровадження сучасних екобезпечних технологій очищення стоків та утилізації ТПВ.

1) Сучасні екобезпечні технології водопідготовки. Наприкінці XIX ст. А. М. Маклаков установив бактерицидну дію ультрафіолетового (УФ) випромінювання з довжиною хвилі 200 нм. Було доведено, що всі види бактерій та спор гинуть після кількох хвилин опромінення. Особливо ефективно застосовувати бактерицидне знезараження УФ-випромінюванням на водогонях, які використовують підземні, джерельні або підруслові води. Таке знезараження води у 2...3 рази дешевше порівняно із хлоруванням.

Як джерело бактерицидного випромінювання використовують переважно ртутно-кварцові лампи високого тиску ПРК і РКС та ртутно-аргонові лампи низького тиску БУВ. Ртутно-кварцові лампи високого тиску застосовують у високопродуктивних установках з відносно невеликим бактеріальним забрудненням.

Кількість бактерицидних установок розраховують на основі експериментального визначення коефіцієнта поглинання бактерицидного випромінювання води, яку обробляють. За відсутності цих даних рекомендують такі значення: для безбарвних, які не потребують знезалізнення, підземних вод, отриманих з глибоких горизонтів, –  $0,1 \text{ см}^{-1}$ , для ґрунтових, джерельних, підруслових та інфільтраційних вод –  $0,15 \text{ см}^{-1}$ , для води поверхневих джерел після очищення –  $0,2...0,3 \text{ см}^{-1}$ . Недоліком знезараження води УФ-випромінюванням є відсутність оперативного контролю за ефектом процесу знезараження. Крім того цей спосіб не придатний для знезараження каламутних вод.

Ультразвук має також бактерицидний ефект. Більшість учених зазначають, що під дією ультразвуку відбувається механічне руйнування бактерій у резуль-

таті ультразвукової кавітації. Ультразвук на 95% вбиває дизентерійні палички, сипно-тифозний вірус та інші через 1...2 хв після оброблення.

Ефективність дії ультразвукових коливань залежить від природи мікроорганізмів, частоти ультразвукових коливань, тривалості та інтенсивності оброблення ультразвуком. Під дією ультразвуку гинуть як граммпозитивні, так і грамнегативні аеробні бактерії, паличкоподібні, кокові та інші форми мікроорганізмів. Особливо чутливі нитчасті форми мікроорганізмів, а найменше – кулясті. Основна маса бактерій гине під дією ультразвукових коливань частотою 20...30 кГц протягом 2...5 с.

Бактерицидний ефект ультразвуку не залежить від каламутності (до 50 мг/дм<sup>3</sup>) і кольоровості води, яку обробляють. Ультразвукові коливання однаково впливають на вегетативні та спорові форми мікроорганізмів. Для знезараження води до санітарних норм застосовують ультразвук із частотою коливань 46 кГц за інтенсивності 2 Вт/см<sup>2</sup>.

До інших перспективних способів знезараження води належать термічний та оброблення води іонами Аргентуму. Термічний спосіб зазвичай використовують для знезараження невеликої кількості води переважно в лікарнях, санаторіях, транспорті тощо. Під час кип'ятіння впродовж 5...10 хв гинуть практично всі патогенні бактерії. Однак під час кип'ятіння витрачається велика кількість енергії, тому на водогонах цей спосіб не застосовують.

2) Сучасні екобезпечні технології очищення стічних вод. Найбільша кількість новітніх розробок у очищенні стічних вод відноситься до нових технологій очищення від амонію. Усунення азотвмісних сполук з стічної води зазвичай відбувається завдяки інтеграції процесів нітрифікації та денітрифікації у класичний процес активованого мулу.

Існують два методи інтеграції. За першим стадія денітрифікації реалізується після аеробної зони – тоді усі органічні сполуки, що здатні легко засвоюватись, видаляються у аеробній зоні і для повного відновлення нітриту та нітрату у наступній аноксидній зоні необхідно додавати значну кількість зовнішнього вуглецю.

Суть другого методу у реалізації стадії денітрифікації перед аеробною зоною – тоді внутрішнє джерело вуглецю може використовуватись в цьому разі, але тоді значне перекачування (до 400% від вхідного потоку) стічної води, що залишає аеробну зону є необхідним для перенесення достатньої кількості нітриту та нітрату у аноксидну зону.

Інша технологія, у якій використовуються процеси нітрифікації та денітрифікації – це однореакторна система для видалення амонію через нітрит з високою активністю (відома під назвою SHARON®). Відмінністю цієї технології є те, що амоній окиснюється лише до нітриту (а не до нітрату) з наступним відновленням до молекулярного азоту, що приводить до меншої потреби у аерації та джерелі зовнішнього вуглецю.

Відкриття бактерій *Anammox* дало можливість проектувати системи вилучення амонію зі стоків, які ґрунтуються виключно на автотрофних процесах. У цих системах спільним є те, що приблизно половина амонію окиснюється до

нітриту, а друга половина окиснюється до молекулярного азоту з використанням генерованого нітриту як електрон-акцептора за процесом Anammox.

3) Сучасні екологічнобезпечні технології утилізації ТПВ. Щодо видалення побутових відходів, то останнім часом в Швеції почали застосовувати пневматичний транспорт для видалення сміття з сміттєпроводів горизонтальними підземними каналами до станції, що надає послуги декільком будинкам (мікрорайон). В США, Великобританії, Італії та деяких інших країнах застосовується сплав в каналізацію подрібнених органічних відходів з квартир, готелів, ресторанів та інших об'єктів. З цією метою біля раковин ставлять механічні подрібнювачі, з яких подрібнені відходи разом зі стічною водою видаляються в каналізацію.

Необхідною стадією утилізації ТПВ після їх попереднього сортування (перед сортування не розглядається нами як нова технологія, а як безальтернативна стадія поводження з ТПВ) є певний час зберігання та додаткове сортування на сучасних полігонах ТПВ. Мінімізації впливу таких полігонів ТПВ на довкілля можна досягти шляхом застосування оптимальної композиції для облаштування протифільтраційного екрану, яка б включала природний сорбент та, складник, який викликав би кольматацію вільного об'єму екрану. Такими сорбентами можуть бути бентоніт, палигорськіт, глауконіт, кольматація пласти може бути викликана гіпсом, фосфогіпсом або іншими типами в'язучих.

Для очищення зібраних дренажною системою інфільтратів можуть бути використані сучасні технології очищення від амонійного азоту – із застосуванням описаних вище процесів нітрифікації – денітрифікації, Anammox та біомембранного методу.

#### **Питання для самоперевірки:**

1. Які сучасні екобезпечні технології водопідготовки ви можете назвати?
2. Які сучасні екобезпечні технології очищення стічних вод ви можете назвати?
3. Які сучасні екологічнобезпечні технології утилізації ТПВ ви можете назвати?

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Зеленько Ю. В., Тарасова Л. Д., Безовська М. С. Підвищення рівня екологічної безпеки при поводженні з відпрацьованими моторними оливами залізничної інфраструктури : монографія. Дніпропетровськ : Вид-во «Літограф», 2016. 150 с.
2. Клименко М. О., Залеський І. І. Техноекологія : підручник. Херсон: ОЛДІ ПЛЮС, 2017. 348 с.
3. Техноекологія : підручник / Мальований М. С., Боголюбов В. М., Шаніна Т. П., Шмандій В. М., Сафранов Т. А. ; за ред. М. С. Мальованого. Львів : Національний університет «Львівська політехніка», 2013. 424 с.
4. Франчук Г. М., Запорожець О. І., Архіпова Г. І. Урбоекологія і техноекологія : підручник для вищ. навч. закл. Київ : НАУ-друк, 2011. 494 с.
5. Промислова екологія : навч. посіб. / С. О. Апостолюк та ін. 2-ге вид., випр. та доп. Київ : Знання, 2012. 430 с.
6. Практикум з промислової екології / С. О. Апостолюк та ін. Київ : Основа, 2005. 222 с.
7. Гіроль М. М., Гіроль А. М., Гіроль А. М. Технології водовідведення промислових підприємств : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2013. 625 с.
8. Основи екології. Екологічна економіка та управління природокористуванням : підручник / за заг. ред. д-ра екон. наук, проф. Л. Г. Мельника та канд. екон. наук, проф. М. К. Шапочки. Суми : Університетська книга, 2007. 759 с.
9. Царенко О. М., Несветов О. О., Кадацький М. О. Основи екології та економіка природокористування : навч. посіб. Суми : Університетська книга, 2007. 759 с.
10. Курс з дисципліни «Техноекологія» у системі дистанційного навчання. ННЦ «Лідер». URL: <https://lider.diit.edu.ua/course/view.php?id=1671>

Навчально-методичне видання

**Безовська Марина Сергіївна**  
**Розгон Оксана Вікторівна**

## **ТЕХНОЕКОЛОГІЯ**

Методичні рекомендації до практичних занять

В авторській редакції

Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Ум. друк. арк. 1,92. Обл.-вид. арк. 1,66.  
Зам. № 75

Видавець: Український державний університет науки і технологій  
вул. Лазаряна, 2, ауд. 2216, м. Дніпро, 49010.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7709 від 14.12.2022

Адреса видавця та дільниці оперативної поліграфії:  
вул. Лазаряна, 2, Дніпро, 49010