

ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»  
МІНІСТЕРСТВА ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

О. В. Луганська  
Л. О. Омелянчик  
Н. П. Синяєва

## **СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ХІМІЧНОЇ НАУКИ**

Навчальний посібник для студентів освітньо-кваліфікаційних рівнів  
“спеціаліст”, “магістр” спеціальності “Хімія”

Затверджено  
вченою радою ЗНУ  
Протокол № 5 від 29.01.2013 р.

Запоріжжя  
2013

**УДК:** 54.01 (075.8)

**ББК:** 24.0я73

Л83

Луганська О. В., Омелянчик Л.О., Синяєва Н. П. Сучасні проблеми хімічної науки: навчальний посібник для студентів освітньо-кваліфікаційних рівнів “спеціаліст”, “магістр” спеціальності “Хімія”. – Запоріжжя: ЗНУ, 2013. – 119 с.

Навчальний посібник містить теоретичні відомості з курсу «Сучасні проблеми хімічної науки» відповідно до навчальної та робочої програм.

Призначений для студентів освітньо-кваліфікаційних рівнів “спеціаліст”, “магістр” спеціальності “Хімія”.

Рецензент **Н.І. Пономаренко**

Відповідальний за випуск **Л.О. Омелянчик**

## ЗМІСТ

Вступ .....	4
Санітарно-гігієнічна оцінка надійності методів знешкодження промислових відходів .....	5
Проблемна лекція з використанням презентації «Загальна характеристика відходів» .....	12
Бінарна лекція з елементами візуалізації та критичної оцінки даних «Тверді побутові відходи та методи їх утилізації» .....	22
Лекція – консультація «Термічне знешкодження рідких промислових відходів» .....	40
Бінарна лекція «Токсичні відходи. Сучасний приклад» .....	47
Лекція-діалог «Технологія переробки та утилізації нафтопродуктів» .....	54
Лекція-візуалізація «Установки очищення нафто шламу» .....	67
Бінарна лекція «Хімічні та біологічні методи очистки стічних вод» .....	79
Лекція-конференція «Методи очищення замазучених ґрунтів» .....	95
Лекція – візуалізація «Метод очищення ґрунту біоштамами в природних умовах» .....	101

## Вступ

Хімія – наука про речовини, яка вивчає їх склад, будову, а також перетворення речовин. Хімія – повноправний представник сімейства точних природних наук, тобто хімічне наукове знання сформовано з теорій, законів та закономірностей, формулювання яких виключає множинне тлумачення і які багатократно підтверджені та перевірені на практиці. І, як для будь-якої природної науки, для хімії має велике значення перевіреність, достовірність та відтворюваність результатів, доказовість знання, відповідність наукових теорій та спостережуваних фактів.

Хімія сьогодні – це продукти та ліки, пальне та одяг, добрива та фарби, аналіз та синтез, організація виробництва та контроль якості продукції, підготовка питної води та знезараження стоків, екологічний моніторинг та створення безпечного середовища існування людини. Поряд з традиційними галузями прикладення сил спеціалістів-хіміків все більшого значення в житті суспільства набуває хімічна експертиза. Дійсно, в даний час значно збільшилась кількість та різноманітність об'єктів експертизи: вода, повітря, ґрунт, продукти харчування та промислові товари, лікарські препарати та відходи різних виробництв. Встановлення виду товару, факту та способу його фальсифікації, контроль чистоти навколишнього середовища, криміналістична експертиза - далеко не весь перелік того, що повинен вміти хімік-експерт. Отримані результати є джерелом пошукової та діагностичної інформації, що сприяє встановленню об'єктивної істини при розслідуванні надзвичайних ситуацій, здійснення екоаналітичного та санітарно-епідеміологічного контролю.

# Санітарно-гігієнічна оцінка надійності методів знешкодження промислових відходів

## План

- 1.1 Відходи та їх класифікація.
- 1.2 Класифікація твердих промислових відходів за гігієнічним принципом.
- 1.3 Методи знешкодження небезпечних відходів.
- 1.4 Санітарно-епідеміологічна експертиза як один з регулюючих елементів безпеки в системі поводження з відходами .
- 1.5 Гігієнічна оцінка методів знешкодження і ізоляції промислових твердих і рідких відходів .

### 1.1 Відходи та їх класифікація

Відходи – речовини (або суміші речовин), визнані непридатними для подальшого використання в рамках наявних технологій, або після побутового використання продукції; це залишки сировини, матеріалів, напівфабрикатів, інших виробів або продуктів, які, не будучи кінцевою метою виробничого процесу, утворилися при здобутті готової продукції, або ж повністю або частково втратили свої споживчі властивості.

Відходи виникають як в результаті виробничої діяльності, так і при вжитку. Відповідно до цього вони підрозділяються на відходи виробництва і відходи вжитку. До складу твердих побутових відходів входять:

- 1) вторинна сировина (папір, картон, текстиль, метал, шкіра); складає приблизно 25% від маси відходів;
- 2) органічна частина, яку можна знешкоджувати, - приблизно 60-70% від маси відходів. Доля тих, що легко загнивають, особливо в теплу пору року, органічних речовин досягає 20-30%;
- 3) баласт (скло, камінь і ін.) - 6-8%;
- 4) горючі матеріали, які не удається утилізувати (вугілля, деревина, гума і ін.), - 8-10%.

Таблиця 1.1 – Технологічна класифікація промислових відходів за основними галузями промисловості

Галузі промисловості	Види відходів	Можливі класи небезпеки			
		1	2	3	4
Рудодобувна	Порода				+
Рудозбагачувана	Шлами (кольорові метали, реагенти)	+		+	
Металургійна	Шлак, зола, шлами,	+	+	+	+

		реагенти				
	Машинобудівельна	Шлак, зола, деревина, мінеральні масла, нафтові відходи	+	+	+	+
	Будівельні відходи	Цемент, азбест, мінеральна вата, зола, шлаки, шлами	+	+	+	+
	Вугільна	Порода, шлами				+
	Хімічна	Вапно, шлами, пакувальні матеріали, компоненти вихідної сировини	+	+	+	+
	Легка	Шлами, обрізання текстилю, шкіри, міздри, пластмаси, плівки, гуми, шерсті, паперу, скла, інших пакувальних матеріалів		+	+	+
	Харчова	Шлами, очищення овочів, фрукти, канига спиртна, гліцерінова сарда, м'ясо-кісткові відходи				+
0	Деревопереробна	Відходи деревини, лаки, нафтопродукти, пакувальні матеріали		+	+	+
1	Вугільнопереробна	Шлами, відходи нафтопродуктів		+	+	+

- 1 клас - речовини (відходи) надзвичайно небезпечні;  
2 клас - речовини (відходи) високонебезпечні;  
3 клас - речовини (відходи) помірно небезпечні;  
4 клас - речовини (відходи) малонебезпечні.

## 1.2 Класифікація твердих промислових відходів за гігієнічним принципом

Дослідженнями академії комунального господарства ім. К.Д. Памфілова за участю галузевих промислових науково - дослідницьких організацій встановлена необхідність і можливість прийняття частини промислових відходів для спільного складування на полігонах побутових відходів, на заводи спільного спалювання і на заводи біотермічного компостування. У таблиці 1.2 приведена класифікація не утилізованих промислових відходів за

гігієнічним принципом і вказані можливі методи знешкодження з врахуванням визначення умов їх прийому на комунальні споруди.

Таблиця 1.2 – Класифікація не утилізованих промислових відходів за гігієнічним принципом

Категорії	Характеристика не утилізованих промислових відходів забрудника, що по вигляду міститься в них	Рекомендовані методи складування або знешкодження
1	Практично інертні	Використання для планувальних робіт або спільне складування з твердими побутовими відходами
2	Біологічно окислюванні органічні речовини, що легко розкладаються	Складування або переробка на компост спільно з твердими побутовими відходами
3	Нафтомаслоподібні, що не підлягають регенерації відповідно до вказівок, що діють	Спалювання, у тому числі спільно з твердими побутовими відходами
4	Слаботоксичні малорозчинні у воді, у тому числі при взаємодії з органічними кислотами	Складування спільне з твердими побутовими відходами
5	Токсичні із слабким забрудненням повітря (перевищення ГДК в 2 - 3 рази)	Складування на спеціалізованому полігоні промислових відходів
6	Токсичні	Групове або індивідуальне знешкодження на спеціальних спорудах або спеціальне захоронення

### 1.3 Методи знешкодження небезпечних відходів

• Самий давній спосіб позбавлення від непотрібних відходів - це *спалювання*, або так званий термічний метод знешкодження. Окрім спалювання, як термічні методи використовується газифікація і піроліз. Всі три методи засновано на високотемпературному окисленні. В даний час високотемпературне окислення може проводитися за різних умов. Розрізняються вони облаштуванням печей і, відповідно, умовами процесу, а також речовинами, що утворюються на кінцевій стадії. Основним продуктом термічних методів є зола, що містить різні концентрації важких металів. Вона проходить перевірку і за відсутності активних небезпечних речовин вирушає на поховання.

• Часто застосовуються *біологічні методи*, засновані на здібностях живих організмів розщеплювати речовини, а також їх акумулювати. Треба сказати, що для дуже небезпечних відходів, наприклад, радіоактивних, вони малоефективні, але в інших випадках застосовуються успішно. Завдяки біодеградації можна позбавитися від забруднення небезпечними органічними відходами.

• Існує також група *хімічних методів* знешкодження відходів, яка є процесами на основі хімічних реакцій переважно в рідкому або газоподібному середовищі. В результаті іонного обміну, окислювально-відновних процесів або реакцій заміщення вихідні токсичні речовини перетворюються в інші з'єднання, стабільніші і менш токсичні. Окрім цього багато складних з'єднань можуть бути переведені в простіші і безпечніші. Також для обмеження дії таких речовин використовують метод іммобілізації із застосуванням цементу, золи, гелеутворюючих складів.

• Для твердих відходів часто застосовують *фізико-хімічні методи* знешкодження промислових відходів. До забруднених, насичених водою твердих відходів може додаватися постійний електричний струм. Під його дією відбувається безліч фізичних і хімічних процесів, в результаті яких токсичні речовини розщеплюються або переходять в нешкідливі форми. В деяких випадках необхідне додаткове внесення реагентів. У іншому методі, також при дії електричного струму відбувається міграція речовин, розчинених в рідині. Цей метод застосовується для очищення ґрунту від забруднень.

По кінцевому результату всі методи знешкодження твердих побутових відходів розділяють на дві групи: утилізації (переробка відходів в органічні добрива, біопаливо; виділення вторинної сировини, наприклад металевого лому, для промисловості; використання як енергетичне паливо) і ліквідаційні (поховання в землю, скидання в моря, спалювання без використання тепла).

Найпоширенішими як в світі, так і в країнах СНД, є біотермічні і термічні методи знешкодження твердих побутових відходів. Всю більшу перевагу віддають методам утилізації. Так, в кінці ХХ ст. у Франції, Швейцарії, Голландії за допомогою біотермічних методів з подальшим використанням компосту знешкоджували 15% твердих побутових відходів, в Англії і ФРН - 5%. На сміттєспалювальних станціях ФРН спалювали щорічно майже 28%



відходів, у Франції - 35%, в країнах ЄЕС - в середньому 23%, в Японії 65%. Причому, приблизно п'яту частину спалюваних відходів використовували для здобуття тепла.

#### **1.4 Санітарно-епідеміологічна експертиза як один з регулюючих елементів безпеки в системі поводження з відходами**

При створенні цілісної системи управління відходами в Україні однією з основних вимог є вирішення санітарно-гігієнічних проблем на всіх етапах поводження з ними і дотримання загальноприйнятого в екології і гігієні принципу мінімальної ризику для довкілля і людини.

Відповідно до цієї, що існує в Україні законодавчою і нормативною документацією відходи підлягають складуванню, утилізації або видаленню.

Серед складових компонентів як побутових, так і промислових відходів можуть бути небезпечні хімічні речовини, що відносяться до 1 і 2 класів небезпеки. При неналежному поводженні з ними і у зв'язку з відсутністю в Україні роздільного збору відходів, в контактуючі середовища може поступати комплекс хімічних речовин і у вигляді комбінованого ефекту надавати непередбачувану негативну дію на людину і місце його існування.

Характер токсичної дії на людину, залежно від продуктів трансформації, що утворюються, можливо - задушливий, нейротоксичний, загальнотоксичний, загальноотруйний. Тому з позицій охорони здоров'я, що працюють в процесі перевезення і видалення потрібний постійний екологічний і санітарно-гігієнічний контроль.

При тривалому складуванні відходів для забезпечення екологічно безпечного зберігання неживаних відходів необхідна розробка відповідних санітарно-гігієнічних вимог до устаткування полігонів з врахуванням токсичності і взаємодії складових компонентів відходів. Важливим є обґрунтування і дотримання санітарно-захисних зон, що повинне сприяти зниженню рівня несприятливої дії відходів, що складують, на природне середовище і населення.

Відповідно до багатовікових традицій, найбільш дешевого способу поводження з відходами, окрім складування, є їх видалення методом спалювання, яке проводиться в спорудах, допустимих норм викидів шкідливих речовин, що не завжди задовольняють вимогам, в довкілля.

В кожному випадку при виборі методу поводження з відходами потрібний індивідуальний підхід з врахуванням складових компонентів, їх передбачуваної поведінки в довкіллі і наслідків, які вони можуть викликати при комбінованому ефекті дії. Для оцінки безпеки необхідно враховувати хімічні, біологічні і фізико-хімічні чинники, присутні при використанні будь-якої з вибраних технологій.

Утилізація, тобто залучення відходів до переробки, сприятиме зменшенню забруднення довкілля, що економічно і екологічно вигідно. Гігієнічна оцінка при утилізації відходів повинна включати:

- аналіз складових інгредієнтів, токсикологічну характеристику з врахуванням представленої технології;
- обґрунтування можливості використання як вторинна сировина;
- експертизу устаткування;
- узгодження нормативно-технічної документації на виробництво з метою забезпечення безпеки умов праці тих, що працюють;
- експертизу отриманої в процесі утилізації відходів продукції на відповідність з врахуванням призначення санітарно-гігієнічним вимогам.

У зв'язку з тим, що в Україні йде процес вдосконалення нормативно-правової бази у сфері поводження з відходами і гармонізації її відповідно до міжнародних вимог, рекомендується:

1. Проведення санітарно-гігієнічної експертизи всіх проектів по знищенню і утилізації відходів, а також кінцевій продукції.

2. Фінансування проектів після утилізації або знищення токсичних відходів повинне проводитися після здобуття результатів наукової позитивної санітарно-епідеміологічної експертизи.

3. Для будь-якого рекомендованого способу видалення або утилізації токсичних відходів повинно бути:

- наукове обґрунтування безпеки для людини і довкілля рекомендованого методу;
- розробка технічних умов і методичних вказівок, де викладені санітарно-гігієнічні вимоги, необхідні гігієнічні нормативи і методи першої допомоги при виникненні екстремальних ситуацій.

4. Одним з найбільш ефективних заходів щодо запобігання забрудненню довкілля, окрім керованої системи очищення і рециркуляції, є інформування про місця поховання відходів, вчення працівників, відповідальних за безпеку при зборі, утилізації і знищенні відходів. Вирішення цих проблем вимагає державної підтримки і значних інвестицій на всіх етапах поводження з відходами, професійного підходу з врахуванням міжнародних стандартів, значних капітальних вкладень і можливо лише за умови комплексного підходу на загальнодержавному рівні за наявності не лише законодавчої бази, але і чіткої виконавської дисципліни.

### **1.5 Гігієнічна оцінка методів знешкодження і ізоляції промислових твердих і рідких відходів**

1. Величезне щорічне накопичення промислових відходів вимагає диференційованого підходу до їх утилізації, знешкодження, ізоляції - поховання в глиб землі з тим, щоб забезпечити захист довкілля (повітря, води, ґрунту, рослин) від забруднення.

2. Радикальним рішенням питання по захисту довкілля є впровадження безвідходної і маловідходної технології, яка розробляється і упроваджується по окремих видах виробництва. Це та основна дорога, по якій повинна розвиватися промисловість в найближчій і подальшій перспективі.

3. Для охорони довкілля, ґрунту зокрема, від забруднення токсичними промисловими відходами необхідно упроваджувати апробовані в практиці методи знешкодження промислових відходів: методи спільної переробки частини промислових відходів з побутовими на заводах біотермічного компостування, методи заводського спалювання спільно з побутовим сміттям, методи складування частини промислових відходів на полігоні для побутових відходів. І лише високотоксичні і токсичні неутилізовані відходи можуть захоронятися на спеціальних полігонах.

### **Питання для самоконтролю**

1. Які речовини називають відходами?
2. Як класифікують тверді побутові відходи за гігієнічним принципом?
3. Назвіть основні методи знешкодження небезпечних відходів.
4. Санітарно-епідеміологічна експертиза як один з регулюючих елементів безпеки в системі поводження з відходами.
5. Гігієнічна оцінка методів знешкодження і ізоляції промислових твердих і рідких відходів.

### **Список використаної літератури**

1. Фролов К. В. Безотходная технология. – М.: Знание, 1983. – 63 с.
2. Лазарев Н. В. Вредные вещества в промышленности. - Л.: Химия, 1976. – 516 с.
3. Наркевич И.П., Печковский В.В. Утилизация и ликвидация отходов в технологии неорганических веществ. – М.: Химия, 1984. – 239 с.
4. Беспмятнов Г.П., Ботушевская К.К., Зеленская Л.А. Термические методы обезвреживания отходов. – Л.: Химия, 1975. – 342 с.

## **Проблемна лекція з використанням презентації “Загальна характеристика відходів”**

### **План**

- 2.1 Вступ
- 2.2 Загальна характеристика відходів промисловості
- 2.3 Класифікація відходів промисловості
- 2.4 Розробка маловідходних і безвідходних технологій і методів комплексного використання відходів промисловості
- 2.5 Металургія
- 2.6 Паливно-енергетичний комплекс
- 2.7 Хімічний комплекс
- 2.8 Висновок

### **2.1 Вступ**

Наука і техніка початку третього тисячоліття розвивається в темпах геометричної прогресії, не є винятком і промисловість як одна з найбільш масштабних сфер діяльності людини. Подібного роду тенденція поширилася по всьому світу і вже захопила країни, які розвиваються, у минулому слаборозвинені. Україна має досить потужний промисловий потенціал, що дістався їй у спадок від Радянського Союзу, після розпаду якого до цих пір промисловість нашої країни не оговталася в повній мірі. У зв'язку з недосконалістю технологічних процесів на даному етапі неминучий негативний вплив промисловості на навколишнє середовище, промислових відходів як компонента даного впливу. Щорічно у всьому світі і в нашій країні мільйони тон твердих, пастоподібних, рідких, газоподібних відходів надходить у біосферу, завдаючи тим самим непоправної шкоди як живій, так і неживій природі. У глобальних масштабах змінюється кругообіг води і газовий баланс в атмосфері. Величезна кількість видів живих істот піддаються впливу небезпечних речовин, в тому числі на генетичному рівні, звідси випливають поразки цілого ряду поколінь організмів, а може і множини. Стало очевидним, що і люди не застраховані від плодів своєї безпечності та недбалого ставлення до природи. Так, лише по закінченню кілька десятиліть після створення великих промислових вузлів, на яких проводився недостатньо або не проводився зовсім контроль над викидами токсичних відходів в біосферу, в околицях стали з'являтися на світ діти з очевидними мутаціями. Якщо люди в змозі подбати про себе, тварини і рослини самі на це не здатні, тому необхідно ретельно стежити за розвитком і життєдіяльністю організмів в зонах прямого і непрямого впливу промислових підприємств та суміжних з ними об'єктів. Незважаючи на давність і багатого числа досліджень в області екологічно чистого виробництва, проблема утилізації та переробки промислових відходів залишається актуальною досі.

*Тому хотілося б провести невеличку екскурсію яка має назву «Відходи великого міста. Їх збирання, знешкодження і переробка».*

## **2.2 Загальна характеристика відходів промисловості**

Негативний вплив промисловості виражається у впливі на конкретні частини природи і на біосферу в цілому відходів від процесів видобутку та переробки природних ресурсів. Відходи виробництва і споживання є джерелом антропогенного забруднення навколишнього середовища в глобальному масштабі і виникають як неминучий результат споживацького ставлення і недозволено низького коефіцієнта використання ресурсів.

## **2.3 Класифікація відходів промисловості**

Промвідходи найчастіше є хімічно неоднорідними, складними полікомпонентними сумішами речовин, з різними хіміко-фізичними властивостями, представляють токсичну, хімічну, біологічну, корозійну, вогне- і вибухонебезпечність. Існує класифікація відходів за їх хімічної природи, технологічними ознаками утворення, можливості подальшої переробки та використання. У нашій країні шкідливі речовини характеризуються за чотирма класами небезпеки, від чого залежать витрати на переробку та захоронення.

1. *Надзвичайно небезпечні.* Відходи, що містять ртуть та її сполуки, в тому числі сулеми, хромовоокислий і ціаністий калій, сполуки сурми, в тому числі трьоххлорну сурму, бенз-а-пірен.

2. *Високо-небезпечні.* Відходи, що містять хлористу мідь, сульфат міді, щавлевокислу мідь, триокисну сурму, сполуки свинцю.

4. *Малонебезпечні.* Відходи, що містять сульфат магнію, фосфати, сполуки цинку, відходи збагачення корисних копалин флотаційним способом із застосуванням амінів.

У промислово розвинених країнах частка витрат на реалізацію екологічних способів виробництва від вартості кінцевої продукції 30 - 50%. У нашій країні до цих пір економіка промислового виробництва недостатньо враховує або не враховує зовсім збитки від деградації природного середовища, собівартість продукції визначається без урахування вартості природи.

*Цікаво було б дізнатися скільки відходів утворюється в містах (слайд)?  
Яких відходів утворюється більше всього (слайд)?*

## **2.4 Розробка маловідходних і безвідходних технологій і методів комплексного використання відходів промисловості**

Важливість економного та раціонального використання природних ресурсів не потребує обґрунтування. У світі безперервно зростає потреба в сировині, виробництво якої обходиться все дорожче. Будучи міжгалузевою проблемою, розробка маловідходних і безвідходних технологій і раціональне

використання вторинних ресурсів потребує прийняття міжгалузевих рішень. Вторинні матеріали і ресурси (ВМР) - відходи виробництва та споживання, які на даному етапі розвитку науки і техніки можуть бути використані в народному господарстві як на підприємстві, де вони були утворені, так і за його межами. До ВМР не відносяться зворотні відходи виробництва, що використовуються повторно як сировина технологічного процесу, в якому утворюються.

Побічні продукти і відходи - можлива сировина для інших виробництв. Побічні продукти можуть бути запланованими і давати прибуток з їх продажу або використання. Відходи - небажані, але неминучі продукти.

Класифікуються ВМР за наступними критеріями:

1. За галузями промисловості або звідки виходять відходи;
2. За технологічними процесами;
3. За видами ресурсів;
4. За ступенем і можливістю використання;
5. За агрегатним станом.

У залежності від можливості використання ВМР поділяються:

1. Реально можливі до використання, тобто існують ефективні умови переробки та використання;
2. Потенційно можливі до використання, ВМР, використання яких поки економічно і технічно недоцільне.

За джерелами своєї появи існують ВМР :

1. Відходи промислового виробництва та будівництва - залишки сировини, матеріалів або напівфабрикатів, придатні до використання в якості сировини, допоміжних матеріалів або готової продукції;
2. Відходи сфери споживання:
  - 1) Відходи засобів виробництва, що втратили непридатність для подальшого використання,
  - 2) Відходи предметів споживання - вироби непридатні для використання за призначенням, але потенційно придатні як вторинна сировина,
  - 3) Тверді побутові відходи, що утворюються населенням в процесі життєдіяльності і навряд чи мають придатність;
3. Відходи сфери обігу, тобто матеріали, що прийшли в непридатність через необережне транспортування, складування і навантаження-розвантаження.

Крім цього ВМР можуть бути використані в місцях свого утворення або в інших галузях господарства.

Маловідходні та безвідходні технології (МБТ), як правило, орієнтовані на найбільш важливі галузі народного господарства: виробництво та раціональне використання металів, будматеріалів, деревини, корисних копалин. Існує кілька основних напрямків по здійсненню МБТ:

- 1) Створення та впровадження процесів комплексної переробки сировини без утворення відходів;
- 2) Переробка всіх видів відходів виробництва і споживання з отриманням товарної продукції;

3) Випуск нових видів продукції з урахуванням вимог її повторного використання;

4) Застосування замкнених систем промислового водопостачання з використанням опадів очисних споруд;

5) Організація безвідходних територіально-промислових комплексів та економічних регіонів.

При цьому необхідно дотримуватися ряду умов:

1) самоочевидне використання всіх компонентів тієї чи іншої сировини, які зазвичай не знаходять застосування внаслідок відсутності необхідних виробничих умов та навичок обробки, і зараховуються до відходів;

2) Взаємозв'язок з екологічною ситуацією, в якій реалізуються проекти (викиди в атмосферу, водойми, ґрунт, відчуження орних або придатних для інших цілей земель під поховання або складування);

3) Можливість залучення в господарський оборот ресурсів, що раніше не використовувалися;

4) Застосування однієї або мінімуму прогресивних операцій у загальному технологічному ланцюзі приводить до необхідності переводити всю технологічну систему на новий рівень;

5) Можливість отримання нових матеріалів з необхідними характеристиками;

6) Поліпшення умов праці за рахунок скорочення процесів, супроводжуваних виділенням шкідливих газів і пилу.

7) Усунення шкідливих компонентів в якості проміжних продуктів і каталізаторів.

Багатостороннє і глибоке освоєння безвідходних виробництв - довготривала і копітка справа, яка належить ряду поколінь учених, інженерів, техніків, екологів, економістів, робітників різного профілю та багатьох інших фахівців. Повністю безвідходне виробництво - далека перспектива, але необхідно вже зараз вирішувати це завдання, як на загальноекономічному рівні, так і в окремих галузях господарства.

## 2.5 Металургія

Переробка руд чорних і кольорових металів, їх збагачення, лиття, прокат, металообробка - джерело втрат колосальної кількості металів. Завдання комплексного використання сировини в металургії - раціональна повнота вилучення основних і супутніх елементів, утилізація відходів видобутку, збагачення руд без нанесення шкоди навколишньому середовищу. Крім цього металургія є досить земле- і водоемною галуззю. Незважаючи на наявність технологій вилучення цінних попутних компонентів з залізної руди на більшості комплексних родовищ, корисні матеріали скидаються у відвали. Серед цінних компонентів руд чорних металів (Fe, Mn, Cr) зустрічаються W, Ti, Co, Ni, Zn, Cu, рідкісні метали. При збагаченні та обробці руд велику кількість відходів при відповідній обробці може стати товарними продуктами. Часто в

попутно витягуваній породі (особливо при відкритому способі видобутку) містяться багато нерудних корисних копалин, серед них: крейда, придатна для вапнування ґрунтів і наповнювача при виробництві фарб; сланці для виготовлення щебеню; глини і суглинки - сировина для фаянсової промисловості та виготовлення технічної кераміки, емалей, кольорового скла; кварцові піски для скляної промисловості; мергель, що є сировиною для виготовлення вапна та цементу; граніти і гнейси.

У доменній печі утворюються за рахунок порожньої породи руди і золи коксу шлаки, до складу яких входять  $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaS}$ ,  $\text{MnS}$ ,  $\text{FeS}$ ,  $\text{TiO}_2$ , з'єднання Р, в залежності від співвідношення компонентів шлаки можуть бути основні, нейтральні і кислі. При мартенівському способі основні шлаки здатні видаляти в процесі виплавки з металу домішки сірки і фосфору. Шлаки - цінна сировина для будівельної і дорожньо-будівельної галузей. Шлаковий щебінь в 1.5 - 2 рази дешевше природного, шлакова пемза - втричі дешевше керамзиту і вимагає менше питомих витрат. Використання гранульованого шлаку в цементній промисловості збільшує вихід цементу, знижує собівартість і питомі витрати на його виробництво в порівнянні з природною сировиною - цементним клінкером. Застосування шлаків при вторинній переробці металів для розкислення сталі, скорочує витрату дефіцитного феросиліцію. Припустимо навіть застосування металургійних шлаків як абразивного матеріалу для очищення днищ суден. Конвертерні шлаки можуть використовуватися у гідротехнічному будівництві для обсіпання дамб замість ґрунту.

Для відходів з заліза застосовується пряма флотація руди, суха магнітна сепарація, магнітно-флотаційний спосіб.

Використання шлаків зменшує вміст заліза в доменній шихті, знижує продуктивність доменних печей, збільшує витрату коксу.

У всіх металургійних процесах утворюється значна кількість пилу, яку необхідно вловлювати і утилізувати з метою вилучення металів, які містяться в них і підтримки необхідного рівня охорони навколишнього середовища. Для цього застосовуються системи сухого та мокрого пиловловлювання. Основна проблема при уловлюванні металургійного пилу - підвищений вміст цинку і свинцю, які порушують процеси пиловловлювання і власне виплавки. У США  $\text{Zn}$  і  $\text{Pb}$  виділяються шляхом збору пилу, що містить крім них залізо, і наступного дроблення так, що більш дрібні частинки складаються в основному з сполук цинку і свинцю, а більші в основному з  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , що ґрунтується на різній крихкості згаданих з'єднань. У Німеччині для даних цілей використовуються розчини сірчаної, азотної або оцтової кислот, які здатні розчинити майже весь  $\text{Zn}$ , але при малих його концентраціях розчинитися може і залізо. У Японії поділ  $\text{Fe}$ - і  $\text{Zn}$ - вмісних відходів звичайною магнітною сепарацією. У Бельгії і Люксембурзі цинк і свинець із  $\text{Fe}$ -вмісних відходів виділяються методом флотації та екстракції лужними розчинами. Крім оксидів заліза, свинцю і цинку пил і шлами містять оксиди  $\text{Mn}$ ,  $\text{Mg}$ ,  $\text{Ca}$ ,  $\text{Cr}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Cd}$  і інших елементів, які можна використовувати.



Особливе місце займають установки уловлювання  $\text{SO}_x$  і  $\text{NO}_x$ , тому що цей процес вельми скрутний внаслідок низьких концентрацій даних речовин. Існує досвід використання шламів сірко очистки після мокрої вапняної обробки для меліорації ґрунтів, що збільшує вміст у ґрунті кальцію, магнію, кремнію і зменшує кількість алюмінію, міді, цинку, миш'яку, марганцю. Дія подібного роду добрив не слабшає протягом п'яти років і додає урожай зернових і кормових культур на 25 - 30% (4 - 5 т шламу на 1 га).

Нефелін - один з компонентів апатиту-нефелінових руд, які є сировиною для хімічної промисловості, містить, крім фосфору, алюміній, натрій, калій, титан, залізо, стронцій, рідкісні метали. Нефелін є альтернативою бокситу, сировиною для алюмінієвої промисловості та родовища яких постійно виснажується. З попутних продуктів, які утворюються при переробці нефелінових руд в глинозем, можна виготовляти і вже виробляються содові продукти і цемент. Існують два основних способи переробки нефелінових руд.

*Спікально - лужний спосіб.* Суть методу полягає у високотемпературному розкладанні нефеліну в присутності  $\text{CaCO}_3$ . При цьому в нефелін, що містить глинозем, лугом утворюють алюмінати Na і K, а кремнезем - дикальцієвий силікат. Шляхом подальшої переробки одержуваних продуктів забезпечується отримання глинозему, содо-калієвого розчину, використовуваного для виробництва соди і поташу, і нефелінового шламу - сировини для виробництва цементу.

*Гідрохімічний спосіб.* Даний метод заснований на автоклавному розкладанні нефеліну концентрованим розчином їдкого лугу в присутності вапна. У результаті утворюються з алюмінатів і силікатів лужні алюмосилікати, які залишаються в осаді. Процес оптимально протікає при 260-300 °C і 3 МПа. Однак гідрохімічний спосіб переробки сировини, що містить нефелін вимагає велику кількість лугу, високої витрати тепла і підвищеного водного балансу.

На шляху до створення екологічної і маловідходної металургії зарубіжними державами був накопичений чималий досвід. У різних країнах світу застосовуються різні методи утилізації та переробки відходів металургії: в автодорожньому та залізничному будівництві, у сільському господарстві в якості добрив, в будівельній промисловості та інших галузях. Безперечно лідерство в цьому належить Японії. При виплавці марганцевих сплавів утворюється велика кількість газів (700 м<sup>3</sup>/т вуглецевого феромарганцю), частина якого ( $\text{CO}_2$ ) досить ефективно (на 84%) використовується в якості джерела тепла сушіння сирих матеріалів, що дозволяє заощадити до 16 млн. т на рік мазуту. Доменний газ застосовується для виробництва метанолу, етанолу, етиленгліколю, етилену, пропілену, оцтової кислоти, коксовий газ - у виробництві метанолу й аміаку. Яскравим прикладом використання безвідходної технології в нашій країні може служити Пікальовський глиноземний комбінат.

*Чому проблему відходів вважають екологічною (слайд)?*

## 2.6 Паливно-енергетичний комплекс

ПЕК - один з найбільших забруднювачів навколишнього середовища твердими, рідкими і пилоподібними відходами, тому що сам процес виробництва теплової або електричної енергії передбачає спалювання органічного палива з неминучим утворенням токсичних компонентів. Крім цього з відходами видобутку і збагачення палива втрачається велика його кількість.

Існує класифікація на основі літологічного складу відходів видобутку і збагачення вугілля:

- Глинисті (> 50% глини);
- Піщані (> 40% пісковика і кварциту);
- Карбонатні (> 20% карбонатів).

Крім цього відходи різняться за фізико-хімічними та теплофізичними властивостями, за характеристикою органічної речовини. Породи розкриття, що відрізняються високим вмістом мінеральних речовин, можуть бути використані для енергетичних цілей після попереднього збагачення з отриманням кондиційного по зольності продукту. Породи розкриття можуть застосовуватися як закладний матеріал для рекультивації земель, а шахтні - для закладання шахтного простору. Можливе застосування навіть без селективної обробки складають літологічні різниці як сировина для виробництва пористих заповнювачів для легких бетонів, керамічних матеріалів, при будівництві дамб та інших споруд, у будівництві будинків і дамб, в фільтрових установках. Шахтні породи часто містять велику кількість мікроелементів, необхідних для живлення рослин, тому можуть застосовуватися в якості добрив ґрунтів, розбалансування яких відбувається в результаті інтенсифікації і хімізації сільського господарства. Відходи вуглезбагачення, які містять велику кількість горючої маси, можуть бути піддані додатковому збагаченню з отриманням кондиційного по зольності твердого палива або безпосередньо використані для спалювання і газифікації. Можливо спалювання високозольних відходів вуглезбагачення в пилюватому стані на електростанціях, в тому числі на великих, при цьому зменшуються викиди  $SO_x$  і  $NO_x$  в навколишнє середовище. У деяких зарубіжних країнах знайшли застосування плазмові печі для переплавки легованих відходів і відновної плавки. Для цієї мети розроблені і використовуються різноманітні генератори плазми і дугові плазмові пальники різної потужності, де можливе відновлення руд відходами вуглезбагачення і вироблення певної кількості електроенергії за рахунок газів, що відходять. У результаті гравітаційної сепарації деякого вугілля можна визначити високозольні фракції, в яких містяться ряд мікроелементів (Ag, As, Cd, Mn, Mo, Ni, Pb та інші) в 1.3 - 1.4 рази вище, ніж у вихідному вугіллі. Більша частина мікроелементів може бути залучена з продуктів термічної обробки або збагаченого твердого пального. За допомогою біологічних методів можна витягувати з вугілля та частини вугільних відходів органічну сірку, різні метали (Mn, Ni, Co, Zn, Ca, Al, Cd)

золу, кисень - і азотовмісні сполуки. Очищення вугілля може здійснюватися за 6 діб на 93% при застосуванні термофільних бактерій і 18 діб мезофільними бактеріями.

*А тепер давайте згадаємо скільки років будуть розкладатися відходи (слайд), і де ці відходи захоронять (слайд).*

## **2.7 Хімічний комплекс**

З усіх видів мінеральної сировини особливе місце займають агрохімічні руди, що містять фосфор, від яких значною мірою залежить родючість ґрунтів, а з урахуванням виснаження багатої фосфором сировини найважливішою проблемою є ефективне використання корисних компонентів надр і руди.

Значення фосфору в природі украй важливо. Мінеральний фосфор входить до складу кісткової тканини хребетних і зовнішніх скелетів ракоподібних і моллюсків. Фосфор присутній в м'яких тканинах рослин і тварин. Фосфоровмісні і органічні сполуки забезпечують перетворення хімічної енергії в механічну енергію м'язових тканин. Цей елемент входить до складу нуклеїнових кислот, що регулюють спадковість і розвиток організмів.

Виробництво фосфорних мінеральних добрив - головна сфера застосування фосфатної сировини. Більш повна виїмка попутних корисних компонентів з фосфоритів і апатитів шляхом флотації, тобто використовувати різну щільність матеріалів щодо щільності води.

Один з найважливіших попутних компонентів апатитових руд - нефеліну.

Ще один мінерал, що має велике значення і що міститься в апатитових рудах - сфен. До складу даної сполуки входить титан ( $\text{CaTiSiO}_4$  (O, OH, F)), а диоксид титану - важливий компонент при виробництві лакофарбових виробів. Перспективність сфену як сировини пов'язана з великими запасами цього мінералу в нашій країні (головним чином у Хібінах) і, з урахуванням комплексної переробки апатитових руд, низькою собівартістю  $\text{TiO}_2$ , що міститься в них.

В даний час існують різні технологічні системи й способи переробки сфенового концентрату: хлорна; азотнокисла; сірчанокисла; спікання з кухонною сіллю, кремнефторидом, сульфатом амонію. Однак найбільш прийнятною є сірчанокисла технологія, коли як інші методи дуже складні і не отримали промислового розвитку.

У нашій країні і за кордоном проводяться роботи по отриманню з горючих сланців бітумів, масляних антисептиків для деревини, отрутохімікатів, сірки, гіпосульфїту, бензолу, лаків, клеїв, дубителів, шлакової вати, матів для будівельної індустрії і багато чого іншого.

У хімічній промисловості також використовуються відходи виробництва диметилтереоргалату для синтезу алкідних полімерів. Відходи каталізаторів виробництва мономерів використовуються в будівельних лакофарбових пігментах. Відходи гідроксилвмісних сполук від виробництва ксиліту йдуть на виготовлення простих і складних олігоєфірів - компонентів лакофарбових

матеріалів, відходи виробництва меланіну - ПАР-диспергаторів. Каталізатори алкілування бензолу виготовляються з відходів кабельної промисловості, що містять алюміній. Відходи виробництва капролактаму - компоненти мастильних матеріалів або пластифікуючі добавки до бетонних сумішей.

## 2.8 Висновок

Підводячи підсумок всьому вищесказаному, можна сказати, що, незважаючи на тривалість вивчення цієї проблеми, утилізація і переробка відходів промисловості, як і раніше не ведеться на належному рівні. Гострота проблеми, незважаючи на достатню кількість шляхів рішення, визначається збільшенням рівня вмісту і накопичення промислових відходів. Зусилля зарубіжних країн направлені, перш за все, на попередження та мінімізацію утворення відходів, а потім на їх рециркуляцію, вторинне використання і розробку ефективних методів остаточної переробки, знешкодження і остаточного видалення, а поховання лише відходів, що не забруднюють навколишнє середовище. Всі ці заходи, безперечно, зменшують рівень негативного впливу відходів промисловості на природу, але не вирішують проблему прогресуючого їх накопичення в навколишньому середовищі і, отже, наростаючої небезпеки проникнення в біосферу шкідливих речовин під впливом техногенних та природних процесів. Різноманітність продукції, яка за сучасного розвитку науки і техніки може бути безвідходною отримана і спожита, досить обмежена, досяжна тільки ряду технологічних ланцюгів і тільки високорентабельними галузями і виробничими об'єднаннями.

Незважаючи на тривалу орієнтацію промисловості нашої країни на ресурсозберігаючі технології, відображало це скоріше економічні цілі виробництва, ніж запобігання шкідливого впливу на природу. Раніше вважалося перспективним способом зниження забруднення навколишнього середовища спалювання токсичних побутових і промислових відходів, при якому виключення забруднення навколишнього середовища високотоксичними речовинами, можливо тільки на вкрай спеціальних дорогих заводах, що не окупають в результаті своєї діяльності витрати на будівництво та експлуатацію.

Багатостороннє і глибоке вирішення проблеми утилізації та переробки промислових відходів - тривалий і копіткий процес, яким належить займатися ряду поколінь учених, інженерів, техніків, екологів, економістів, робітників різного профілю та багатьох інших фахівців.

*Проблемне запитання: Чи є вихід із ситуації, яка склалася з відходами?*

Так, поки ще є. Необхідно навчитися розуміти закони природи і рахуватися з ними. У природі немає нічого безмежного, все доцільне і взаємозалежне.

Установка очисних приладів, газо - і пиловловлювачів дуже дорога, не всі заводи можуть дозволити собі їх придбати, або знайти кошти на реконструкцію діючих установок. Слід ширше впроваджувати маловідходні та безвідходні

технології, використовувати екологічно чисті види палива, на автомобільному транспорті важливо поліпшувати якість палива і двигунів, ширше застосовувати дизельні двигуни та ін. На багатьох підприємствах тим чи іншим методом вловлюється до 90% пилу і газів.

Сприятливий вплив на екологічну обстановку Запоріжжя надає велика кількість зелених насаджень та водних просторів. У місті розташовані 11 парків - пам'яток садово-паркового мистецтва, заказник "Дніпровські пороги", багато скверів. У зелений наряд одягнені бульвари, вулиці, набережні. В цілому площа зелених насаджень, включаючи прилеглі до міста зелені масиви, становить до 60% загальної території міста.

*На завершення екскурсії кожен дасть відповідь на наступні запитання (слайд) і потім порівняємо відповіді з тими, які пропонує помічник (слайд).*

### **Питання для самоконтролю**

1. Які речовини називають відходами виробництва?
2. Що називають відходами споживання?
3. Як класифікують відходи за можливості використання?
4. Охарактеризуйте класифікацію відходів за безпекою.
5. Охарактеризуйте розробку маловідходних і безвідходних технологій використання відходів промисловості.
6. Відходи металургії.
7. Утилізація відходів паливно-енергетичного комплексу.
8. Використання відходів хімічного комплексу.

### **Список використаної літератури**

1. Байкулатова К.Ш. Вторичное сырье - эффективный резерв материальных ресурсов. – Алма-Ата: Казахстан, 1982. – 152 с.
2. Бернадинер М.Н., Шурыгин А.П. Огневая переработка и обезвреживание промышленных отходов. – М.: Химия, 1990. – С. 875
3. Вредные вещества в промышленности. – Л.: Химия, 1967. – С. 365
4. Глоба В.Н., Яковлев Е.И., Борисов В.В. Строительство и эксплуатация подземных хранилищ. – К.: Будивельник, 1985. – 879 с.
5. Дмитриев В.И., Коршунов Н.Н., Соловьев Н.И. Термическое обезвреживание отходов хлорорганических производств // Химическая технология. – 1996. – №5. – С.456.
6. Равич Б.М., Окладников В.П., Лыгач В.Н. Комплексное использование сырья и отходов. – М.: Химия, 1988. – 523 с.
7. Крапивина С.А. Плазмохимические технологические процессы. - Л.: Химия, 1981. – 150 с.
8. Ласкорин Б.Ч. Безотходные технологии переработки минерального сырья. – М.: Недра, 1984. – 420 с.

9. Литвинов В.К., Дмитриев С.А., Киярв Ч.А. Плазменная шахтная печь для переработки радиоактивных отходов средней и низкой активности. – Магнитогорск: НПО "Радон", 1993. – 238 с.

## **Бінарна лекція з елементами візуалізації та критичної оцінки даних “Тверді побутові відходи та методи їх утилізації”**

### **План**

3.		
<b>3.2</b>	<b>Характеристика основних типів побутового сміття.....</b>	<b>23</b>
<b>3.3</b>	<b>Розподіл ТПВ .....</b>	<b>27</b>
<b>3.4</b>	<b>Проблема ТПВ в Україні.....</b>	<b>29</b>
<b>3.5</b>	<b>Методи і проблеми утилізації ТПВ.....</b>	<b>30</b>
<b>3.6</b>	<b>Проблема ТПВ та їх утилізація в Запоріжжі .....</b>	<b>37</b>
1.	Характеристика основних типів побутового сміття.....	39
4.	Отрута з Угорщини досягла Дунаю [Електронний ресурс] / - Режим доступу: <a href="http://www.tsn.ua/ukrayina/do-ukrayini-dishli-toksichni-vidhodi-z-ugorschini.html">www/ URL: http://tsn.ua/ukrayina/do-ukrayini-dishli-toksichni-vidhodi-z-ugorschini.html</a> - 07.10 2010 р. – Загол. з екрану. ....	53
5.	Федоров Г.П. Башкирская нефть. – М.: Химия, 1982. – 427 с. ....	66
<b>7.2</b>	<b>Характеристика нафти як забруднювача .....</b>	<b>68</b>
7.2.1	Склад нафти та її похідних .....	68
7.2.2	Характеристика забруднення водних об'єктів нафтопродуктами.....	69
7.3	Вплив нафтопродуктів на здоров'я людини.....	70
7.4	Механічні методи очистки доквілля від нафти.....	71
7.5	Переробка та утилізація нафтошламів.....	74
7.5.1	Основні напрями переробки і утилізації нафтошламів.....	74
7.5.2	Переробка нафтових відходів шляхом фазорозділення нафтошламів .....	75
2.	Вплив нафтопродуктів на здоров'я людини.....	78
3.	Механічні методи очистки доквілля від нафти.....	78
4.	Переробка та утилізація нафтошламів.....	78
5.	Основні напрями переробки і утилізації нафтошламів.....	78
6.	Переробка нафтових відходів шляхом фазорозділення нафтошламів.....	78
<b>8.2</b>	<b>Зміст бінарної лекції.....</b>	<b>81</b>
<b>8.2.1</b>	<b>Загальна характеристика біологічного методу очистки стічних вод.....</b>	<b>81</b>
<b>8.2.2</b>	<b>Опис технологічної схеми процесу очистки .....</b>	<b>84</b>
<b>8.3</b>	<b>Основні речовини, які забруднюються та їх очистка біологічним методом.....</b>	<b>86</b>
	<i>Переваги методів.....</i>	<i>92</i>
	<i>Недоліки методів.....</i>	<i>93</i>
<b>8.4</b>	<b>Висновки.....</b>	<b>93</b>
1.	Загальна характеристика біологічного методу очистки стічних вод.....	94
2.	Класифікація методів очистки стічних вод.....	94
3.	Опис технологічної схеми процесу очистки.....	94
4.	Основні речовини, які забруднюються.....	94
5.	Очистка речовин біологічним методом.....	94
	<b>Список використаної літератури.....</b>	<b>94</b>

### 3.1 Вступ

*Лектор 1:*

Сьогодні розмови на тему екології дуже популярні, хоча для багатьох носять абстрактний характер. Сама екологія як наука вивчає життя різних організмів - тварин, рослин і людини - в їх природному середовищі, і їх взаємодію між собою.

Усі ми, будь то рослина, комаха, тварина або людина, в процесі спільного життя впливаємо один на одного і на довкілля в цілому. Але якщо продуктом життєдіяльності більшості рослин є кисень, а бджоли виробляють мед, то людина після своєї бурхливої життєдіяльності залишає немало речовин, яким ще не знайшла застосування, отже, вони підлягають знищенню. Так проблема боротьби із сміттям, що тягнеться з давніх часів, не розв'язана повністю і до сьогоднішнього дня.

А останніми роками проблема утилізації сміття стала справжньою драмою великих міст. Так, наприклад, якщо усе сміття, викинуте за рік жителями Києва, розподілити рівним шаром по місту, товщина цього шару була б близько 10 см. Щоб не потонути в купах сміття і не отруїтися продуктами його розкладання, сміття необхідно утилізувати.

*Лектор 2:*

Мова піде про тверді побутові відходи (ТПВ) або "тверді муніципальні відходи", як їх прийнято називати на заході. Історично "муніципальними відходами" називали відходи, похованням яких займалася міська влада. Проте нині в розвинених країнах значна кількість побутових відходів збирається і переробляється не міськими комунальними службами, а приватними підприємствами, які також мають справу з промисловими відходами. У міру росту кількості і різноманітності відходів, ускладнення стосунків, пов'язаних з їх утилізацією, були вироблені різні класифікації і визначення типів відходів. Деякі з них були покладені в основу національних законів, що регламентують порядок поводження з різними типами відходів.

Відходи можна класифікувати як за походженням: побутові, промислові, сільськогосподарські і так далі, так і за властивостями. Найвідоміший розподіл за властивостями, прийнятий в законодавствах більшість країн, - це ділення на "небезпечні" (тобто токсичні, їдкі, займисті і інші) і "безпечні" відходи.

Муніципальні відходи, про які піде мова, мають різне походження (саме тому термін "муніципальні відходи" прийнятніше терміну "побутові відходи": перший, окрім відходів, які виробляються населенням, включає також відходи, які виробляються ресторанами, торговими підприємствами, установами, муніципальними службами) і різні властивості: частина муніципальних відходів, наприклад, відноситься до небезпечних, - проте їх об'єднує те, що відповідальність за їх утилізацію лягає на міську владу.

### 3.2 Характеристика основних типів побутового сміття.

*Лектор 1:*

**Харчові відходи**

Збиток природі: практично не наносять. Використовуються для живлення різними організмами. Шкода людині: гниючі харчові відходи - розсадник мікробів. Шляхи розкладання: використовуються в їжу різними мікроорганізмами. Кінцевий продукт розкладання: тіла організмів, вуглекислий газ і вода. Час розкладання: 1 – 2 тижні. Спосіб вторинного використання: компостування. Найменш небезпечний спосіб знешкодження : компостування. Категорично забороняється кидати у вогонь, оскільки можуть утворитися діоксиди.

### **Макулатура**

Матеріал: папір, іноді просочений воском і покритий різними фарбами. Збиток природі: власне папір збитку не наносить. Проте фарба, якою покритий папір, може виділяти отруйні гази. Шкода людині: фарба може виділяти при розкладанні отруйні речовини.

Шляхи розкладання: використовуються в їжу різними мікроорганізмами. Кінцевий продукт розкладання : перегній, тіла різних організмів, вуглекислий газ і вода. Час розкладання: 2 - 3 року. Спосіб вторинного використання : переробка на обгортковий папір.

Найменш небезпечний спосіб знешкодження: компостування. Продукти, що утворюються при знешкодженні: вуглекислий газ, вода, зола. Категорично заборонено спалювати папір. у присутності харчових продуктів, так як можуть утворюватися діоксиди.

### **Вироби з тканин**

Тканини бувають синтетичні і натуральні. Усе, написане нижче, відноситься до натуральних тканин. Збиток природі: не наносять. Шляхи розкладання : використовуються в їжу деякими мікроорганізмами. Кінцевий продукт розкладання : перегній, тіла організмів, вуглекислий газ і вода. Час розкладання : 2 - 3 року. Спосіб вторинного використання : компостування. Найменш небезпечний спосіб знешкодження : спалювання в умовах, що забезпечують повноту згорання. Продукти, що утворюються при знешкодженні, : вуглекислий газ, вода і зола.

### **Консервні банки**

Матеріал: оцинковане або покрите оловом залізо. Збиток природі: сполуки цинку, олова і заліза отруйні для багатьох організмів. Гострі краї банок травмують тварин. Шкода людині: ранять при ходінні босоніж. У банках накопичується вода, в якій розвиваються личинки кровосасальних комах. Шляхи розкладання: під дією кисню залізо повільно



окислюється. Кінцевий продукт розкладання : дрібні шматки іржі або розчинні солі заліза. Час розкладання : на землі - декілька десятків років, в прісній воді - близько 10 років, в солоній воді - 1-2 року. Спосіб вторинного використання : переплавка разом з металом.

Найменш небезпечний спосіб знешкодження: поховання після попереднього випалення. Продукти, що утворюються при знешкодженні, оксиди або розчинні солі заліза, цинку і олова.

*Лектор 2:*

### **Металобрухт**

Матеріал: залізо або чавун. Збиток природі: сполуки заліза отруйні для багатьох організмів. Шматки металів травмують тварин. Шкода людині: викликають різні травми. Шляхи розкладання: під дією розчиненого у воді або такого, що знаходиться в повітрі кисню повільно окислюється до оксиду заліза. Кінцевий продукт розкладання : порошок іржі або розчинні солі заліза. Швидкість розкладання: на землі - 1 мм в глибину за 10 - 20 років, в прісній воді - 1мм в глибину за 3 - 5 років, в солоній воді - 1 мм в глибину за 1 - 2 року. Спосіб вторинного використання: переплавка. Найменш небезпечний спосіб знешкодження: вивезення на звалище або поховання. Продукти, що утворюються при знешкодженні: оксиди або розчинні солі заліза.

### **Фольга**

Матеріал: алюміній. Збиток природі: практично не наносить. Шляхи розкладання: під дією кисню повільно окислюється до оксиду алюмінію. Кінцевий продукт розкладання: оксид або солі алюмінію. Час розкладання: на землі - декілька десятків років, в прісній воді - декілька років, в солоній воді - 1-2 року. Спосіб вторинного використання : переплавка. Найменш небезпечний спосіб знешкодження: поховання. Продукти, що утворюються при знешкодженні: оксид алюмінію.

### **Банки з-під пива і інших напоїв**

Матеріал: алюміній і його сплави.

Збиток природі: гострі краї банок викликають травми у тварин. Шкода людині: в банках накопичується вода, в якій розвиваються личинки кровосасальних комах. Шляхи розкладання: під дією кисню повільно окислюється до оксиду алюмінію. Кінцевий продукт розкладання: оксид або солі алюмінію. Час розкладання: на землі - сотні років, в прісній воді - декілька десятків років, в солоній воді - декілька років. Спосіб вторинного використання: переплавка. Найменш небезпечний спосіб знешкодження: поховання. Продукти, що утворюються при знешкодженні: оксид алюмінію.

## Склотара

Матеріал: скло. Збиток природі: бита склотара може викликати поранення тварин. Шкода людині: бита склотара може викликати поранення. У банках накопичується вода, в якій розвиваються личинки кровосасальних комах. Шляхи розкладання: повільно розтріскується і розсипається від перепадів температур; скло поступово кристалізується і розсипається. Кінцевий продукт розкладання: дрібна скляна крихта, по виду невідмітна від піску. Час розкладання: на землі - декілька сотень років, в спокійній воді - близько 100 років. Спосіб вторинного використання: по прямому призначенню або переплавка. Найменш небезпечний спосіб знешкодження: вивезення на звалище або поховання. Продукти, що утворюються при знешкодженні: скляна крихта.

## Вироби з пластмас

Збиток природі: перешкоджає газообміну в ґрунтах і водоймах. Можуть проковтнути тварини, що приведе до загибелі останніх. Шкода людині: пластмаси можуть виділяти при розкладанні отруйні речовини. Шляхи розкладання: повільно окислюються киснем повітря. Повільно руйнується під дією сонячних променів. Кінцевий продукт розкладання: вуглекислий газ і вода. Час розкладання: близько 100 років, може бути і більше. Спосіб вторинного використання : переплавка. Продукти, що утворюються при знешкодженні, : вуглекислий газ і вода.

### Упаковка для харчових продуктів

Матеріал: папір і різні види пластмас. Збиток природі: можуть проковтнути тварини. Шляхи розкладання : повільно окислюються киснем повітря. Повільно руйнується під дією сонячних променів. Час розкладання : десятки років, може бути і більше. Спосіб вторинного використання : не існує. Найменш небезпечний спосіб знешкодження : поховання. Продукти, що утворюються при знешкодженні, : вуглекислий газ і вода, хлороводень, отруйні сполуки. Категорично забороняється спалювати вказані матеріали, оскільки при цьому можуть утворитися диоксиди.

Лектор 1:

Велика частина пластикових упаковок 1 л, 1,5 л, 2 л. Складаються з декількох компонентів: фольги, пластика, картону. Пляшки з-під кетчупу часто виробляються з декількох типів пластика - така упаковка практично не піддається вторинній переробці і частенько не згорає в сміттєспалювальних печах.

### Типи пластика :



- поліетилен терефталат (1,5 л. пляшки)

PETE



- поліетилен високої щільності (пляшки миючих засобів)

HDPE



- полівінілхлорид (після 1973 р. довели, що в нього входять канцерогени, він не повинен використовуватися в харчовій промисловості)



HDPE

- поліетилен малої щільності (використовується в прозорих упаковках і пакетах)



- поліпропілен (контейнери для йогурту)

PP



- полістирол (одноразовий посуд для ресторанів)

PS



- багат шарова упаковка, або упаковка з декількох типів пластика

OTHER

На заході широко розповсюджена переробка типів 1 і 2, рідше 4. Інші не переробляються.

### **Батареї**

Дуже отруйне сміття! Матеріал: цинк, вугілля, оксид марганцю. Збиток природі: отруйні для багатьох організмів.

Шкода людині: отруйні для людини.

Шляхи розкладання: окислюються під дією кисню. Кінцевий продукт розкладання: солі цинку і марганцю. Час розкладання: на землі - близько 10 років, в спокійній воді - декілька років, в солоній воді - близько року. Спосіб вторинного використання : цинк можна використовувати в шкільній лабораторії для отримання водню, оксид марганцю - для отримання хлору. Найменш небезпечний спосіб знешкодження: вивезення на звалище. Продукти, що утворюються при знешкодженні: солі цинку і марганцю.

## **3.3 Розподіл ТПВ**

*Лектор 2:*

Наступний використовуваний термін, який вимагає пояснення, - "управління відходами". Він ширше за поняття "переробка", "утилізація" і навіть "поводження з відходами", оскільки включає організацію збору відходів, їх утилізацію (включаючи переробку, спалювання, поховання і так далі), а також заходи по зменшенню кількості відходів.

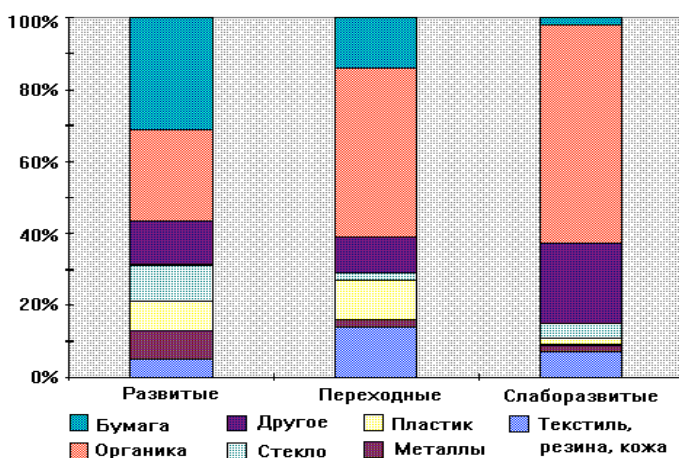
Склад і об'єм побутових відходів надзвичайно різноманітні і залежать не лише від країни і місцевості, але і від пори року і від багатьох інших чинників.

Об'єми побутових відходів для деяких країн приведені в Таблиці 3.1, а розподіл відходів по категоріях в різних країнах приведені на рис.3.1 Папір і картон складають найбільш значну частину ТПВ (до 40% в розвинених країнах). Друга за величиною категорія в Росії - це так звані органічні, харчові, відходи; метал, скло і пластик складають по 7-9% від загальної кількості відходів. Приблизно по 4% доводиться на дерево, текстиль, гуму і так далі.

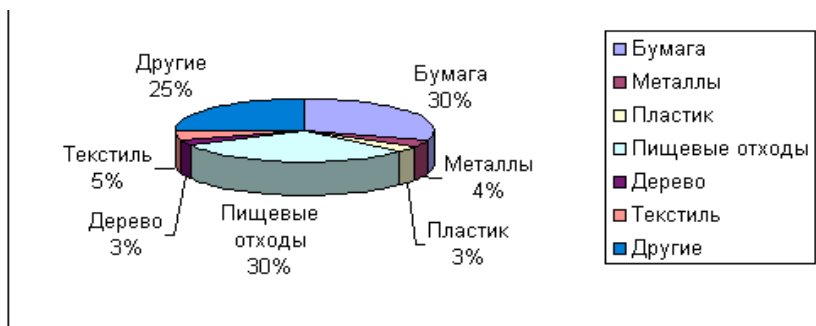
Кількість муніципальних відходів в Україні збільшується, а їх склад, особливо у великих містах наближається до складу ТПВ в західних країнах з відносно великою долею паперових відходів.

Таблиця 3.1 – Виробництво побутових відходів

Країна	Всього за рік, тон	На душу населення в день, кг
США (1988)	180,000,000	1.82
США (1995, прогноз 1992)	200,000,000	1.91
США (2000, прогноз)	216,000,000	2.00
СРСР (1989)	57,000,000	0.23
РФ (1991)	26,000,000	0.17
Західна Європа	123,300,000	-
Великобританія	18,000,000	0.9



а) в різних країнах;



б) в Україні.

Рис.3.1 Розподіл відходів за категоріями (в %):

### 3.4 Проблема ТПВ в Україні

*Лектор 1:*

Надійна і сучасна інформація про стан проблеми ТПВ в Україні на жаль, відсутня. На думку аналітика корпорації RAND Д. Петерсона "З усіх екологічних небезпек "Східноєвропейського" регіону, небезпека пов'язана з твердими відходами «найменш документована». Проте з фактів, що час від часу потрапляють на сторінки преси і в урядові доповіді, складається уявлення про те, що величезний промислово розвинений СРСР поведився зі своїми відходами подібно до країни третього світу, фактично звалюючи їх де потрапило і абияк. Аналогічна ситуація має місце і в Україні.

Специфікою України в порівнянні із західними країнами є те, що абсолютна більшість муніципальних відходів (96-98% за різними джерелами) завозяться на звалища (Таблиця 3.2), з яких, на думку Держкомприроди СРСР (1989 рік) 88% знаходилися в «незадовільному санітарному стані».

Таблиця 3.2 – Порівняння об'ємів, складу і способів утилізації ТПВ

	США	Україна
Щорічна кількість ТБВ		
Всього (млн. тон)	162.9	56.03
На душу населення (кг)	665	195
Кількість по категоріях (%)		
Папір і картон	40.0	20-36
Скло	7.0	5-7
Метали	8.5	2-3
Пластик	8.0	3-5
Текстиль	2.1	3-6
Гума і шкіра	2.5	1.5-2.5
Деревина	3.6	1-4
Харчові відходи	7.4	20-38
Інше	20.9	10-35.5
Методи утилізації (%)		
Вторинна переробка і використання	13.1	1.3
Спалювання	14.2	2.2
Поховання	72.2	96.5

Починаючи з 1972 року приблизно в десятці міст СРСР, були встановлені сміттєспалювальні заводи чехословацького виробництва. СЗ вітчизняного виробництва був розміщений у Володимирі. Усе це - так звані СЗ першого покоління - тобто практично без повітроочисних пристроїв і що не роблять тепло або електроенергію. Діоксинові забруднення, що представляють найбільшу небезпеку, пов'язану із спалюванням відходів, ніяк не контролювалися - на це не було (і немає) ні відповідних законів, ні, навіть в кращих російських лабораторіях, необхідних приладів. У ув'язненні Державної експертної комісії СРСР з проблеми ТПВ наводиться наступний факт: 10 жовтня 1988 року СЗ в місті П'ятигорську був закритий після того, як четверо робітників втратили свідомість під час робочої зміни через газ, що виділяється відходами, зваленими на заводі.

Серед чинників, що впливають сьогодні на проблему ТПВ в Україні, слід в першу чергу відмітити наступні:

- Відмінності в культурі споживання і недавній дефіцит споживчих послуг і товарів призводили до менших, ніж на заході об'ємам ТПВ на душу населення;
- Слабке екологічне законодавство і відсутність власності на землю робило утилізацію відходів дуже дешевою;
- Існуюча економічна система не забезпечувала ефективного використання ресурсів і матеріалів;
- Секретність і недолік досліджень створили вакуум надійної інформації з проблеми.

В той же час:

- В Україні робляться, імпортуються і споживаються складні продукти розвиненого промислового суспільства, тобто склад і кількість відходів усе більш наближаються до західних.
- Швидкі зміни в суспільстві, в т.ч. в економічній і політичній ситуації загострюють увесь комплекс проблем.

Процеси, що відбуваються в Україні нині, призводять до різкого росту кількості і різноманітності побутових відходів. Тягар відповідальності за їх утилізацію зрушується на місцеву владу, в у тому числі муніципалітети. Збільшена самостійність місцевої влади також призводить до того, що підприємства по утилізації ТПВ фактично неможливо розмістити на адміністративно "чужій" землі - ніхто не хоче чужого сміття.

### **3.5 Методи і проблеми утилізації ТПВ**

*Лектор 2:*

Бурхливий процес світового економічного розвитку породив безвідповідальне відношення людей до природи. Він привів до вольових рішень, які виявилися і можуть в найближчій перспективі виявитися згубними для екосистем, що формувалися тисячі і мільйони років. Екологічна система нашої планети стоїть перед загрозою деградації. Це парниковий ефект, дефіцит

кисню і озонові діри, кислотні дощі, згубні концентрації радіоактивних ізотопів, різних хімічних забруднень ґрунту, води і харчових продуктів.

За твердженням британського журналу *The Economist*, тверді відходи - це екологічна проблема, що викликає найбільшу клопотаність жителів розвинених країн.

Історично "на видноті" завжди були рідкі і газоподібні відходи - промислові забруднення води і повітря - і вони ставали об'єктом першочергового контролю і регулювання, у той час як тверді відходи завжди можна було відвезти чимдалі або закопати - просто тим або іншим способом прибрати "з очей геть".

У прибережних містах відходи досить часто просто скидалися в море. Екологічні наслідки поховання сміття - через забруднення підземних вод і ґрунтів - проявлялися іноді через декілька років або навіть декілька десятків років проте були від цього не менш руйнівні. У суспільній свідомості поступово сформувалася ідея про те, що закапування відходів в землю або скидання їх в морі - це неприпустиме перекладання наших проблем на плечі нащадків. Паралельно намітилася і інша тенденція: чим жорсткіше було законодавство по контролю води і повітря, тим більше вироблялося твердих токсичних відходів оскільки усі методи очищення газоподібних і рідких середовищ призводять до концентрації забрудників в твердій речовині: в мулах, осіданнях, золі і так далі.

Нині в розвинених країнах виробляється від 1 до 3 кг побутових відходів на душу населення в день, що складає десятки і сотні мільйонів тон в рік, причому, в США, наприклад, ця кількість, збільшується на 10% кожні 10 років. У зв'язку з відсутністю місць для поховання цієї величезної кількості відходів на заході заговорили про кризу відходів або кризу звалищ. У японських гаванях насипані "смітєві острови" з гір побутових відходів, вироблюваних в метрополіях; у США міста на Північно-східному узбережжі відправляють своє сміття в інші країни в океанських баржах. Історія самої нещасливої з таких барж - *Мунго* -, яка впродовж року плавала від порту до порту, намагаючись прибудувати сміття Нью-Джерсі, і повернулася додому так і не вивантаживши ні тонни, потрапила в усі екологічні хрестоматії і підручники, як найбільш яскрава ілюстрація кризи звалищ.

При уважному розгляді проблема відходів представляється складнішою, ніж просто нестача місця для нових звалищ. Місць для нових звалищ завжди не вистачало: за свідченням журналу *Waste*, ще в 1889 році американський федеральний чиновник скаржився що "сміття стає нікуди викидати, і скоро ми повинні будемо придумати новий метод позбавлятися від нього". В той же час звалища займають не так вже багато місця, принаймні, в географічному масштабі: наприклад, усі побутові відходи вироблювані в Росії сучасними темпами протягом 500 років, можна було б умістити на майданчику 20 на 30 км при товщині шару сміття всього в 25 метрів.

Таким чином "фізичний" вимір проблеми ТПВ - не лише не єдине, але навіть і не найважливіше. Існують інші взаємозв'язані аспекти цієї проблеми, які роблять її насущною саме у наш час:

#### Об'єм ТПВ

- безперервно зростає як в абсолютних величинах, так і на душу населення;

#### Склад ТПВ

- різко ускладнюється, включаючи усю більшу кількість екологічно небезпечних компонентів;

#### Відношення населення

- до традиційних методів звалювання сміття на звалища стає різко негативним;

#### Закони

- посилюючі правила поводження з відходами, приймаються на усіх рівнях уряду;

#### Нові технології

- утилізації відходів, у тому числі сучасні системи розподілу сміттєспалювальні заводи-електростанції і санітарні полігони поховання, усе більш широко впроваджуються в життя;

#### Економіка

- управління відходами ускладнюється. Ціни утилізації відходів різко зростають. Сучасне управління відходами неможливо представити без приватних підприємств і великих інвестицій.

Усі ці аспекти проблеми зав'язані у вузол, який затягувався в розвинених країнах упродовж останніх 20-30 років все тугіше і тугіше.

Традиційно побутові відходи вивозилися на звалища, розташовані поблизу населених пунктів, і що працюють за рахунок муніципальних бюджетів. З часом внаслідок постійної загрози здоров'ю населення, що виходила від звалищ (отруєння ґрунтових вод, розмноження переносників захворювань, неприємний запах, дим від частих самозаймань), в багатьох країнах стали приймати суворіші правила їх розміщення, конструкції і експлуатації. Негативне відношення населення і нові стандарти робили відкриття нових звалищ (чи "полігонів по похованню ТПВ", як вони стали іменуватися) усе більш складною справою.

В цей час якраз і заговорили про раніше згадувану кризу звалищ. Хоча криза звалищ - це проблема, швидше "політична", чим "фізична", проте, незалежно від того, чи є нестача місця "реальною" або такою, що "здається" будівництво нових полігонів в певний момент різко дорожчає: в США, наприклад, тільки отримання ліцензії на будівництво полігону (ще до того як куплена ділянка) може обійтися в \$500,000.

Ситуацію не змінила поява на початку 80-х років сміттєспалювальних заводів (СЗ) "нового покоління" (забезпечених високотехнологічними пристроями очищення викидів). СЗ, подібно до звалищ були зустрінуті населенням в багнети із-за боязні діоксину і інших забрудників повітря, а також із-за невирішеності проблем з похованням токсичної золи, що утворюється при



спалюванні ТПВ. Знаходити майданчики СЗ виявилось анітрохи не легше, ніж для полігонів, а собівартість спалювання відходів навіть в таких густонаселених країнах, як Голландія, виявляється анітрохи не нижче, ніж собівартість закапування їх в землю (Рис. 3.2). У країнах з розвиненим екологічним законодавством до половини капітальних витрат при будівництві СЗ йде на установку повітроочисних систем. До 1/3 експлуатаційних витрат СЗ йде на плату за поховання золи, що утворюється при спалюванні сміття яка є набагато більш екологічно небезпечною речовиною, чим ТПВ самі по собі.

Закапувать дешевле

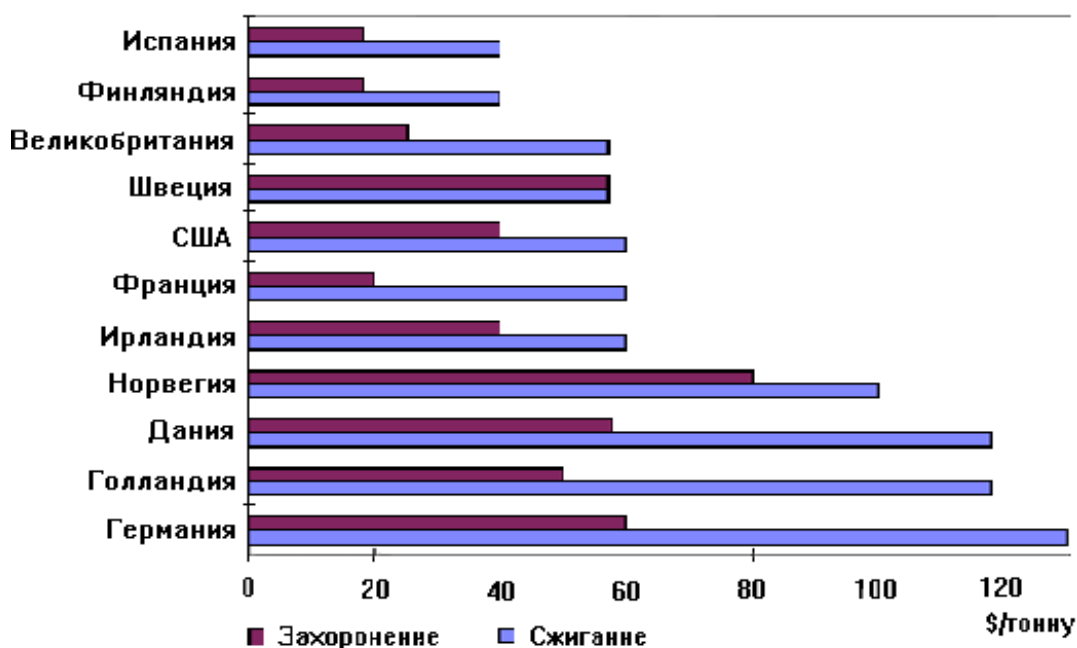


Рис. 3.2 – Вартість спалювання відходів і захоронення на полігонах

Коли вартість (а значить, і ціна) утилізації відходів значно зростає, ринок утилізації починає притягати великі приватні компанії. Такі компанії в основному будують і експлуатують гігантські "сміттеутилізуючі" підприємства, розміщені на дешевій землі далеко від міст, де виробляється найбільша кількість ТПВ.

Будівництво таких підприємств зазвичай зустрічає набагато більшу ворожість місцевого населення, чим будівництво муніципальних звалищ, оскільки ніхто не хоче мати під боком звалище "чужого сміття" з метрополії. Крім того, звалище, що належить приватній компанії сприймається населенням, як правило, більш вороже, ніж муніципальне звалище тих же розмірів, розташоване в тому ж місці. Під тиском громадськості політики наполягають на прийнятті жорсткіших стандартів що у свою чергу збільшує вартість утилізації відходів. Це призводить до того, що уся більша кількість відходів потрапляє до рук великих корпорацій, що мають не лише фінансові кошти виконати жорсткі екологічні стандарти але і можливість здолати (не завжди законними засобами) опір місцевих політиків при вирішенні питання про розміщення звалища. Ворожість населення до величезних корпорацій росте і ми

попадаємо у вихідну точку порочного круга вузол "сміттевої кризи" зтягується ще сильніше (Рис.3.3).



Рис. 3.3 – Замкнене коло "сміттевої кризи"

В результаті ми можемо виділити плюси і мінуси вищезазначених способів утилізації:

Таблиця 3.3 – Складування відходів

Переваги	Недоліки
1. Не вимагає постійних і великих капіталовкладень.	1. Витрати на боротьбу з наслідками згубного впливу звалищ, тобто на охорону природи, охорону здоров'я, у багато разів перевищують витрати на будівництво заводів по переробці ТПВ.
2. Місця складування відходів можуть не оновлюватися десятиліттями	2. Під усі звалища, що розростаються, йдуть нові величезні території. Кількість звалищ безперервно збільшується.

<p>3. Дозволяють одноразово позбавитися від великої кількості ТПВ або промислових відходів</p>	<p>3. ТПВ, що розкладаються на звалищах і промислові відходи проникають в ґрунт, тим самим, заражаючи її. Отруйні випари забруднюють повітря. Залишки ТПВ, що потрапляють у водоймища, згубно позначаються на стані води шкодять флорі і фауні цих водоймищ. Усі ці наслідки негативно впливають на здоров'я людини, порушують обмінні процеси в природі</p>
<p>4. Результати руйнівного впливу звалищ на природу не видно відразу.</p>	<p>4. Наслідки руйнівного впливу звалищ на природу можуть виявитися безповоротними в майбутньому.</p>

Таблиця 3.4 – Поховання відходів

Переваги	Недоліки
<p>1. Дозволяє забути про проблему утилізації відходів. Створюється видимість - якщо закопати ТПВ, то вони зникнуть.</p>	<p>1. Відходи, що знаходяться в ґрунті, отруюють її, потрапляючи через підземні води у водоймища, представляють величезну небезпеку для людини і тварин.</p>
<p>2. Не вимагаються нові величезні території.</p>	<p>2. Підземні звалища не помітні, на перший погляд, але на поверхні землі над ними ґрунт отруєний і розпушений, вона не придатна ні для будівництва, ні для землеробства, ні для випасу худоби. Більше того з поверхні ґрунтів над звалищами часто випаровуються їдкі токсичні речовини.</p>
<p>3. Не вимагає постійних і великих капіталовкладень.</p>	<p>3. Витрати на боротьбу з наслідками згубного впливу поховань відходів, тобто на охорону природи, охорону здоров'я у багато разів перевищують витрати на будівництво заводів по переробці ТПВ.</p>

Лектор 1:

Таблиця 3.5 – Зливання відходів в водоймища

Переваги	Недоліки
1. Не вимагає великих одноразових капіталовкладень	1. Витрати на очищення води, фільтрацію; збиток риболовецької промисловості, водному транспорту у багато разів перевищують витрати на будівництво заводів по переробці і утилізації ТПВ.
2. Злиті відходи швидко поширюються по поверхні води, швидко осідають на дно, розчиняються, створюючи видимість чистоти.	2. По поверхні води, по дну водоймищ продукти розкладання відходів поширюються на величезні відстані, отруюючи акваторію роблячи її непридатною для життя риб, для використання в промисловості. Розчинені у воді їдкі, а іноді і токсичні відходи у край небезпечні для тварин і людини.
3. При блокуванні місць зливу відходів, отруйні речовини поширюються не відразу і не помітно.	3. Блокування місць зливу відходів вселяє людям спокій, притуплює пильність, це призводить до того, що поширенню отруйних речовин ніхто не перешкоджає.

Таблиця 3.6 – Спалювання сміття

Переваги	Недоліки
1. Дозволяє одноразово позбавитися від великої кількості сміття.	1. Отруйні гази, що викидаються в атмосферу з димом, провокують важкі захворювання у людей, сприяють утворенню озонових дір.
2. Зручно у великих містах і на великих підприємствах оскільки дозволяє позбавлятися від відходів у міру їх вступу.	2. Із-за постійних викидів диму в атмосферу над містами і підприємствами утворюються щільні димові завіси.
	3. Після спалювання відходів залишається отруйний попіл, який, згодом теж доводиться утилізувати одним з вище перерахованих способів.

### *Лектор 2:*

Не дивлячись, на усі перераховані вище способи утилізації, існує ще один спосіб - це вторинна переробка. Причому я вважаю цей спосіб найбільш ефективним, оскільки він є не лише екологічно чистим, але і ресурсозберігаючим. Як доказ я наведу приклад вторинної переробки поліетилену в Японії.

Компанія "Нэгдю Санге" в Японії з початку 80-х років почала виробляти із старих поліетиленотерефталатових виробів (ПЕТ) поліефірні волокна. Процес вторинного використання ПЕТ нескінченний. Виготовивши одного дня з відходів ПЕТ - килимок, його після зносу можна переробити в килимове покриття для багажників автомобілів, і так далі. Японська фірма "Мидзуно" з вторинного поліефіру (зміст більше 50%) виробляє спортивний одяг для школярів, кросівки з штучної шкіри (40% вторинного поліефіру).

Фірма "Гундзэ" з ефірного матеріалу виробляє скатертини, кухонні рукавиці, ковпачки для чайників, рогожі, підставки і так далі. Компанія "Одзаки Седзи" з пряжі, що складається з 70% поліефіру і 30% шерсті, виготовляє шкільну форму причому на виготовлення дорослого комплексу форми йде близько 15 пластикових пляшок. Корпорація "Лайон Офіс Профктс" пішла далі - вона виробляє тканинні покриття і матеріал подушок для офісних стільців, полиці для тек і книг із стовідсотково вторинної пластмаси. Причому стільці легко розбираються, і більшість їх деталей можна використовувати повторно.

Але повторно переробляти можна не лише поліетилен. Так повторно можна використовувати скло, металобрухт і ті ж харчові відходи.

Тому, в моєму баченні найбільш кращим способом утилізації є вторинне використання.

## **3.6 Проблема ТПВ та їх утилізація в Запоріжжі**

### *Лектор 1:*

Все сміття, яке накопичується в Запоріжжі, буде складуватися на єдиному в місті полігоні на селищі Леваневського. Закриття полігону на Нікопольському повороті максимально загострює питання: «Що робити з побутовими відходами в Запоріжжі?» Кожен рік запорожці викидають в сміття до 360 тон твердих побутових відходів. І ця цифра постійно підвищується. До останнього часу все запорізьке сміття розміщалося на двох полігонах, але ресурс полігону на Нікопольському повороті вичерпаний і з 10 лютого 2007 р. рішенням виконкому він закритий. Це максимально загострює проблему вивезення і складування побутових відходів в Запоріжжі. Проблема сміття усе більш хвилює і екологів, і міську владу.

На полігон вивозяться:

- Відходи від прибирання територій і приміщень учбово-виховних установ;
- Відходи від території культурно-спортивних споруд;
- Відходи від території і приміщень об'єктів оптово-роздрібної торгівлі продовольчими товарами;

- Відходи від жителів (великогабаритні);
- Зола і шлаки від спалювання вугілля (неорганічні з'єднання із вмістом SiO<sub>2</sub>);
- Відходи суччя і гілок лісорозробок;
- Кошторисів вуличний;
- Несортоване сміття від побутових приміщень, організацій;
- Сміття будівельне від розробки будівель;
- Відходи при механічному очищенні стічних вод;
- Відходи від жителів несортовані (овочеві залишки - 34%, папір - 10%, тканина - 8%);
- Пісок, забруднений мазутом (зміст <15%).

"За офіційними даними, зараз в обласному центрі більше 1 млн. тонн сміття", що не утилізовано, - говорять в прес-службі, відмітивши, що згідно з розрахунками фахівців "для будівництва сміття переробного заводу в Запоріжжі потрібно близько 30 млн. євро".

Нині збирається необхідна для будівництва документація.

Так, за даними прес-служби вже отриманий дозвіл Антимонопольного комітету України на організацію підприємства, яке виконуватиме будівництво заводу збір і переробку сміття на території Запоріжжя.

АМКУ дав дозвіл на створення ТОВ "Ремондіс Запоріжжя", яке здійснюватиме діяльність по придбанню, транспортуванню, обробці, вторинній переробці і утилізації відходів будь-якого виду. У створенні нового ТПВ братимуть участь 4 компанії: запорізькі "Ольф" і "Комунсантрансекологія", київська "Україна" і "Ремондіс" Інтернаціонал ГМБХ (Люнен, Німеччина), - заявили в прес-службі.

За заявою директора комунального підприємства "Комунсантрансекологія" Андрія Козака, програмою розвитку спільного підприємства на 2008 рік передбачені придбання 3 тис. контейнерів для роздільного збору сміття, спеціалізованих автомобілів для його вивезення придбання і установка промислових ліній по сортуванню і похованню відходів.

"Так само планується придбати як мінімум дві сміття розподільні лінії. Одна з них буде встановлена на діючому полігоні побутових відходів площею 47 га. Лінія дозволить відсортовувати папір, шерсть, скло. Ці матеріали згодом поступатимуть на переробку. Другу лінію планують встановити на новому полігоні. Про виділення під нього ділянки землі міськвиконком веде переговори з депутатами обласної ради" - сказав Козак.

До відома, ТОВ "Ольф ЛТД" (Запоріжжя) виконує переробку твердих відходів, металів і сировини; комунальне автотранспортне підприємство "Комунсантрансекологія" (Запоріжжя) виробляє вивезення твердих побутових відходів в обласному центрі з комунального житлового фонду; ТОВ "Ремондіс Україна" (Київ) не здійснювало господарської діяльності з моменту створення; компанія "Ремондіс Інтернаціонал ГМБХ" (Люнен, Німеччина) здійснює діяльність по придбанню, транспортуванню обробці вторинної переробки і утилізації відходів будь-якого виду.

### 3. 7 ВИСНОВОК

Лектор 2:

Зараз проблема побутових відходів є однією з найголовніших проблем у світі. З кожним роком відходів стає все більше і більше. Склад їх ускладнюється, отже, збільшується токсичність таких відходів. Але головною проблемою є не збільшення кількості відходів і не підвищення їх токсичності, головною проблемою є розміщення побутових відходів, простіше кажучи, проблема полягає в звалищах і в їх розміщенні. В результаті цього у світі гостро постало питання про "кризу звалищ", яка полягає у відсутності землі під складування відходів. Так само проблеми ТПВ існують і в Запоріжжі. Причому найважливішою проблемою тут стає проблема несанкціонованих звалищ.

Щоб якось розв'язати цю проблему, люди стали вигадувати різні способи утилізації відходів, наприклад такі, як спалювання сміття на сміттєспалювальних заводах (МСЗ), зливання відходів у водоймища, поховання сміття і багато інших. Але кожен з цих видів утилізації має свої недоліки. Наприклад: спалюючи сміття, в результаті ми отримуємо великий викид діоксину в атмосферу і декілька кілограм високотоксичної золи, а, зливаючи сміття у водоканали, ми забруднюємо воду. Внаслідок цього, ми вважаємо що найприйнятніший спосіб утилізації - вторинне використання, яке допомагає не лише зменшувати кількість сміття, але і зберігати ресурси.

Тому, на наш погляд, людству належить прийняти ще безліч рішень, пов'язаних з цією темою. І в найближчому майбутньому йому треба прагнути не до створення техніки, яка стане кращим другом людини, а до створення такого способу утилізації, при якому відходів існувати взагалі не буде. Та і нам усім потрібно більше прагнути не до дружби з технікою, а до дружби з природою. Адже штучне легко створити, а ось природне іноді так складно зберегти.

#### Питання для самоконтролю

1. Характеристика основних типів побутового сміття.
2. Розкрийте поняття «управління відходами».
3. Розкрийте стан проблеми ТПВ в Україні.
4. Методи утилізації ТПВ.
5. Проблеми утилізації ТПВ.
6. Утилізація ТПВ в Запоріжжі.

#### Список використаної літератури

1. Дрейер А.А., Сачков А.Н., Никольский К. С., Маринин Ю. И., Миронов А. В. Твердые промышленные и бытовые отходы, их свойства и переработка. - М.: Экология городов, 2007. – 97 с.

2. С.А. Алексеев, Что такое ЦТЗ // Экологический бюллетень "Чистая земля", спец. выпуск. – 2003. - №1. – С. 1-5.

3. В. Ульянов О существующих методах обезвреживания твердых бытовых отходов // Экологический бюллетень "Чистая земля", Владимир, спец. выпуск. – 2004. – №1. – С. 22-27.

4. Л. Штарке, Использование промышленных и бытовых отходов пластмасс. – Л.: Химия, 2001. – С.30-33.

5. [www.greenpeace.ru](http://www.greenpeace.ru)

6. [www.ecolife.ru](http://www.ecolife.ru)

## **Лекція – консультація “Термічне знешкодження рідких промислових відходів”**

### **План**

4.1 Основні поняття відходів

4.1.1 Класифікація відходів промисловості

4.2 Термічне знешкодження токсичних промислових відходів

4.2.1 Рідиннофазне окиснення

4.2.2 Гетерогенний каталіз

4.2.3 Піроліз промислових відходів

4.2.3.1 Окисний піроліз

4.2.3.2 Сухий піроліз

4.2.4 Вогнева переробка

4.2.5 Переробка і знешкодження відходів з застосуванням плазми

4.3 Висновки

Лекція консультація майже не відрізняється від лекції прес-конференції. Після доповіді задають питання.

### **4.1 Основні визначення відходів**

Відходами називають продукти діяльності людини у побуті, на транспорті, в промисловості, які використовуються або які можуть бути реально чи потенційно використані як в інших галузях господарства або в ході регенерації. Відходами виробництва є залишки матеріалів, сировини, напівфабрикатів, що утворилися в процесі виготовлення продукції і втратили повністю або частково свої корисні фізичні властивості. Відходами виробництва можуть вважатися продукти, що утворилися в результаті фізико-хімічної переробки сировини, видобутку і збагачення корисних копалин, отримання яких не є метою даного виробництва. Відходи споживання - непридатні для подальшого використання за прямим призначенням та списані в установленому порядку машини, інструменти, побутові вироби.

За можливостями використання, розрізняються перероблювані і не утилізовані відходи. Для перших існує технологія переробки і залучення у господарський обіг, для других в даний час відсутня.



### 4.1.1 Класифікація відходів промисловості

Промислові відходи найчастіше є хімічно неоднорідними, складними полікомпонентними сумішами речовини, з різними хіміко-фізичними властивостями, представляють токсичну, хімічну, біологічну, корозійну, вогне- і вибухонебезпечність. Існує класифікація відходів за їх хімічної природи, технологічними ознаками утворення, можливості подальшої переробки та використання.

1. Надзвичайно небезпечні. Відходи, що містять ртуть та її сполуки, в тому числі сулему ( $\text{HgCl}_2$ ), хромовоокислий і ціаністий калій, сполуки сурми, в тому числі  $\text{SbCl}_3$  - трихлорну сурму, бензапірен.

2. Високонебезпечні. Відходи, що містять хлористу мідь, що містять сульфат міді, шавлевокислу мідь, трьохокисну сурму, сполуки свинцю.

3. Помірно небезпечні. Відходи, що містять оксиди свинцю ( $\text{PbO}$ ,  $\text{PbO}_2$ ,  $\text{Pb}_3\text{O}_4$ ), хлорид нікелю, чотирихлористий вуглець.

При гострому травленні хлоридом нікелю ( $\text{NiCl}_2$ ) виникає збудження, пригнічення; почервоніння слизових оболонок і шкіри; пронос. Тривала дія викликає зниження числа еритроцитів, але багатьма тваринами це переноситься не дуже болісно.

4. Малонебезпечні. Відходи, що містять сульфат магнію, фосфати, сполуки цинку, відходи збагачені корисними копалинами флотаційним способом із застосуванням амінів.

## 4.2 Термічне знешкодження токсичних промислових відходів

На сучасному етапі відкривається все більше можливостей істотно скоротити кількість не утилізованих відходів, які мають складний хімічний склад, і, як правило, їх переробка в корисні продукти або вельми скрутна на сучасному етапі, або економічно недоцільна.

### 4.2.1. Рідиннофазне окиснення

Рідиннофазне окиснення токсичних відходів виробництва використовується для знешкодження рідких відходів та осадів стічних вод. Суть його полягає в окисненні киснем органічних та елементоорганічних домішок стічних вод при температурі 150 - 350 ° С і при тиску 2 - 28 МПа.

Інтенсивність окислення в рідкій фазі сприяє висока концентрація розчиненого у воді кисню, значно зростає при високому тиску. У залежності від тиску, температури, кількості домішок і кисню, тривалості процесу органічні речовини окислюються з утворенням органічних кислот (в основному  $\text{CH}_3\text{COOH}$  і  $\text{HCOOH}$ ) або з утворенням  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  і  $\text{N}_2$ .

Елементорганічні сполуки в лужному середовищі окислюються з утворенням водних розчинів хлоридів, бромідів, фосфатів, нітратів і оксидів

металів, а при окисленні азотовмісних речовин, крім нітратів, утворюється значна кількість амонійного азоту.

Для рідинноплазменного окислення потрібно менше енергетичних витрат, ніж для інших методів, але воно є більш дорогим. Крім цього до недоліків методу відноситься висока корозійність процесу, утворення накипу на поверхні нагрівання, неповне окислення деяких речовин, неможливість окислення стічних вод з високою теплоотоємністю згорання.

Застосування методу доцільно при первинній переробці відходів.

#### 4.2.2 Гетерогенний каталіз

Метод застосовується для знешкодження газоподібних і рідких відходів. Існують три різновиди гетерогенного каталізу промислових відходів.

Термокаталітичне окислення можна використовувати для знешкодження газоподібних відходів з низьким вмістом горючих домішок. Процес окислення на каталізаторах здійснюється при температурах менших, ніж температура самозаймання горючих складових газу. У залежності від природи домішок і активності каталізаторів окислення відбувається при температурі 250 - 400 ° С і в установках різних розмірів.

У термокаталітичних реакторах успішно окислюються СО, Н<sub>2</sub>, вуглеводні, NH<sub>3</sub>, феноли, альдегіди, кетони, пари смол, канцерогенні та інші з'єднання з утворенням СО<sub>2</sub>, Н<sub>2</sub>О, N<sub>2</sub>. Ступінь окислення шкідливих речовин 98 - 99.9%. Для збільшення питомої поверхні каталізації використовується пористі керамічні пристрої з Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> і оксидів інших металів, які теж володіють каталітичною активністю.

Сучасні промислові каталізатори глибокого окислення при температурі до 600 - 800 ° С не слід застосовувати при великому вмісту пилу і водяної пари. Непридатний метод і для переробки відходів, що містять висококиплячі і високомолекулярні сполуки, внаслідок неповноти окислення і забивання поверхні каталізаторів. Не можна застосовувати термокаталітичне окислення при наявності у відходах навіть у невеликих кількостях Р, Рb, As, Hg, S, галогенів та їх сполук, так як це призводить до дезактивації і руйнування каталізаторів.

Термокаталітичне відновлення використовується для знешкодження газоподібних відходів, що включають у себе нітрозні гази - містять NO<sub>x</sub>.

Профазне каталітичне окислення, яке застосовується для перекладу органічних домішок стічних вод на парогазову фазу з подальшим окисленням киснем. При вмісті в стічних водах неорганічних і нелетких речовин можливо доповнення даного процесу вогневим методом або іншими видами знешкодження відходів.

У цілому методи гетерогенного каталізу недоцільно використовувати в якості самостійного способу знешкодження токсичних відходів, а тільки як окрему щабель у загальному, технологічному циклі.

### 4.2.3 Піроліз промислових відходів

Існує два різних типи піролізу токсичних промислових відходів.

#### 4.2.3.1 Окисний піроліз

Окислювальний піроліз - процес термічного розкладання промислових відходів при їх частковому спалюванні чи безпосередньому контакті з продуктами згоряння палива. Даний метод можна застосовувати для знешкодження багатьох відходів, у тому числі «незручних» для спалювання чи газифікації: в'язких, пастоподібних відходів, вологих опадів, пластмас, шламів з великим вмістом золи, забруднену мазутом, маслом та іншими сполуками землю, сильно запилених відходів.

Метод окислювального піролізу є перспективним напрямом ліквідації твердих промислових відходів і стічних вод.

#### 4.2.3.2 Сухий піроліз

Це метод термічної обробки відходів забезпечує їх високоефективне знезараження і використання в якості палива і хімічної сировини, що сприяє створенню маловідходних і безвідходних технологій і раціонального використання природних ресурсів.

Сухий піроліз - процес термічного розкладання без доступу кисню. У результаті утворюється піролізний газ з високою теплою згоряння, рідкий продукт і твердий вуглеводневий залишок.

У залежності від температури, при якій протікає піроліз, розрізняють:

1. Низькотемпературний піроліз чи напівкоксування (450 - 550 ° C). Даному виду піролізу характерні максимальний вихід рідких і твердих (напівкокс) залишків і мінімальний вихід піролізного газу з максимальною теплою згоряння. Метод підходить для отримання первинної смоли - цінного рідкого палива, і для переробки некондиційного каучуку в мономери, які є сировиною для вторинного створення каучуку. Напівкокс можна використовувати в якості енергетичного і побутового палива.

2. Середньотемпературний піроліз чи середньотемпературне коксування (до 800 ° C) дає вихід більшої кількості газу з меншою теплою згоряння і меншої кількості рідкого залишку та коксу.

3. Високотемпературний піроліз або коксування (900 - 1050 ° C). Тут спостерігається мінімальний вихід рідких і твердих продуктів і максимальне вироблення газу з мінімальною теплою згоряння - високоякісного пального, придатного для далеких перевезень, що утворюється у результаті зменшення кількості смоли і вмісту у ньому цінних легких фракцій.

Метод сухого піролізу одержує все більше поширення і є одним із найбільш перспективних способів утилізації твердих органічних відходів і

виділення цінних компонентів з них на сучасному етапі розвитку науки і техніки.

#### 4.2.4 Вогнева переробка

В основу вогневого методу покладено процес високотемпературного розкладу та окислення токсичних компонентів відходів з вмістом практично нетоксичних чи малотоксичних димових газів і золи. З використанням даного методу можливе отримання цінних продуктів: відбілюючої землі, активованого вугілля, вапна, соди та інших матеріалів. У залежності від хімічного складу відходів димові гази можуть містити  $SO_x$ , P,  $N_2$ ,  $H_2SO_4$ , HCl, солі лужних і лужноземельних елементів, інертні гази.

Вогневий метод переробки токсичних промислових відходів класифікується в залежності від типу відходів та способами знешкодження:

1. Спалювання відходів, здатних горіти самостійно - найбільш простий спосіб; горіння відбувається при температурах не нижче  $1200 - 1300^\circ C$ . (слід зазначити, що даний спосіб не є доцільним зважаючи на деякі цінності горючих відходів та можливості їх використання в даний час або в майбутньому.

2. Вогнево-окислювальний метод знешкодження негорючих відходів - складний фізико-хімічний процес, що складається з різних фізичних і хімічних стадій. Вогняне окислення застосовано більшою мірою по відношенню до твердих і пастоподібних відходів.

3. Вогнево-відновлювальний метод використовується для знищення токсичних відходів без отримання будь-яких побічних продуктів, придатних для подальшого використання як сировини або товарних продуктів. У результаті утворюються нешкідливі димові гази і стерильний шлак, що скидається у відвал. Так можна знешкоджувати газоподібні і тверді викиди, побутові відходи та деякі інші.

4. Вогнева регенерація призначена для вилучення з відходів будь-якого виробництва реагентів, що використовуються у цьому виробництві, або відновлення властивостей відпрацьованих реагентів або матеріалів. Цей різновид вогневого знешкодження забезпечує не тільки природоохоронні, а й ресурсозберігаючі цілі.

Для досягнення необхідної санітарно-гігієнічної повноти знешкодження відходів необхідне, як правило, експериментальне визначення оптимальних температур, тривалості процесу, коефіцієнта надлишку кисню в камері горіння, рівномірності подачі відходів, палива і кисню. Перебіг процесу знешкодження в неоптимальних умовах призводить до появи компонентів у продуктах згорання і, в першу чергу, у димових газах.

При спалюванні на звалищах пластмас, синтетичних волокон, хлоровуглеводнів в димових газах можуть утворюватися токсичні речовини: CO, бензапірен, фосген, діоксини.

#### 4.2.5 Переробка і знешкодження відходів із застосуванням плазми

Для отримання високого ступеня розкладання токсичних відходів, особливо які містять у своєму складі галогени, конструкція печі повинна забезпечувати необхідну тривалість перебування в зоні горіння, ретельне змішання при певній температурі вихідних реагентів з киснем, кількість якого також регулюється. Для придушення вмісту галогенів і повного їх переведення в галогеноводень потрібен надлишок води і мінімум кисню, останнє викликає утворення великої кількості сажі. При розкладанні хлорорганічних продуктів зниження температури веде до утворення високотоксичних і стійких речовин - діоксинів. Як стверджує автор роботи, недоліки вогневого спалювання стимулювали пошук ефективних технологій знешкодження токсичних відходів.

Застосування низькотемпературної плазми - один з перспективних напрямків у галузі утилізації небезпечних відходів. За допомогою плазми досягається висока ступінь знешкодження відходів хімічної промисловості, в тому числі речовин, що містяться в галоген органічних сполуках, медичних установ; ведеться переробка твердих, пастоподібних, рідких, газоподібних; органічних і неорганічних; побутових; канцерогенних речовин, на які встановлено жорсткі норми ГДК в повітрі, воді, ґрунті.

Плазмовий метод може використовуватися для знешкодження відходів двома шляхами:

- Плазмохімічна ліквідація особливо небезпечних високотоксичних відходів;

- Плазмохімічна переробка відходів з метою одержання товарної продукції.

Найбільш ефективний плазмовий метод при деструкції вуглеводнів з утворенням  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{CH}_4$ . Безвідходний плазмовий нагрів твердих і рідких вуглеводнів призводить до утворення цінного газового напівфабрикату в основному водню та оксиду вуглецю - синтез-газ - і розплавів суміші шлаків, що не представляють шкоди навколишньому середовищу при похованні в землю, а синтез-газ можна використовувати як джерела пари на ТЕС чи виробництві метанолу, штучного рідкого палива. Крім цього, шляхом піролізу відходів можливе отримання хлористого і фтористого водню, хлористих і фтористих УВ, етанолу, ацетилену. Ступінь розкладання в плазмотроні таких особливо токсичних речовин як поліхлорбіфеніли, метилбромід, фенілртутьацетат, хлоро- і фторовмісні пестициди, поліароматичні барвники досягає 99.9998% з утворенням  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{HF}$ ,  $\text{P}_4\text{O}_{10}$ .

Розкладання відходів відбувається за такими технологічними схемами:

- Конверсія відходів у повітряному середовищі;
- Конверсія відходів у водному середовищі;
- Конверсія відходів у пароповітряному середовищі;
- Піроліз відходів при малих концентраціях.

Вибір того чи іншого способу переробки, можливість варіацій за кількісним співвідношенням реагентів дозволяють оптимізувати роботу установки для широкого спектру відходів за їх хімічним складом.

Існують найрізноманітніші модифікації плазмотронних установок, принцип їх конструкції та порядку роботи полягає в наступному: основний технологічний процес відбувається в камері, всередині якої знаходяться два електроди (катод і анод), зазвичай з міді, іноді порожнисті. У камеру під певним тиском, у заздалегідь встановлених кількостях надходять відходи, кисень і паливо, може додаватися водяна пара. У камері підтримується постійний тиск і температура. Можливе застосування каталізаторів. Існує анаеробний варіант роботи установки. При переробці відходів плазмовим методом у відновлювальному середовищі можливе одержання цінних товарних продуктів: наприклад, з рідких хлорорганічних відходів можна отримувати ацетилен, етилен, HCl і продукти на їх основі. У водневому плазмотроні, обробляючи фтор-, хлорорганічні відходи, можна отримати газу, що містять 95 - 98% за масою HCl і HF.

### 4.3 Висновки

Підводячи підсумок всьому вищесказаному, можна сказати, що незважаючи на тривалість вивчення цієї проблеми, утилізація і переробка відходів промисловості, як і раніше не ведеться на належному рівні.

Гострота проблеми, незважаючи на достатню кількість шляхів рішення, визначається збільшенням рівня утворення і накопичення промислових відходів. Зусилля зарубіжних країн направлені, перш за все, на попередження та мінімізацію утворення відходів, а потім на їх рециркуляцію, вторинне використання і розробку ефективних методів остаточної переробки, знешкодження і остаточного видалення, а поховання лише відходів, що не забруднюють навколишнє середовище. Всі ці заходи, безперечно, зменшують рівень негативного впливу відходів промисловості на природу, але не вирішують проблему прогресуючого їх накопичення в навколишньому середовищі і, отже, наростаючої небезпеки проникнення в біосферу шкідливих речовин під впливом техногенних та природних процесів. Різноманітність продукції, яка за сучасного розвитку науки і техніки може бути безвідходною отримана і спожита, досить обмежена, досяжна тільки ряду технологічних ланцюгів і тільки високорентабельними галузями і виробничими об'єднаннями.

### Питання для самоконтролю

1. Що таке термічне знешкодження токсичних промислових відходів?
2. Що представляє собою рідиннофазне окиснення токсичних відходів виробництва?
3. Охарактеризуйте різновиди гетерогенного каталізу промислових відходів.
4. Окисний піроліз.
5. Сухий піроліз.
6. Вогнева переробка відходів.

7. Переробка і знешкодження відходів із застосуванням плазми.

### Список використаної літератури

1. Безотходная технология // Новое в жизни, науке, технике. – М.: Знание, 1983. – №11 – 386 с.
2. Бернадинер М.Н., Шурыгин А.П. Огневая переработка и обезвреживание промышленных отходов. – М.: Химия, 1990. – 420 с.
3. Дмитриев В.И., Коршунов Н.Н., Соловьев Н.И. Термическое обезвреживание отходов хлорорганических производств // Химическая технология. – 2006. – №5 – 280 с.
4. Крапивина С.А. Плазмохимические технологические процессы. – Л.: Химия, 1981. – 290 с.

### Бінарна лекція “Токсичні відходи. Сучасний приклад”

#### План

- 5.1 Токсичні відходи
- 5.2 Сучасний приклад
- 5.3 Візуалізація
- 5.4 Висновки

При підготовці лекції були застосовані сучасні педагогічні технології. Були використані елементи декількох видів проведення лекцій; лекцію проводять одразу два лектори (елемент проведення бінарної лекції), також проводиться часткова візуалізація лекційного матеріалу (лекція візуалізація), застосовується метод актуалізації роботи за рахунок сучасного приклада.

#### Лектор 1:

#### 5.1 Токсичні відходи

Кількість підприємств, на яких фіксуються токсичні відходи, перевищує 2500. Загальний обсяг накопичення токсичних відходів становить 4,4 мільярда тонн, а поточні витрати на їх видалення і зберігання - близько 120 мільйонів гривень у 1995 році і близько 361 мільйона гривень у 1998 році.

Залежно від кількості накопичення обсягів токсичних відходів на окремих територіях країни питання поводження з ними вирішується на таких рівнях:

- загальнодержавному;
- регіональному;
- місцевому (об'єктному).

За обсягами утворення домінують токсичні відходи, які містять важкі метали (хром, свинець, нікель, кадмій, ртуть). Переважно це відходи підприємств чорної і кольорової металургії, хімічної промисловості, машинобудування (гальванічні виробництва).

Окрему групу токсичних відходів становлять непридатні до використання та заборонені до застосування хімічні засоби захисту рослин (далі - непридатні ХЗЗР). За даними офіційної статистики, кількість цих відходів, накопичених в Україні, становить близько 13,5 тисячі тон. Вони зосереджені по всій території України, нерідко знаходяться у непристосованих і випадкових приміщеннях, а подекуди просто неба. Нараховується 109 складів централізованого зберігання токсичних відходів, що перебувають у віданні місцевих державних адміністрацій, та близько 5000 складів у сільськогосподарських підприємствах.

Значна частина об'єктів, де зберігаються токсичні відходи, дуже небезпечна для навколишнього природного середовища внаслідок міграції токсичних компонентів шляхом інфільтрації в підземні і поверхневі води, рознесення вітром, тваринами і діяльністю людини.

Нараховується близько 300 накопичувачів токсичних відходів, які побудовані без належного технічного захисту і стали джерелом екологічної небезпеки регіонального масштабу. Обладнані сховища для зберігання токсичних відходів і установки для їх знешкодження та регенерації створено лише на окремих підприємствах, що практично не впливає на загальну ситуацію [1].

*Студентам Лектор 2 пропонує згадати, що вони чули про трагедію в Угорщині, яка відбулась 4 жовтня, потім він починає розповідь:*

## 5.2 Сучасний приклад



4 жовтня на великому підприємстві компанії Ajkai Timfoldgyar Zrt з виробництва алюмінію в 160 кілометрах на захід від Будапешта стався вибух, у результаті чого було зруйновано греблю резервуара з отруйними відходами - так званим "червоним шламом" [ Червоний шлам - це осад, що утворюється при виробництві глинозему, він містить великий відсоток оксиду заліза. Червоний шлам сам по собі не є отруйним, і небезпеки для здоров'я і екології не несе. Однак у виробництві глинозему застосовується лужний розчин, і саме він несе небезпеку. Луг викликає опіки шкіри, слизових оболонок. Важкі метали, що



містяться у шламi, ведуть до зниження інтелектуального розвитку, уваги і вміння зосередитися у дітей; у дорослих - до підвищення артеріального тиску, оніміння або поколювання в кінцівках, м'язовим болям, головних болів, болів у животі, зниження пам'яті і імунітету, недокрів'я, ураження печінки та нирок]. За даними рятувальників, у результаті вибуху з резервуара вилилося приблизно 1,1 мільйона кубометрів токсичних речовин. Жертвами аварії стали четверо людей, в тому числі дитина, близько 120 людей отримали травми і хімічні опіки, сотні людей евакуйовано.

У трьох областях, охоплених розливом відходів (Веспрем, Ваш і Дьйор-Мошон-Шопрон), було оголошено надзвичайний стан. У населеному пункті Девечер (Devecser) затоплено близько 400 будинків, вулиці Колонтарь (Kolontar) виявилися покритими отруйною рідкою масою шаром у два метри.

У зв'язку з аварією на алюмінієвому заводі порушено кримінальну справу за статтею недбалість. Усього ж у катастрофі загинули не менше 3 осіб, більше сотні постраждали. Кілька людей вважаються зниклими безвісти. Отруйні промислові відходи, що розлилися після аварії на алюмінієвому комбінаті на заході Угорщини, вранці 7 жовтня досягли Дунаю, поставивши під загрозу екосистему річки.

І екологи, і всі організації, які проводять моніторинг Дунаю, кажуть, що дійсно для України існує велика небезпека. Метали осядуть на дно, потраплять в організм людей при використанні як питної води з Дунаю так і вживанню риби. Отруйні промислові відходи, так звані червоний шлам, що пливе з Угорщини, загрожують українським водам Дунаю. Отрута могла осісти на дні річки, хоча забруднення навколишнього середовища не спостерігається.

Раніше існувала загроза, що червоний шлам - суміш важких металів і лугів - потрапить з екосистеми Угорщини в українські води Дунаю, на території Одеської області. Однак, заміри екологів не виявляють забруднення річки.

"За цей період аналізи води залишилися в нормі. Ми будемо продовжувати перевіряти воду, але тепер у звичайному режимі", - заспокоїла начальник управління використання водних ресурсів та моніторингу Держкомводгоспу Ольга Лисюк.

МНС України також заявляє, що в українських водах Дунаю немає отруйних речовин. Забруднення навколишнього середовища і перевищення санітарних норм вмісту шкідливих речовин у повітрі на території Одеської області також не зафіксовано.

Червоний шлам з Угорщини, що вилився із заводу після тамтешньої техногенної катастрофи, таки дістався до України і Чорного Моря. Це підтвердили вчені українського наукового центру екології моря. Однак, за їхніми даними, більшість хімічних речовин розчинилися у великій кількості води. Крім того, на водному шляху до Чорного моря розташовані два накопичувальні резервуари, так звані "залізні ворота". Значна частина важких металів осіла у них на дні. Відтак, як стверджують експерти, небезпеки немає. Рівень забруднення підвищений, але не критичний [2, 3].

*В кінці студенти переглядають презентацію «Угорська катастрофа»*





**Лектор1:** Після аварії на глиноземному заводі в Угорщині, МНС доручило перевірити два українських підприємства. У випадку аварії на них наслідки будуть набагато серйознішими.

*Через катастрофу в Угорщині в Україні перевіряють два заводи.*

Міністерство з надзвичайних ситуацій України починає позапланову перевірку Миколаївського глиноземного заводу і Запорізького алюмінієвого комбінату.

Саме на цих підприємствах можливе повторення техногенної катастрофи, яка сталася в Угорщині.

На Запорізькому алюмінієвому комбінаті розташовується заморожене шламосховище обсягом 5-6 млн. куб. м. Миколаївський глиноземний завод займається постійною переробкою глинозему і складає відходи переробки в двох сховищах загальним обсягом понад 20 млн. куб. м.

За даними експертів, сховища на українських комбінатах несуть більш серйозну загрозу екології ніж угорські. "Склад наших шлаків більш рідкий, і у випадку аварії ці отруйні відходи швидше потраплять у навколишнє середовище", - пояснила перший заступник голови Всеукраїнської екологічної ліги Тетяна Тимочко.



Запорізький алюмінієвий комбінат

Крім того, миколаївське підприємство викликає побоювання і через великі обсяги складованих відходів. Не так давно на заводі було введено в експлуатацію вже друге шламосховище, яке займає територію в 150 гектарів.

А на першому, що функціонує вже більше 30 років, накопичилося близько 20 млн. куб. м червоного шламу. У випадку аварії він потрапить спочатку в Бузький лиман, а потім у Чорне море.



Миколаївський глиноземний завод

У Запоріжжі повідомили, що об'єкт шламонакопичувача заморожений і знаходиться на балансі. "Наше сховище не може прорвати, так як воно являє собою природну порожнину в породі, а не створено штучно", - пояснив генеральний директор Запорізького алюмінієвого комбінату Олександр Котюк.

На Запорізькому комбінаті вже траплялася аварія. Так, в травні 2008 року стався прорив трубопроводу, по якому перекачувався шлам. Тоді були затоплені 4 вулиці. Причиною, як встановило слідство, стало навмисне скручування запірної арматури в колодязі шламонакопичувача [4].

## 5.4 Висновки

Зробити висновки лектор пропонує студентам, корегує їх якщо виникає потреба.

### Питання для самоконтролю

1. Які речовини відносяться до токсичних відходів?
2. Наведіть сучасний приклад розливу токсичних відходів.
3. Що представляє собою червоний шлам?
4. Шляхи знешкодження червоного шламу.
5. Заходи безпеки на глиноземних заводах.

### Список використаної літератури

1. Токсичні відходи, що розлилися в Угорщині, досягли Дунаю [Електронний ресурс] / - Режим доступу: [www/ URL: http://news.bigmir.net/world/334584/](http://news.bigmir.net/world/334584/) - 25.10.2010 р. – Загол. з екрану.
2. Токсичні відходи з Угорщини дісталися Дунаю [Електронний ресурс]/Кореспондент. – Режим доступу: [www/ URL: http://rionews.com.ua/mixed/all/now/n10279571](http://rionews.com.ua/mixed/all/now/n10279571) - 07.10.2010 р. – Загол. з екрану.
3. Чистота українських водойм [Електронний ресурс] / - Режим доступу: [www/ URL: http://rionews.com.ua/mixed/all/now/n10279571](http://rionews.com.ua/mixed/all/now/n10279571) - 2000-2012 р. - Загол. з екрану.
4. Отрута з Угорщини досягла Дунаю [Електронний ресурс] / - Режим доступу: [www/ URL: http://tsn.ua/ukrayina/do-ukrayini-dishli-toksichni-vidhodi-z-ugorschini.html](http://tsn.ua/ukrayina/do-ukrayini-dishli-toksichni-vidhodi-z-ugorschini.html) - 07.10 2010 р. – Загол. з екрану.

## **Лекція-діалог “Технологія переробки та утилізації нафтопродуктів”**

### **План**

- 6.1 Вступ
- 6.2 Утилізація відходів нафтопродуктів
- 6.3 Технологія переробки нафти
  - 6.3.1 Підготовка нафти до переробки
  - 6.3.2 Очищення нафти від домішок
- 6.4 Методи переробки нафтопродуктів
- 6.5 Висновок

### **6.1 Вступ**

Основними джерелами забруднень нафтою та нафтопродуктами є видобувні підприємства, системи перекачування і транспортування, нафтові термінали і нафтобази, сховища нафтопродуктів, залізничний транспорт, річкові й морські нафтоналивні танкери, автозаправні комплекси та станції. Обсяги відходів нафтопродуктів і нафто забруднень, що зібралися на окремих об'єктах, складають десятки і сотні тисяч кубометрів. Значна кількість сховищ нафтошламів і відходів, побудованих з початку 50-х років, перетворилися із засобу запобігання нафто забруднень в постійно діюче джерело таких забруднень.

Запобігання забруднення природного середовища нафтою та продуктами її переробки - одна зі складних і багатопланових проблем охорони природного середовища. Жоден інший забруднювач, який би небезпечний він не був, не може зрівнятися з нафтою по широті поширення, числа джерел забруднення, величиною навантажень на всі компоненти природного середовища [1].

У Московській області, як і в інших регіонах країни, до теперішнього часу немає системи попередження і ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, пов'язаних з аварійними розливами нафти і нафтопродуктів, також немає системи збору, переробки та утилізації відходів, що містять нафту, яка відповідає б сучасним стандартам і вимогам охорони навколишнього середовища. Ця проблема вимагає негайного рішення, оскільки накопичення нафтових відходів впливає не тільки на екологічний стан природного середовища, але і на санітарне благополуччя жителів області.

### **6.2 Утилізація відходів нафтопродуктів**

У процесі експлуатації промислових підприємств, нафтобаз, залізничного та автомобільного транспорту, морських, рибпромислових, річкових суден утворюється значна кількість відходів нафтопродуктів у вигляді забруднених палив, донних відкладень, відпрацьованих масел з підвищеним вмістом води та

механічних домішок, не підлягають використанню і становлять небезпеку для навколишнього середовища.

*Лектор:*

*Як ви вважаєте де знаходяться основні джерела відходів нафтопродуктів?*

*Студент:*

*Основні джерела відходів нафтопродуктів:*

*- На судах при сепарації важких палив, на яких працюють головні двигуни, відходи складають від 3 до 5% палив;*

*- Продукти зачистки мазутних резервуарів, залізничних цистерн і автоцистерн;*

*- Протоки в процесі транспортування;*

*- Відходи котельного палива, дизельного палива, моторного палива після фільтрації, сепарації і зачисток ємностей на промислових підприємствах;*

*- Донні відкладення з вантажних танкерів, а також з витратних паливних цистерн.*

*Назвіть основні види нафтопродуктів?*

*Як правило (на 80-85%), це відходи важких палив, типу мазуту 40 або 100.*

Питання утилізації різного виду відходів нафтопродуктів, у тому числі і обводнених, давно і успішно вивчені в Інституті горючих копалин [2]. Було показано, що найбільш кращим варіантом є приготування з них водопаливних емульсій. Порівняльні дані про горіння безводного і обводненого емульгованого палива показали, що емульговане рідке паливо згоряє значно швидше, ніж безводне: вміст води до 20% в емульгованому паливі не погіршує, а навіть інтенсифікує процес горіння за рахунок додаткового внутрішньопоточного дроблення крапель, збільшення поверхні випаровування частинок і поліпшення перемішування пального з повітрям; скорочення часу горіння емульгованого палива сприятливо позначається на стадії догорання сажистих залишків, покращує загальну повноту згоряння палива і зменшує відкладення сажі (нагар) на робочих поверхнях.

Випадні точки - однократна обробка суміші в диспергатор - не є характерними, так як відібрані проби не відображають дійсного вмісту води в паливі. Оскільки прийом води і палива через два приймальні патрубків у диспергатори відбувається одночасно (причому через один патрубок, який забирає середовище з дна, йде вода, а через другий - паливо), то при одноразовій циркуляції неможливо отримати задані водопаливні емульсії з рівномірним розподілом води по всьому об'єму. Необхідна, як мінімум, двохразова циркуляція, але, як показують графіки, її і достатньо для одержання стійких водопаливних емульсій.

Як видно з верхньої кривої, зі збільшенням кількості води в мазуті часова витрата водомазутних емульсій зростає.

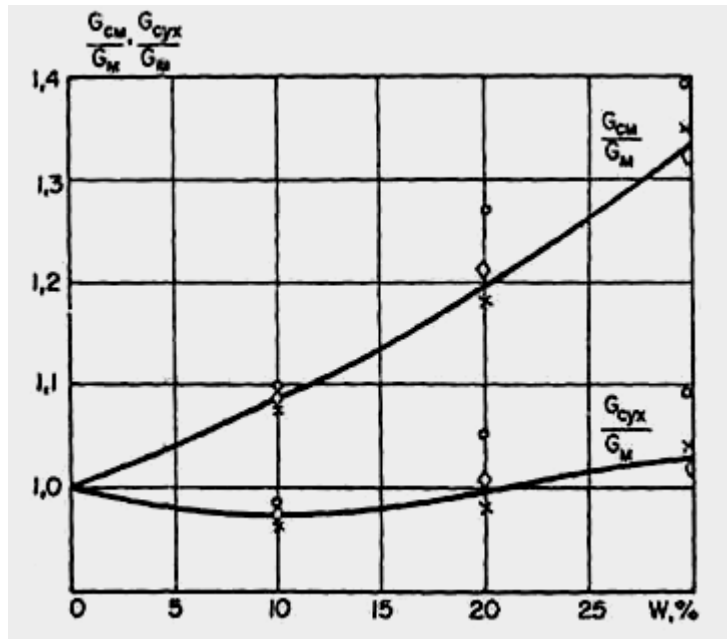


Рис.6.1 Залежність відносної витрати зневодненої водомазутної суміші і "сухого" палива в водомазутних сумішах від зневоднення для котла КВС 30 / П-А.

Нижня крива на рис. 6.1 відображає відношення кількості "сухого" палива  $G_{сух}$  в водопаливних емульсіях до витрати чистого мазуту  $G_{ч}$ . При роботі котла на водомазутній емульсії з вмістом води до 21% відбувається економія палива.

Під час випробувань горіння водомазутних емульсій було надійним, безвідмовним і бездимним. Факел палаючої водопаливної емульсії при одноразовій обробці має іскріння, при двох - і чотирьохкратній обробці він стійкий. Полум'я має яскравий колір.

Займання водомазутних емульсій з обводненістю 10 і 20% не відрізняється від займання чистого мазуту. Займання емульсії з обводненістю 30% не перевіряли.

Тиск пари в котлі піднімався з такою ж швидкістю, як це було при роботі на чистому мазуті. Паливна апаратура котла працювала надійно. Результати випробувань котла при роботі на суміші нафтозалишків від сепарації вод (при утриманні їх в суміші, що дорівнює 20 і 50%) і чистого мазуту Ф-5 показали, що при спалюванні цих сумішей відхилень у роботі котла не відзначалося.

При спалюванні відсепарованих нафтових залишків вод в суміші з мазутом кількість нагару на поверхнях нагріву не збільшується, причому відкладення більш пухкі й сипучі, особливо у верхній частині конвективного та екранного пучків. Їх можна легко видалити за допомогою повітря. Корозії на трубках не виявлено.

Аналогічним чином проводили випробування допоміжного автоматизованого котла КАВ 4/7 на т/х "Іван Нестеров" Литовського морського пароплавства. Диспергатор був встановлений в системі паливної підготовки котла КАВ 4/7.



У процесі випробувань перевіряли роботу допоміжного котла на паливах: мазут М 2,0; мазут М 2,0 з обводненістю 10 і 20%; суміш мазуту М 2,0 з нафтозалишками (50 і 25%) з шламової цистерни, а також ці суміші з обводненістю 5- і 10%. Обводненість здійснювалася штучно, шляхом додавання прісної води. Справжня обводненість сумішей (нафто залишки, додані в мазут, містили воду) була згодом визначена лабораторним шляхом.

Як нафтозалишки використовували відмивання після миття паливних танків, які збирали в шламову цистерну; нафтозалишки закачували у видаткову цистерну котельного палива без попередньої фільтрації чи сепарації.

Дані про результати випробувань котла КАВ 4/7 наведені на рис.6.2. Верхні криві зображують залежність ставлення витрати водно-мазутної емульсії і обводненої суміші мазуту з нафтовими залишками до витрати мазуту від обводнення при однакових режимах роботи котла. Як видно з рис. 6.3, загальна витрата емульсії в порівнянні з таким при роботі котла на чистому мазуті збільшується.

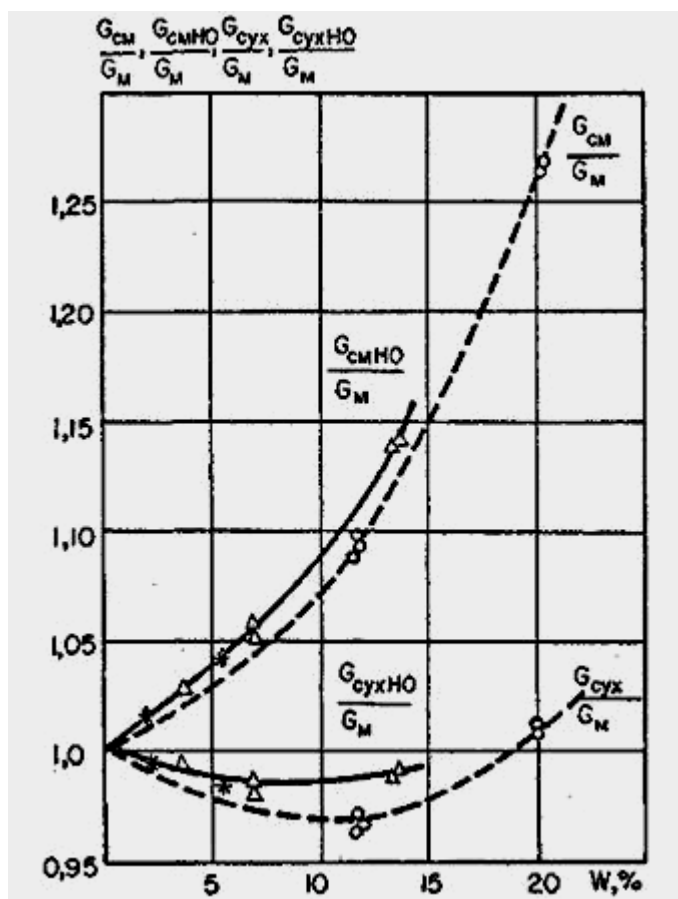


Рис. 6.2 Залежність відносної витрати обводнених мазуту і суміші мазуту з нафтовідходами, а також "сухого" палива в водно-мазутній суміші від обводнення для котла КАВ 4/7.

Нижні криві на рис. 6.2 показують залежність ставлення кількості "сухого" палива в водно - топливній емульсії до витрати мазуту при однакових режимах роботи котла від обводнення.

З рис. 6.2 видно, що незважаючи на загальне збільшення витрати емульсії витрата чистого ("сухого") палива при певних значеннях обводнення зменшилася. Так, економія мазуту спостерігається при спалюванні водо-мазутних емульсій з вмістом води до 18%, а суміші мазуту з нафтовими залишками - при вмісті води до 15%.

Найбільша економія палива спостерігається при вмісті в емульсії від 7 до 13% води, причому економія мазуту становить приблизно 3%, а суміші мазуту з нафтовими залишками - 1,5%.

Слід зазначити, що в якості нафтовими залишків спалювали самі "несприятливі" нафто залишки - відмивання після миття паливних танків.

Аналогічні випробування проводили на котлі КВВАІУ 12/15 т/х "В. Кіквідзе" Грузинського морського пароплавства. Закономірності витрати палива були такими ж, як і на вищезазначених судах; проте максимальна економія палива при спалюванні обводнених відходів нафтопродуктів досягала 5%, (що вище, ніж при всіх, які проводилися раніше на випробуваннях -1-3%). Така висока економія палива викликана, мабуть, підвищеною теплотворною здатністю нафто залишків в порівнянні з мазутом (спалювали мазут Ф-5): нафто залишки містили значну кількість мастила та дизельного палива.

Поряд з позитивними явищами при спалюванні водо-мазутних емульсій в котлах (економія палива, благотворний вплив на сажисті відкладення) в процесі випробувань були виявлені особливості, які необхідно враховувати при використанні роторних диспергаторів.

Щоб уникнути засмічення системи паливо підготовки перед установкою диспергатора необхідно очистити видаткову цистерну котельного палива; Підключення диспергатора до видаткової цистерни котельного палива треба проводити таким чином, щоб в цистерні не виникало застійних зон; При роботі котла з навантаженням менше 30% спалювати водопаливну емульсію не рекомендується щоб уникнути корозії хвостових поверхонь котла.

Успішно пройшли випробування змішувачі - диспергатори також і на котельнях промислових підприємств, зокрема на заводі залізобетонних конструкцій, де спалювався відпрацьований емульсол у вигляді емульсії з основним котельним паливом, і на Ризькому судноремонтному заводі, де спалювалися обводнені відходи нафтопродуктів з підтоварної води. В обох випадках спалювання вироблялося в котлах ДКВР 20-13. Котельня РСЗ працює на мазуті марок 40 або 100. На завод паливо доставляється в залізничних цистернах. Розігрів палива в цистернах проводиться парою, при цьому паливо як би штучно обводнюють. Особливо значно таке обводнення взимку: більше 20%. Злив відстояної води проводиться в цистерну замазучених вод ємністю 60 м<sup>3</sup>. Крім того, що здача замазучених вод на очисні споруди пов'язана з додатковими витратами, завод втрачає і частину палива, здаючи ці води на очисні споруди. Для утилізації замазучених вод була розроблена система подачі палива в цистерну замазучених вод, створення гомогенної суміші і подавання її в видаткову цистерну котельного палива. Гомогенна суміш утворюється за

рахунок підключення диспергатора і обробки суміші в ньому по замкнутому контуру. Суміш готується таким чином, щоб замазучені води становили від 5 до 10% від загального обсягу. У цьому випадку вода, що входить до складу палива, не чинила негативного впливу на роботу котла.

Спалювання водо-паливних емульсій вироблялося у водотрубних двохбарабанних котлах ДКВР 20-13. Котли без пароперегрівача, з економайзером. Загальна поверхня нагріву котла - 390,5 м<sup>2</sup>, годинна витрата палива  $V = 1890$  кг/год, к.к.д. при спалюванні мазуту з теплотворною здатністю  $Q_{Нр} = 9170$  ккал/кг - 90%. Форсунки з паровим розпилом типу ГМГБ - 5,6.

За час роботи котлів на водо-паливних емульсіях ніяких видимих відхилень не відзначалося. Факел палаючої емульсії був стійкий. Зриву факела за час роботи не було жодного разу. Форсунки, що застосовуються для розпилу мазуту придатні і для подачі емульсії. Повнота горіння емульсії була гарною. Застосування водо-паливних емульсій зменшує димність відхідних газів.

Підвищення вмісту води в водо-паливних емульсіях до 30% і короткочасна робота котла на такій емульсії дозволяє зменшити трудовитрати на очищення котла, оскільки на теплопередаючих поверхнях котла відкладення були пухкими [3].

Успішно працює диспергатор, встановлений в 2002 році в систему паливо підготовки котла VITOMAX 200 HS (німецької фірми VIESSMANN) на цементному заводі СЕМЕХ (латвійський філіал третього найбільшого виробника цементу в світі СЕМЕХ Sa de CV). Приготовлена паливна емульсія була гомогенною і стабільною, а повнота горіння її була гарною. Робота диспергатора відбувається наступним чином. Паливо або суміш його з водою вступають у диспергатор самопливом в два вхідних отвори з двох різних рівнів (див. рис. 6.3): з нижньої точки видаткової цистерни і з точки забору палива на котел. При перемішуванні асфальтосмолисті частки палива і включення води емульгуючі. У результаті утворюється високодисперсна стабільна емульсія.

Після двохразового пропускання вмісту видаткової цистерни через диспергатор паливо готове до спалювання в котельних установках. Фірма збирає всі згадані вище відходи нафтопродуктів з метою приготування з них утилізованого палива (один з видів діяльності фірми). Для цього створено дільницю для приготування палива. Відходи нафтопродуктів приймаються через фільтри грубої і тонкої очистки в ємності: відпрацьовані мастила в одну ємність, всі інші відходи нафтопродуктів - в іншу. Відходи нафтопродуктів підігріваються до температури 60-70 ° С і відстояну воду (обводненість відходів нафтопродуктів іноді досягає 60%) зливають у проміжну ємність, а згодом відправляють на очисні споруди. Після попереднього відстою відходи нафтопродуктів направляються в іншу ємність, куди подається через насос-дозатор також деемульгатор IMPROVER D 816SX, виробництва Голландії.

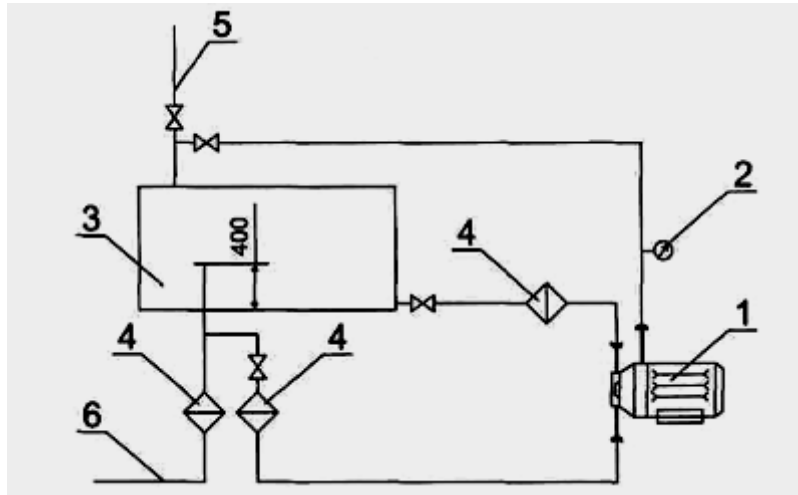


Рис. 6.3. Схема включення змішувача - диспергатора в систему паливопідготовки котельної установки

Після відстою і зливу води, відходи нафтопродуктів надходять в паливні сепаратори Alfa-Laval встановлені за спеціальною схемою, після них у наступну ємність. До цієї ємності приєднаний змішувач - диспергатор. Після дворазової циркуляції через диспергатор, паливо забирається на аналіз. Якщо паливо не відповідає за теплотворної здатності вимогам замовника, то в паливо додається відпрацьоване масло.

Як показують аналізи і подальше спалювання приготованого утилізованого палива в котельнях, диспергатор готує гомогенну стабільну емульсію.

Оскільки деякі котельні використовують для спалювання отримані відходи нафтопродуктів з інших джерел, вони використовують змішувачі - диспергатори і встановлюють їх за схемою, яка представлена на рис.5.3. Це гарантує отримання стабільних гомогенних паливних емульсій та їх якісне горіння.

Диспергатори використовуються не тільки в котельнях, а також на лакофарбових заводах для приготування сумішей з фарб (Латвія). Таким чином, розроблена технологія дозволяє готувати з відходів нафтопродуктів різних фракцій гомогенне утилізоване в котельних установках паливо.

### 3 Технологія переробки нафти

#### 6.3.1 Підготовка нафти до переробки

Видобута на промислах нафта, крім розчинених у ній газів, містить певну кількість домішок - частки піску, глини, кристали солей і воду. Вміст твердих частинок в неочищеній нафті зазвичай не перевищує 1,5%, а кількість води може змінюватися в широких межах. Зі збільшенням тривалості експлуатації родовища зростає обводнення нафтового пласта і вміст води в видобутій нафті.

У деяких старих свердловинах рідина, що отримується з пласта, містить 90% води. У нафті, що надходить на переробку, повинно бути не більше 0,3% води. Присутність у нафті механічних домішок утруднює її транспортування по трубопроводах і переробку, викликає ерозію внутрішніх поверхонь труб нафтопроводів і утворення відкладень в теплообмінниках, печах і холодильниках, що призводить до зниження коефіцієнта теплопередачі, підвищує зольність залишків від перегонки нафти, сприяє утворенню стійких емульсій. Крім того, в процесі видобутку і транспортування нафти відбувається вагома втрата легких компонентів нафти - приблизно до 5% від фракцій, що википають при 100 ° С.

З метою зниження витрат на переробку нафти, викликаних втратою легких компонентів і надмірний знос нафтопроводів і апаратів переробки, видобута нафта піддається попередній обробці.

*Лектор:*

*Скільки відсотків води повинно знаходитися в нафті яка надходить на переробку?*

*Студент:*

*0,3 %.*

Для скорочення втрат легких компонентів здійснюють стабілізацію нафти, а також застосовують спеціальні герметичні резервуари зберігання нафти. Від основної кількості води і твердих частинок нафту звільняють шляхом відстоювання в резервуарах. Руйнування нафтових емульсій здійснюють механічними, хімічними і електричними способами. Важливим моментом є процес сортування та змішування нафти.

### **6.3.2 Очищення нафти від домішок**

Від основної кількості води і твердих частинок нафти звільняють шляхом відстоювання в резервуарах на холоді або при підігріві. Остаточну їх зневоднюють і знесолюють на спеціальних установках. Однак вода й нафта часто утворюють емульсію, що сильно сповільнює або навіть запобігає зневодненню нафти. У загальному випадку емульсія є система із двох взаємно нерозчинних рідин, у яких одна розподілена в іншій у зваженому стані у вигляді дрібних крапель. Існують два типи нафтових емульсій: нафта у воді, і вода в нафті. Частіше зустрічається гідрофобний тип нафтових емульсій. Утворенню стійкої емульсії передують зниження поверхневого натягу на межі розділу фаз і створення навколо частинок дисперсної фази міцного адсорбційного шару. Такі шари утворюють треті речовини - емульгатори. До гідрофільних емульгаторів відносяться лужні мила, желатин, крохмаль. Гідрофобними є добре розчинні в нафтопродуктах лужноземельні солі органічних кислот, смоли, а також дрібнодисперсні

частинки сажі, глини, оксидів металів тощо, легше змочувані нафтою ніж водою.

Існують три методи руйнування нафтових емульсій.

Механічний. Відстоювання - застосовується до свіжих, легко руйнівних емульсій. Розшарування води і нафти відбувається внаслідок різниці щільності компонентів емульсії. Процес прискорюється нагріванням до 120-160 ° С під тиском 8-15 ат. протягом 2-3 год., не допускаючи випаровування води.

Центрифугування - відділення механічних домішок нафти під впливом відцентрових сил. У промисловості застосовується рідко, зазвичай серіями центрифуг з числом оборотів від 3500 до 50000 в хв., при продуктивності 15 - 45 м<sup>3</sup> суміші не утворювалося двох рідких фаз на тарілці. При екстрактивній ректифікації моноциклічних ароматичних вуглеводнів як розчинник застосовують фенол, крезолі, фурфурол, анілін і алкілфталати. Якщо додається речовина більш летюча, ніж вихідні компоненти, то його вводять в ректифікаційні колони разом з сировиною і виводять з неї разом з парами верхнього продукту. Таку ректифікацію називають азеотропною. У цьому випадку речовина, яка вводиться, утворює азеотропну суміш з одним з компонентів сировини. Цю речовину називають такою, що виводить. Останній повинен забезпечувати утворення постійно киплячої суміші з одним або декількома компонентами суміші, яка розганяється. Речовина, що виводить утворює азеотропну суміш внаслідок молекулярних відмінностей між компонентами суміші.

При азеотропній ректифікації моноциклічних ароматичних вуглеводнів як речовину, що виводить застосовують метиловий і етиловий спирти, метилетилкетон та інші речовини, що утворюють азеотропну суміш з парафіно-нафтеновими вуглеводнями суміші, що розділяються.

Речовина, що виводить повинна мати температуру кипіння близьку до температури кипіння речовини, яка відганяється. Це дозволяє отримати помітну різницю між температурою кипіння азеотропу та інших компонентів суміші. Речовина, що виводить повинна також легко виділятися з азеотропної суміші. Дуже часто поділ буває повнішим, ніж цього можна очікувати на підставі лише температурної різниці. Це пояснюється великим відхиленням системи від ідеальної.

Важливе значення у здійсненні екстрактивної і азеотропної ректифікації має підготовка сировини, яка повинна википати в дуже вузьких межах, тобто установці по перегонці з третім компонентом повинна передувати установка попереднього розділення суміші за допомогою звичайної ректифікації.

## **6.4 Методи переробки нафтопродуктів**

Нафту переробляють фізичним та хімічним методом. До них належать: дистиляція (фізичний спосіб) і крекінг (хімічний спосіб).

1. Дистиляція (від лат. Distillatio - стікання краплями - перегонка рідини з метою очищення нафти) полягає в розподілі нафти на горючі і мастильні

фракції (складові). Цей метод ґрунтується на різній температурі кипіння окремих фракцій.

Дистилують нафту за умов запобігання розкладання вуглеводнів. При такому способі переробки нафти кількість отриманого бензину становить лише 5-20% кількості перероблюваної нафти.

Для більш точного поділу багатокомпонентної суміші, якою є нафта на окремі фракції, використовують ректифікації (від лат. Rectificatio - випрямлення – очищення рідин в особливих апаратах). Горючі фракції отримують в колоні за атмосферного тиску, а мастильні - у разі вакууму. Спрощену схему атмосферно-вакуумної технологічної системи дистиляції нафти і мазут зображений на малюнку 6.4.

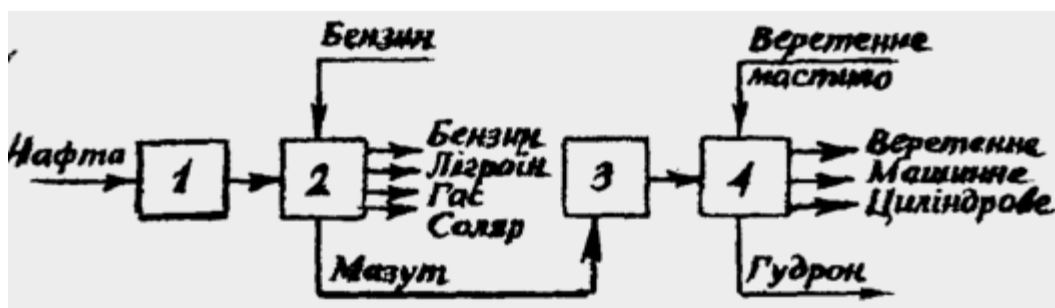


Рис 6.4 - Спрощена схема атмосферно-вакуумної технологічної системи дистиляції нафти і мазуту

1. Отримання горючих фракцій. Очищену нафту через систему теплообмінників за допомогою pomp подають в трубкові печі, де вона нагрівається до температури 350 ° С (це температура кипіння нафти) (1), а звідси вона надходить в ректифікаційні колони для поділу на фракції (2). У верхній частині колони випаровування нафти зрошують бензином. Фракції, які киплять за низьких температур, випаровуються і піднімаються, а ті, що киплять за високих температур (мазут), стікають в нижню частину колони. Усередині колони по висоті розміщені тарілки з отворами для проходження пари вгору і збіг рідин. На тарілках внаслідок зустрічного руху рідини і газу вуглеводні, які мають низьку температуру кипіння, переходять в пари, а ті, які киплять за високої температури, конденсуються і стікають вниз. Таким чином, у різних температурних зонах колони виділяються різні фракції (понад вниз): бензин, лігроїн, гас, соляр (легкий газойль).

У сучасних колонах діаметром 6 м і висотою 50 м, які мають до 80 тарілок, за рік переробляють до 12 млн. т нафти. Внаслідок переробки одержують 14,5% бензину (температура відбору - до 170 ° С), 7,5% лігроїну (160-200 ° С), 18% гасу (200-300 ° С), 5% солярій (300-350 ° С), здача - мазут, який збирається в нижній частині колони.

Якщо в мазуті міститься понад 1% сірки, то його спалюють у печах. У разі меншої кількості сірки мазут дистилують для отримання мастильних фракцій або використовують у процесі крекінгу для отримання додаткової кількості бензину.

2. Отримання мастильних фракцій. Мастильні фракції отримують в колоні, де тиск знижений до 0,08-0,09 МПа. Отже, мазут, нагрітий у печі (3) до кипіння, надходить до ректифікаційної колони, де на тарілках конденсуються мастильні фракції (в залежності від температури кипіння) (4): 10-12% веретенного мастильного масла, 5% машинного, 3% легкого і 7% важкого циліндрового. Внизу колони збирається до 30% гудрону (від франц. Goudron - дьоготь, смола).

Дистиляцією отримують незначну кількість бензину і до того ж низької якості. Для збільшення кількості бензину і поліпшення його якості використовують хімічний метод. Серед них процес крекінгу нафтопродуктів.

*Лектор:*

*Що лежить в основі процесу дистиляції нафти?*

*Студент:*

*Дистиляція нафти полягає в розподілі нафти на горючі і мастильні фракції (складові).*

2. Крекінгом (від англ. Cracking (crack) - розщеплювати) називають переробку нафтопродуктів, під час якої великі молекули вуглеводнів розщеплюються на малі. У нафтовій промисловості використовують різні види крекінгу. До них належать термічний, каталітичний і т. п.

1) Термічна переробка нафтопродуктів. Термічну переробку нафтопродуктів поділяють на термічний крекінг, піроліз і коксування. А) термічний крекінг нафтопродуктів проводять за температури 470-540 ° С і тиску 2-7 МПа. Вуглеводні починають розщеплюватися за температури 380-400°С. Рідинний крекінг проходить в двохфазній системі: рідина - пара, сировиною є мазут. У процесі нагрівання молекули мазуту розщеплюються з утворенням бензину, газу, коксу і залишку.

Крекінг-залишок використовують для виробництва пального або на теплових електростанціях, морських судах або в промислових печах.

*Лектор:*

*Як називається процес розщеплення великих молекул вуглеводнів на більш прості за високої температури (700-1000 ° С) і тиску, близької до атмосферного*

*Студент:*

*Б) піроліз нафтопродуктів. Піролізом (від грецьк. Піро - вогонь і ліз - розпад) називають розщеплення великих молекул вуглеводнів на більш прості за високої температури (700-1000 ° С) і тиску, близького до атмосферного. Внаслідок розщеплення молекул газу або легкого газойлю отримують до 50% газу, ароматичні вуглеводні і смолу.*

Гази піролізу відрізняються від газів крекінгу великою кількістю етилену, пропілену, бутілену, які є сировиною для виробництва продукції органічного синтезу (етиловий і метиловий спирт, оцтова кислота, барвники, лікарські



препарати) і особливо для виробництва синтетичних волокон, пластмас, каучуку і т. п.

У процесі піролізу обладнання більш матеріаломістке, ніж у процесі термічного крекінгу, оскільки пара нафтових фракцій погіршує умови передачі теплоти в трубних печах, яка призводить до збільшення довжини труб в печі. Крім того, збільшуються витрати теплоти на нагрівання. На даний час відомо багато нових видів. Підрозділяють: із застосуванням каталізаторів, в присутності водню (гідропіроліз) і т. п.

В) коксування нафтопродуктів - розкладання нафтових залишків (мазуту, гудрону, крекінг-залишку) при нагріванні без доступу повітря. Цей процес проводять для отримання додаткової кількості рідинного пального і коксу, який згорає без твердого залишку (шлаку).

*Лектор:*

*Де на вашу думку застосовують отриманий кокс?*

*Студент:*

*Отриманий кокс використовують для виробництва електродів, необхідних металургії, карбідів для авіаційної і ракетної техніки, ядерної енергетики і т. п. Чистий вуглець використовують як сповільнювач нейтронів в атомних реакторах.*

Нафта надходить в ректифікаційні колони на атмосферну перегонку (перегонку при атмосферному тиску), де розділяється на кілька фракцій: легку і важку бензинові фракції, газову фракцію, дизельну фракцію і залишок атмосферної перегонки - мазут. Якість одержуваних фракцій не відповідає вимогам, що пред'являються до товарних нафтопродуктів, тому фракції піддають подальшій обробці.

## **6.5 Висновок**

Таким чином, в даний час регіональні потреби в нафтопродуктах не можуть бути задоволені повністю за рахунок таких установок з багатьох причин. Сформовані в регіоні потреби в тому чи іншому вигляді нафтопродукту є відносно стабільними величинами, але якість і асортимент вироблюваної на міні-установках продукції є гнучкими показниками і залежать від фізико-хімічних властивостей вихідної сировини і застосовуваних технологій переробки. При цьому деякі вкрай важливі для регіонів технології сьогодні просто відсутні.

Наприклад, не існує простих і надійних технологій виробництва високооктанових бензинів, високоякісних дорожніх і будівельних бітумів, потреби віддалених регіонів у яких надзвичайно високі. Ще більш висока вартість їх доставки з регіонів, де вони виробляються. При цьому вся "технологічність" (саме у лапках) існуючих установок досягається за рахунок виробітку одного з найбільш важливих нафтопродуктів, найчастіше дизельного

палива, а всі інші напівпродукти направляються в транспортний трубопровід і по ньому за межі регіону.

Доходить до того, що такі установки працюють в періодичному режимі. Спочатку відбувається напрацювання необхідного обсягу продукту, потім у ході її виконання установка простоє [5].

### **Питання для самоконтролю**

1. Основні джерела відходів нафтопродуктів.
2. Утилізація різного виду відходів нафтопродуктів.
3. Технологія переробки нафти.
4. Очищення нафти від домішок.
5. Методи переробки нафтопродуктів.

### **Список використаної літератури**

1. Гуревич И.Л. Технология переработки нефти и газа. – М: Химия, 1979. – 540 с.
2. Александров И.А. Перегонка и ректификация в нефтепереработке. – М: Наука, 2000. – 323 с.
3. Сидоренко В.К. Химия и технология нефти и газа. – М.: Химия, 1985. – 673 с.
4. Куклов Н.Е., Липа О.Н. Нефтяная промышленность. – М.: Наука, 1999. – 570 с.
5. Федоров Г.П. Башкирская нефть. – М.: Химия, 1982. – 427 с.

## Лекція-візуалізація “Установки очищення нафтошляму”

### План

7.1	
<b>3.2 Характеристика основних типів побутового сміття.....</b>	<b>23</b>
<b>3.3 Розподіл ТПВ .....</b>	<b>27</b>
<b>3.4 Проблема ТПВ в Україні.....</b>	<b>29</b>
<b>3.5 Методи і проблеми утилізації ТПВ.....</b>	<b>30</b>
<b>3.6 Проблема ТПВ та їх утилізація в Запоріжжі .....</b>	<b>37</b>
1. Характеристика основних типів побутового сміття.....	39
4. Отрута з Угорщини досягла Дунаю [Електронний ресурс] / - Режим доступу: <a href="http://www.tsn.ua/ukrayina/do-ukrayini-dishli-toksichni-vidhodi-z-ugorschini.html">www/ URL: http://tsn.ua/ukrayina/do-ukrayini-dishli-toksichni-vidhodi-z-ugorschini.html</a> - 07.10 2010 р. – Загол. з екрану. ....	53
5. Федоров Г.П. Башкирская нефть. – М.: Химия, 1982. – 427 с. ....	66
<b>7.2 Характеристика нафти як забруднювача .....</b>	<b>68</b>
7.2.1 Склад нафти та її похідних .....	68
7.2.2 Характеристика забруднення водних об'єктів нафтопродуктами.....	69
7.3 Вплив нафтопродуктів на здоров'я людини.....	70
7.4 Механічні методи очистки доквілля від нафти.....	71
7.5 Переробка та утилізація нафтошлямів.....	74
7.5.1 Основні напрями переробки і утилізації нафтошлямів.....	74
7.5.2 Переробка нафтових відходів шляхом фазорозділення нафтошлямів .....	75
2. Вплив нафтопродуктів на здоров'я людини.....	78
3. Механічні методи очистки доквілля від нафти.....	78
4. Переробка та утилізація нафтошлямів.....	78
5. Основні напрями переробки і утилізації нафтошлямів.....	78
6. Переробка нафтових відходів шляхом фазорозділення нафтошлямів. ....	78
<b>8.2 Зміст бінарної лекції.....</b>	<b>81</b>
<b>8.2.1 Загальна характеристика біологічного методу очистки стічних вод.....</b>	<b>81</b>
<b>8.2.2 Опис технологічної схеми процесу очистки .....</b>	<b>84</b>
<b>8.3 Основні речовини, які забруднюються та їх очистка біологічним методом.....</b>	<b>86</b>
<i>Переваги методів.....</i>	<i>92</i>
<i>Недоліки методів.....</i>	<i>93</i>
<b>8.4 Висновки.....</b>	<b>93</b>
1. Загальна характеристика біологічного методу очистки стічних вод.....	94
2. Класифікація методів очистки стічних вод.....	94
3. Опис технологічної схеми процесу очистки.....	94
4. Основні речовини, які забруднюються.....	94
5. Очистка речовин біологічним методом.....	94
<b>Список використаної літератури.....</b>	<b>94</b>

### 7.1 Вступ

Забруднення навколишнього середовища нафтою й нафтопродуктами є одним з найбільш масштабних і небезпечних видів впливу людини на навколишнє середовище. Промисловість, транспорт, оборонний комплекс – практично всі ланки економічної інфраструктури зіштовхуються із проблемою

забруднення навколишнього середовища нафтопродуктами в процесі виробництва і в аварійних ситуаціях.

Прийнятий повсюдно підхід до ліквідації забруднень нафтопродуктами, по суті, є лише передислокацією проблем з одного місця на інше. Оскільки застосовувані сьогодні засоби хоч і дозволяють ліквідувати забруднення, але вимагають утилізації або поховання відходів, забруднених нафтопродуктами, створюючи в такий спосіб екологічні проблеми на іншій території, не вирішуючи їх у корені.

Сучасні масштаби розвитку економіки і, пов'язаний із цим ріст забруднення навколишнього середовища, ставлять під загрозу екологічну рівновагу і здоров'я націй. Це вимагає пошуку нових засобів боротьби із забрудненням навколишнього середовища, що дозволяють повністю ліквідувати забруднення, без необхідності вивозу, переробки, знешкодження або поховання відходів, а також відновлюють і стимулюють процеси самовідновлення природних екосистем.

Метою роботи є дослідження принципів і методів захисту навколишнього природного середовища від забруднення нафтою і нафтопродуктами.

Об'єктом дослідження є властивості нафти, нафтопродуктів та їх похідних.

Предмет дослідження – вплив нафтопродуктів на довкілля і науково - обґрунтовані засоби боротьби з забрудненням довкілля.

## **7.2 Характеристика нафти як забруднювача**

### **7.2.1 Склад нафти та її похідних**

Нафта - рідка складна суміш вуглеводнів (в основному і органічних кисневих, азотистих і сірчистих з'єднань темно-коричневого кольору (рідше світлого), щільністю 0,73-1,04 г/см<sup>3</sup>).

Сорти нафти щільністю до 0,9 г/см<sup>3</sup> називаються легкими, із більшою щільністю – важкими. Теплова продуктивність нафти 10000-11000 ккал/кг [1].

По вмісту основного вуглеводневого компонента нафти розділяються на три групи: метанові (парафінові), нафтенові й ароматичні [2, 4]. Крім того, існують змішані (метано - нафтенові) нафти.

З часом відбувається перерозподіл між основними формами міграції, направлений у бік підвищення частки розчинених, емульгованих, сорбованих нафтопродуктів, і відповідним зменшенням їх вмісту в плівці [5, 6].

Розчинені нафтопродукти - нафтопродукти, що знаходяться у водній товщі в істинно розчиненому стані. У розчиненому стані у водному середовищі може знаходитися від 20 до 500 мг/дм нафтопродуктів, причому розчинність легких фракцій нафти вище, ніж важких. Як правило, для розчинених нафтопродуктів характерний підвищений вміст низькомолекулярних ароматичних вуглеводнів (до 90 %), які володіють вищою розчинністю [7].

Емульговані нафтопродукти - нафтопродукти, що знаходяться у водній товщі у вигляді емульсії (розмір частинок більше 0,45 нм). Емульгування нафти і нафтопродуктів відбувається в результаті хвильового перемішування і проникнення вуглеводнів у водну масу і в донні відкладення.

Значні кількості нафтопродуктів, знаходячись в завислому стані, адсорбуються на частинках тонко дисперсних мінеральних і органічних завислих речовин і осідають спільно з ними на дно, накопичуючись в донних відкладеннях. У донні відкладення поступають і важкі фракції нафтопродуктів, що залишаються у водному середовищі при утилізації вуглеводнів бактеріями і при випаровуванні легких фракцій. Кількість нафтопродуктів, що осіли на дно, може досягати до 40 % від загальної кількості.

Нафтопродукти, що осіли на дно, поступають в харчовий ланцюг біоти, вступають у фізико-хімічну взаємодію з компонентами донних відкладень, надаючи різну (головним чином негативну) дію на бентосні організми і на стан інгредієнтів донних відкладень [8].

Таким чином, через деякий час після надходження у водний об'єкт в емульсованому і сорбованому завислими речовинами станах у водній масі знаходиться в середньому від 50 до 90 % нафтопродуктів, в розчиненому - від 10 до 90 %, частка плівкових нафтопродуктів не перевищує 1 %.

Порівняння молекулярно-масового розподілу вуглеводнів у водному шарі водорозчинної фракції нафти і плівці показує, що перехідна в розчинений стан частина збагачується низькомолекулярними компонентами, ароматичними і нафтеновими вуглеводнями, а максимум вуглеводнів в плівці направлений у бік високомолекулярних структур.

### **7.2.2 Характеристика забруднення водних об'єктів нафтопродуктами**

1б) В ґрунтовому водоносному горизонті, що міститься в породах з відносно низькою проникністю (супіски, суглинки). Водоносні горизонти, складені такими породами, як правило, не використовують для централізованого водопостачання, але повсюди на Україні експлуатуються колодзями. Незважаючи на те, що швидкості руху нафтопродуктів у супісках, а тим більше, у суглинках значно нижчі, ніж у високо проникних породах, колодязь може розміщуватись близько від джерела забруднення, і в нього потрапляють нафтопродукти. У випадку, коли колодязь працює і стінками, і дном на поверхні води буде плавати шар нафтопродуктів. Якщо колодязь працює тільки дном, розташованим нижче лінзи нафтопродуктів, відбувається підтягування знизу забруднених розчиненими нафтопродуктами вод.

1в) В ґрунтовому водоносному горизонті, приуроченому до двошарової товщі порід (верхній шар складений супіщано-суглинистими відкладеннями, нижній – високо проникними породами). У верхньому шарі утворюється лінза нафтопродуктів, швидкість руху якої незначна. Відбувається процес розчинення окремих складових лінзи, і в результаті інтенсивного перетікання з верхнього шару в нижній розчинені нафтопродукти надходять у водоносний

горизонт з високими фільтраційними властивостями, в якому зі значною швидкістю рухаються з потоком до водозабору.

### 7.3 Вплив нафтопродуктів на здоров'я людини

Токсичність нафтопродуктів і газів, що виділяються з них, визначається, головним чином, поєднанням вуглеводнів, що входять в їх склад (ароматичні вуглеводні, феноли і т. д.). Важкі бензини токсичні в порівнянні з легкими, а токсичність суміші вуглеводнів вища за токсичність її окремих компонентів. Значно зростає токсичність нафтопродуктів при переробці сірчистої нафти. Найбільш шкідливою для організму людини є комбінація вуглеводню і сірководню. В цьому випадку токсичність виявляється швидше, ніж при ізольованій їх дії.

Високонебезпечними (санітарний клас 2) отруйними компонентами нафти і газу є меркаптани, оксиди азоту, сірководень; помірно небезпечними (санітарний клас 3) – метанол, діоксид сірки. Оксиди вуглецю і всі граничні вуглеводні відносяться до малонебезпечних (санітарний клас 4). Надзвичайно небезпечними (санітарний клас 1) є ванадій, нікель і інші важкі метали нафти.

По характеру дії на людину токсиканти нафтопромисловості розділяють на три види:

- 1) нервові (важкі вуглеводні, сірководень, меркаптани, тетраетилсвинець);
- 2) дратівливі (оксиди азоту і сірки);
- 3) кров'яні (монооксид вуглецю, утворюючий стійкий карбоксигемоглобін).

Біологічні методи знешкодження промислових і твердих побутових відходів дедалі ширше застосовуються в нашій країні й особливо за кордоном. Ці методи ґрунтуються на здатності різних штамів мікроорганізмів у процесі життєдіяльності розкладати чи засвоювати у своїй біомасі багато органічних забруднювачів. У процесі біо знешкодження відбувається вторинне забруднення атмосферного повітря продуктами гниття клітин мікроорганізмів — сірководнем і аміаком.

Біологічне очищення найчастіше використовують для нейтралізації органічних токсикантів і важких металів, а також азотних і фосфорних сполук у ґрунтах. Біологічні методи можна умовно поділити на мікробіодеградацію забруднювачів, біопоглинання і перерозподіл токсикантів.

Мікробіодеградація — це деструкція органічних речовин певними культурами мікрофлори, внесеними у ґрунт або воду. Процес біорозкладання відбувається з помітною швидкістю за оптимальних температури й вологості. Мікробіодеградацію можна використовувати в усіх випадках, де природний мікробіоценоз зберіг життєздатність і видове розмаїття. Хоч процес іде вкрай повільно, його ефективність висока.

Біопоглинання — це здатність деяких рослин і найпростіших організмів прискорювати біодеградацію органічних речовин чи акумулювати забруднення в клітинах.

Біологічні методи очищення від нафтових забруднень використовують

досить рідко, оскільки для біорозкладу нафти під дією штучно культивованої мікробіологічної культури необхідні тривалий час і підвищені температури.

#### **7.4 Механічні методи очистки доквілля від нафти**

Найпоширенішими механічними методами очистки навколишнього середовища є локалізація розливу, збір забруднень за допомогою шнекових, всмоктуючи, переливних (порогових) гідродинамічних пристроїв (з використанням відцентрових сил).

Для очистки промислових вод в промисловості найбільшого поширення набули відстоювання, фільтрування та центрифугування.

Відстоювання - найбільш простий і часто вживаний спосіб виділення із стічних вод грубодисперсних домішок, які під дією гравітаційної сили осідають на дні відстійника або спливають на його поверхні.

Нафтохімічні підприємства (нафтобази, нафто перекачувальні станції) обладнали різними відстійниками для збору і очищення води від нафти і нафтопродуктів. Для цієї мети звичайно використовують стандартні сталеві або залізобетонні резервуари, які можуть працювати в режимі резервуару-накопичувача, резервуару-відстійника або буферного резервуару залежно від технологічної схеми очищення стічних вод [11].

Виходячи з технологічного процесу, забруднені води нафтобаз і нафтоперекачувальних станцій нерівномірно поступають на очисні споруди. Для більш рівномірної подачі забруднених вод на очисні споруди служать буферні резервуари, які обладнали водорозподільними і нафтозбірними пристроями, трубами для подачі і випуску стічної води і нафти, рівноміром, дихальною апаратурою. Оскільки нафта у воді знаходиться в трьох станах (легко-, важковідділима і розчинена), то потрапивши в буферний резервуар, легко- і частково важковідділяюча нафта спливає на поверхню води. У цих резервуарах відокремлюють до 90-95% легко віддільної нафти.

Перед відкачуванням води, що відстоялася, з резервуару спочатку відводять нафту, що спливла, і випавший осад, після чого відкачують освітлену воду. Для видалення осаду на дні резервуару влаштовують дренаж з перфорованих труб.

Одним з технічних пристосувань для збору нафтової плівки з поверхні води є безнапірний гідроциклон.

В даному випадку проводять відсмоктування води з гідроциклону по патрубку, розташованому по дотичній внизу конічної частини гідроциклону. Таке розташування патрубка дає можливість утворювати всередині гідроциклону обертання рідини, причому надходження води з водоймища відбувається у верхній частині гідроциклону.

Зібрана з поверхні води плівка нафтопродуктів, потрапляючи в гідроциклон як легша, збирається в його центрі. У міру збільшення кількості нафтопродуктів в середині нього утворюється конус з нафтопродуктів, який, збільшуючись в розмірі, досягає нафтового забірної патрубка, розташованого

в центрі. Нафтопродукти по цьому патрубку скидаються в спеціальні ємності на березі водоймища.

У нафтовій і нафтохімічній промисловості також застосовують фільтри із зернистими матеріалами, які за швидкістю фільтрування діляться на повільні, швидкі і надшвидкісні. Зернисті матеріали розміщують в певному порядку і щоб уникнути винесення їх з фільтру застосовують спеціальні дренажні системи, які підтримують шари.

Для очищення стічних вод, які містять нафтопродукти розроблена нова технологія з використанням еластичних полімерних матеріалів, зокрема, еластичного пінополіуретану. Цей матеріал має відкрито - осередчасту структуру з середнім розміром пір 0,8-1,2 мм і щільністю 25-60 кг/м<sup>3</sup>. Еластичний пінополіуретан характеризується високою пористістю, механічною міцністю, хімічною стійкістю, гідрофобними властивостями, що забезпечує значну поглинаючу здатність нафтопродуктів.

Такі фільтри доцільно застосовувати після попереднього очищення стоків в нафтопастках. Очищену воду можна використовувати в технічному водопостачанні промислових підприємств.

Нині поширене просте механічне видалення забруднених ґрунтів за допомогою різних машин і вивезення їх для захоронення чи знешкодження. Механічне перемішування з вібросепарацією використовують у шляхових машинних станціях на залізниці для очищення щебеневого баласту — верхньої частини залізничної колії від дрібної фракції та пилу, що містить солі важких металів. Для очищення ґрунту і щебеню від важких металів і нафтопродуктів механічне перемішування поєднують із промиванням водою. Фірма «RAIL-PRO» (Голландія) робить очищення промиванням водою щебеневого баласту залізничних колій від нафтопродуктів і важких металів після глибокого капітального ремонту залізничної колії. На заводі очищають до 95 % баласту.

Слід відмітити, що вивченню трансформації всієї системи сполук, що входять до складу нафтопродуктів, приділяється недостатньо уваги. Швидкість розкладання нафти за даними різних авторів розрізняється в п'ять і більше разів. Відновлення первинної продуктивності земель при активній рекультивациі відбувалося в одних випадках протягом року, в інших - розтягується від декількох років до 12 і більше. Ці відмінності пояснюються різними ґрунтово-кліматичними умовами, в яких проводилися спостереження.

Очевидно, що розробити єдині рекомендації по захисту і рекультивациі земель, порушених при транспортуванні, здобичі і переробці нафтопродуктів для всіх районів країни неможливо. Щоб зробити ці заходи найбільш ефективними, їх необхідно прив'язувати до ландшафтного районування території країни. Одержати такі дані можна шляхом постановки спеціальних експериментів на природних моделях, які дозволять побудувати імітаційні математичні конструкції для прогнозування наслідків забруднення ґрунту нафтопродуктами і суміжних середовищ нафтопродуктами оцінки ефективності природних процесів самоочищення та планування засобів їх підсилення.



Для очищення поверхні водних об'єктів від нафтопродуктів також використовують біологічні методи очистки.

Тут намічаються, принаймні, три основні напрямки пошуків [12]. Перш за все, це очистка за допомогою рослин, котрі засвоюють деякі забруднювачі, що містяться у воді, в тому числі і вуглеводні. Застосування цього методу принципово можливе для біологічної нейтралізації нафтовмісних, наприклад, баластних вод в акваторіях портів.

Другий напрямок включає пошук, дослідження живих істот, здатних уловлювати і переробляти забруднювачі води, в першу чергу вуглеводні. В цьому плані найбільшою увагою біологів користуються молюски, і зокрема мідії. Вивчення процесів їх життєдіяльності показало, що молюски виконують велику роботу по фільтруванню води. Так, крупний молюск може пропустити через себе 70 л води за добу. Проблема полягає в тому, щоб знайти такі види молюсків та інших живих істот і цілеспрямовано їх використовувати для очищення води від забруднювачів. Одним з таких можливих молюсків-санітарів вважають дрейсену, котра мешкає в Московському морі.

Третій напрямок - пошук анаеробних бактерій, які в умовах річки або моря могли б швидко розмножуватися на вуглеводнях, плаваючих у воді (і розчинених в них), і перероблювати їх у корисні або нейтральні для гідросфери речовини.

## 7.5 Переробка та утилізація нафтошламів

### 7.5.1 Основні напрями переробки і утилізації нафтошламів

В результаті виробничої діяльності при здобичі, транспортуванні і переробці нафти утворюються нафтошлами. Оскільки будь-який шлам утворюється в результаті взаємодії з конкретним за своїми умовами навколишнім середовищем і протягом певного проміжку часу, однакових за складом і фізико-хімічними характеристиками шламів в природі не буває.

Азеотропна перегонка. Багато органічних речовин з водою утворюють азеотропні, тобто нероздільно киплячі суміші. Азеотропні суміші, компоненти яких необмежено розчинні один в одному, називаються гомоазеотропними. Такі азеотропи, як правило, характеризуються мінімальною температурою кипіння. Якщо початкова концентрація суміші співпадає зі складом постійно киплячого азеотропу, то при перегонці ніякого концентрування і тим більше розділення не буде. В стічних водах домішок, зазвичай, відносно небагато. Тобто, їх концентрація значно менша, ніж концентрація цього компонента в постійно киплячій азеотропній суміші  $C_{аз}$  ( $C_{п} \ll C_{аз}$ ). У такому випадку поступове википання суміші призводить до збагачення рідкого залишку висококиплячим компонентом, тобто, водою.

Для повнішого вилучення домішок із стічних вод методом перегонки необхідно відганяти значну кількість води (5-10 % та більше). У випадку ж відгонки домішок, що утворюють з водою азеотропні суміші, та малий вміст компонентів, які відганяються, у стічних водах (значно менший, ніж концентрація у азеотропній суміші) зумовлює протікання процесу перегонки за закономірностями, що описують процес простої перегонки.

Ректифікація як метод очищення використовується для вилучення із стічних вод багатьох органічних домішок (бензолу, хлорбензолу, бутилацетату та інших).

Процес ректифікації здійснюється шляхом багаторазового контакту між нерівноважною рідкою та газоподібною фазами, що рухаються назустріч одна одній. При взаємодії фаз між ними відбувається масо - та теплообмін, зумовлені прагненням системи досягнути стану рівноваги. В результаті кожного контакту компоненти перерозподіляються між фазами: пара дещо збагачується низькокиплячим компонентом, а рідина – висококиплячим. Багаторазовий контакт приводить до того, що суміш розділяється практично на індивідуальні компоненти.

Ректифікація проводиться у колонах неперервної або періодичної дії. Внизу колони рідина кипить. Пара, що виходить, є практично майже чистим висококиплячим компонентом. Рухаючись угору, пара весь час збагачується низькокиплячим компонентом. На виході із колони пара стає майже чистим низькокиплячим компонентом. Вона конденсується, і частина конденсату повертається у колону на зрошення її – ця частина називається флегмою. Так створюється рідка фаза, яка рухається назустріч парі. Рухаючись униз, рідка фаза, контактуючи з парою, збагачується на висококиплячий компонент усе

більше і більше. А на виході із колони, тобто у кубі, вона є практично чистим висококиплячим компонентом.

При азеотропній ректифікації використовується розділяючий компонент, який утворює з одним із компонентів стічної води азеотроп з мінімальною температурою кипіння. В результаті відганяється більш легка азеотропна суміш, а у кубовому залишку міститься практично чистий другий компонент. Прикладом такого методу може бути вилучення оцтової кислоти із водного розчину. При цьому розділяючим компонентом може бути етилацетат, бутилацетат, дихлоретан та інші.

Переваги методу – простота і ефективність; недоліки – великі витрати тепла. Тому даний метод варто використовувати для очищення невеликих кількостей концентрованих стічних вод, які забруднені цінними домішками.

### **7.5.2 Переробка нафтових відходів шляхом фазорозділення нафтошламів**

Типовим способом розділення нафтошламів на фази є трьохфазне розділення в центрифугах. «Трьохфазне» центрифугування - метод, що дозволяє у відцентровому полі виділити фази, присутні в нафтошламах, а саме - нафтову, водну і тверду фази.

Слід зазначити, що при використанні очищених вод у водооборотних системах різних виробництв не потрібні такі низькі концентрації нафтопродуктів в цих водах, як при скиданні у водотоки або системи комунальної каналізації. Тому у водооборотних системах етап доочистки на адсорбційних фільтрах звичайно не передбачається, що істотно спрощує і зменшує вартість очисних споруд. Більш того, якщо в стічних водах містяться тільки не стабілізуючі нафтопродукти, то технологічна схема очищення цих стоків у водооборотних системах може бути прийнята без реагентною.

Тому більш обґрунтованим і раціональним технологічним рішенням є застосування безнапірних схем очищення нафтовмісних вод.

Нафтошлам з очисних споруд приймається на установку в ємності Е-1/1-2. Для забезпечення безперервної подачі на спалювання підготовлена нафтошламу ємності Е-1 та Е-2 працюють по чергово. Циркуляційними насосами Н-1 та Н-2 із відповідних ємностей Е-1/1-2 нафтошлам прокачується через теплообмінник Т-1, де нагрівається до температури 60 °С та поступає в ємності Е-1/1-2 на відстоювання. При очищенні утворюються три шари: 1 – нафтовий (пасткова нафта), 2 – відстоювана вода (підтоварна); 3 – концентрат нафтошламу. Підтоварна вода насосом Н-3 відкачується з установки. Нафтовий шар та нафтошлам, що залишаються в установці знову перемішують, а потім за допомогою насосу Н-4 подаються у піч П-1 на спалювання.

Спалювання нафтошламу відбувається у камерній вертикальній печі, яка обладнана пневмофорсунками. Для забезпечення процесу горіння та розпилення нафтошламу в піч П-1 повітродувкою В-1 подається повітря, попередньо нагріте у повітронагрівачі до температури не більш 350 °С теплом димових газів. Щоб уникнути конденсації водяної пари димових газів в трубках повітронагрівача і, відповідно, корозії трубок, передбачений підігрів повітря,

яке поступає із атмосфери на прийняття повітродувки В-1 за рахунок підсмоктування гарячого повітря. Процес спалювання нафтошлему відбувається при температурі до 1200 °С. Котельне паливо приймається на установку в ємність Е-3, звідкіля насосом Н-6 подається до центральної запалювальної форсунки печі П-1.

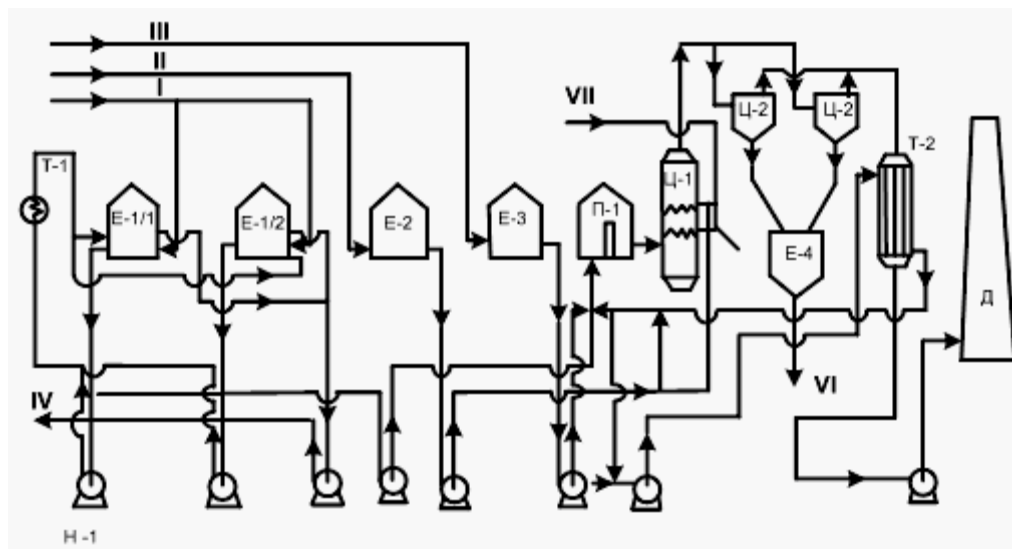


Рис. 7.1.- Технологічна схема установки термічного знешкодження нафтошлему та надлишкового мулу біологічної очистки стічних вод.

Устаткування: Н-1, Н-2, Н-4-Н-6 – насоси; В-1, В-2 – повітродувки; Т-1, Т-2 – теплообмінники; Е-1/1-2 – ємності нафтошлему; Е-2 – ємності мулу; Е-3 – ємності котельного палива; П-1 – піч; Ц-1 – скруббер; Ц-2/1-2 – циклони; Е-4 – ємність-накопичувач золи; Д – димова труба.

Матеріальні потоки: I – нафтошлам; II – надлишковий мул біоочистки; III – котельне паливо; IV – “підтоварна” вода; V – повітря; VI – сухий мул і зола; VII – технічна вода.

Надлишковий активний мул біохімічної очистки стічних вод приймається на установку в ємність Е-2, звідкіля насосом Н-5 подається в скруббер Ц-1. В скруббері Ц-1 активний мул біохімічної очистки стічних вод проходить термічну обробку при температурі 1200...400 °С. При відсутності надлишкового активного мулу передбачена можливість подачі у скруббер Ц-1 технічної води.

Димові гази із печі П-1, поступаючи до скрубера Ц-1, охолоджуються за рахунок випаровування води активного мулу від температури вх. = 1200 °С до вих. = 400 °С. Охоложені димові гази очищуються від золи в циклонах Ц-2/1-2 і потім, охолонувши до 250 °С у повітря підігрівачі Т-2, димососом В-2 викидаються у димову трубу Д-1. Однак спалювання шламів та інших твердих відходів у печах не вирішує до кінця проблему охорони навколишнього середовища і породжує ряд економічних та технічних проблем:

а) золу із відстійників-циклонів доводиться вивозити в відвали або на спеціально обладнані майданчики;

б) для спалювання нафтошламів та термообробки біохімічного активного мулу необхідно витратити додаткову кількість палива;

в) при недостатній ефективності спалювання в димових газах накопичується значна кількість CO та SO<sub>2</sub>;

г) тепло в печі із-за нерівномірності його розташування важко утилізується, що призводить до місцевих перегрівів та руйнування футерівки печі.

Окрім проблеми очищення вод, які містять нафту, актуальним і на сьогодні не до кінця вирішеним є питання переробки відходів водоочистки, які містять нафтопродукти. В даний час утилізувалися лише уловлені в процесі очищення нафтопродукти, а осади і нафтошлами після накопичення і обезводнення, як правило, вивозяться на полігони промислових відходів. Таке рішення не є екологічно обґрунтованим, у зв'язку з чим пропонуються і реалізуються на практиці різні технології витягання нафтопродуктів із стоків осадів і нафтошламів, що утворюються в процесі очищення. Особливо ефективним способом переробки їх є біологічна або термічна деструкція нафтопродуктів, які містяться в твердих відходах. Після цього осади і шлами можуть утилізувати або бути вивезені спільно з іншими промисловими відходами.

Для знешкодження твердих, що містять нафтові відходи можливо застосування термодесорбції.

Термодесорбційна система призначена для знешкодження твердих нафтовмісних відходів. Система дозволяє очищати самі різні тверді нафтовідходи, такі як:

- ґрунти забруднені в результаті аварійних проток нафти і нафтопродуктів;
- тверда фаза, одержана в результаті попередньої переробки рідких нафтопродуктів (нафтошламів), наприклад, після "трёхфазного" центрифугування;
- тверді донні відкладення з резервуарів зберігання нафти і важких нафтопродуктів (мазуту);
- відпрацьовані каталізатори вживані при переробці нафти.

## 7.6 Висновки

Аналіз літературних джерел та теоретичні дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

1. Нафта і нафтопродукти є дуже важливим для господарської діяльності ресурсом, від якого людство поки ще не може відмовитись.

2. На всіх стадіях виробничого циклу використання нафти та її похідних – видобування, переробка, транспортування, зберігання, споживання – утворюються відходи, які є дуже небезпечними забрудниками навколишнього середовища.

3. В цілому більшість прикладних проблем очищення нафтовмісних вод вже зараз можуть бути вирішені на сучасному рівні. Цей рівень припускає ефективність, надійність, гнучкість і економічність технологічних рішень, а також довготривалу, не менше 15-20 років, безвідмовну роботу вживаного водоочисного устаткування. Оскільки не всі з пропонованих на ринку розробок

відповідають цим умовам, то при виборі варіанту очисних споруд слід віддавати перевагу перевіреним на практиці технологічним комплексам очищення вод, що містять нафту.

4. Створення багатофункціонального устаткування для ефективного очищення навколишнього середовища від нафтопродуктів і організація серійного його випуску є найбільш прогресивним напрямом розвитку техніки.

5. Серед методів боротьби з забрудненням довкілля нафтою та її похідними найбільш раціональними є методи, які дозволяють утилізувати та рекуперувати нафтопродукти задля їх вторинного використання.

6. Розроблені рекомендації щодо вибору технологічної схеми очистки забруднених вод і запропонована технологічна схема ліквідації твердих відходів, забруднених нафтою є актуальними і можуть бути промислово впроваджені [13].

### **Питання для самоконтролю**

1. Охарактеризуйте склад нафти та її похідних.
2. Вплив нафтопродуктів на здоров'я людини.
3. Механічні методи очистки довкілля від нафти.
4. Переробка та утилізація нафтошламів.
5. Основні напрями переробки і утилізації нафтошламів.
6. Переробка нафтових відходів шляхом фазорозділення нафтошламів.

### **Список використаної літератури**

1. Геология и геохимия нефти и газа: учебное пособие / М. В. Бордовский, А. А. Бакиров, В. И. Ермолкин - под ред. В. И. Ермолкина, 1993. – 236 с.
2. Андреев П. Ф. Превращение нефти в природе. – Л.: Гостоптехиздат, 1958. – С. 7-9.
3. Бенашвили Е. М. Разделение углеводородных и гетероатомных соединений нефти. – Тбилиси: Мецниереба, 1987. – 152 с.
4. Добрянский А. Ф. Химия нефти. – Д.: Гостоптехиздат, 1961. - С. 18-21.
5. Строганов Н.С. Сравнительная чувствительность гидробионтов к токсикантам // Общая экология. Биоценология. Гидробиология. - 1976. – 34 с.
6. Миронов О.Г. Нефтеокисляющие микроорганизмы в море. - Киев: Наукова думка, 1971. - 234 с.
7. Миронов О.Г. Проблема самоочищения и гидробиологический метод борьбы с загрязнением морской среды // Биологическое самоочищение и формирование качества воды. – М.: Наука, 1975. – С. 19-22.
8. Телитченко М.М. Формирование биологической полноценности воды гидробионтами // Биологическое самоочищение и формирование качества воды. – М.: Наука, 1975. – С. 9-14.

9. Стокер Х.С, Сигер С.Л. Загрязнение органическими веществами (нефть, пестициды и ПАВ) // Химия окружающей среды: Пер. с англ. / Под ред. А.П. Цыганкова. – М.: Химия, 1982. – 672 с.
10. Брикс А.Л., Шпак О.М. Прогноз розповсюдження забруднення підземних вод нафтопродуктами в долині Нижнього Дніпра (район м. Херсон). // Вісник УБЕНТЗ. Матеріали міжн. наук.-техн. наради “Екологія в нафтогазовій промисловості”, Київ. – 1998. – С. 15-16.
11. Борисова Е., Куракова Л. Изучение влияния нефтяных пленок на испарение с водной поверхности с помощью эвапориметра // Проблемы фонового мониторинга состояния природной среды: Сб. науч. тр. - 1990. - Вып. 8. – С. 136-144.
12. Бреховских В.Ф., Мазавина С.С., Немировская И.А. Особенности процесса испарения с водной поверхности в присутствии тонких пленок нефти // Водные ресурсы. – 1988. – № 1. - С. 75-82.

## **Бінарна лекція ”Хімічні та біологічні методи очистки стічних вод ”**

### **План**

- 8.1 Загальні відомості про інноваційну освітню технологію - бінарну лекцію
- 8.2 Зміст бінарної лекції
  - 8.2.1 Загальна характеристика біологічного методу очистки стічних вод
  - 8.2.2 Опис технологічної схеми процесу очистки
- 8.3 Основні забруднюючі речовини та їх очистка біологічним методом
- 8.4 Висновки

### **8.1 Загальні відомості про інноваційну освітню технологію - бінарну лекцію**

#### *Лектор 1.*

Бінарна лекція відноситься до комплексу інноваційних освітніх технологій. Сама назва вказує, що в аудиторії водночас знаходяться два лектори. Така лекція доцільна, коли, наприклад, існують різні підходи до вирішення проблемних питань і кожний з викладачів відстоює власні позиції. Вона доцільна і для здійснення міжпредметних зв'язків, коли одна проблема стає інтегральною для викладачів різних кафедр, наприклад, кримінального і адміністративного права або кримінального процесу і криміналістики. Якщо два або більше лектори розглядають одну загальну для них тему в одній і тій аудиторії, відповідаючи при цьому на питання слухачів (курсантів, студентів) або ведучи з ними бесіду, то виникає ситуація, відома під назвою “круглий стіл”. Ця методика, що отримала розповсюдження в лекційній практиці, максимально демократизує спілкування лекторів і слухачів (курсантів, студентів), тому що передбачає їх рівність як співбесідників, котрі колективно обговорюють якусь проблему. Однак і за круглим столом” є лідери – спеціалісти з конкретних питань. Повинен бути і лідер-організатор, функції якого полягають у тому, щоб слідувати за регламентом, дисциплінувати учасників бесіди, тощо.

Можливий ще один варіант організації і проведення бінарної лекції. Втілюючи принципи єдності теорії і практики у навчальному процесі, ознайомлення слухачів (курсантів, студентів) із передовим досвідом підрозділів ОВС, кафедра може запросити на таке заняття практичного працівника. Таким чином, створюється органічний дует: викладач, який має гарну теоретичну підготовку, і практик, який прекрасно знає особливості роботи і може розповісти про окремі професійні прийоми, що знаходяться в межах теми, яка вивчається [1].

Саме такий варіант лекції було нами обрано. На лекцію ми запросили працівника підприємства який безпосередньо займається очисткою стічних вод, а саме хімічними методами очистки. Ми ж зі свого боку опрацювали достатньо



великий обсяг теоретичного матеріалу по біологічній очистці стічних вод. Таким чином маємо два підходи до вирішення проблеми очистки стічних вод.

## **8.2 Зміст бінарної лекції**

### **8.2.1 Загальна характеристика біологічного методу очистки стічних вод**

*Лектор 1.* Доброго дня! Сьогодні ми раді вітати у нас в гостях працівника підприємства по очистці стічних вод, який розповість нам про хімічні методи очистки.

*Лектор 2.* Доброго дня. Дякую за запрошення. Буду дуже рада розповісти Вам про методи очистки стічних вод які нами використовуються.

Для приготування зі стічних вод технічної води або забезпечення умов скидання очищених стічних вод водойм велике значення має техніко-економічна оцінка способів підготовки води. Економічну перевагу мають, як правило, замкнуті системи водовикористання. Однак процес заміни сучасних виробництв безвідходними, у тому числі і з цілком замкнутою системою водовикористання, досить тривалий.

Хімічні методи очистки застосовуються для виділення зі стічних вод розчинних неорганічних домішок. При обробці стічних вод реагентами відбувається їхня нейтралізація, знебарвлення і знезаражування. У процесі хімічного очищення може накопичуватися досить велика кількість осаду[2].

На скільки мені відомо, Вами було теоретично досліджено біологічні методи очистки стічних вод, я готова вислухати Ваші міркування з цього приводу.



Рис. 8.1 Класифікація методів очистки стічних вод

*Лектор 1.*

Дякую за вашу розповідь. Так, справді ми проаналізували велику кількість теоретичного матеріалу і можемо розповісти Вам про біологічні методи очистки стічних вод.

Серед методів очищення стічних вод велику роль грає біологічний метод, заснований на використанні закономірностей біохімічного і фізіологічного самоочищення річок та інших водойм. Є кілька типів біологічних пристроїв по очищенню стічних вод: біофільтри, біологічні ставки і аеротенки.

Запитання аудиторії:

Скажіть будь ласка, в чому принципова відмінність біофільтрів, біологічних ставок та аеротенків.

*Лектор 1.* Дякую за запитання. Принципова відмінність полягає у наступному: у *біофільтрах* стічні води пропускаються через шар грубозернистого матеріалу, покритого тонкою бактеріальною плівкою. Завдяки цій плівці інтенсивно протікають процеси біологічного окислення. Саме вона служить діючим початком у біофільтрах. Біофільтр – споруда для штучного біологічного очищення стічних вод шляхом мінералізації органічних речовин бактеріями — аеробами.

Біофільтр являє собою басейн з дренажем на днищі, завантажений матеріалом-фільтратом (шлак, галька та ін., 20 — 50 мм завбільшки). Висота завантаження біофільтра близько 2 м. В біофільтрі відстояна стічна рідина, проходячи через фільтрувальний матеріал, очищається створюваною на ньому біологічною плівкою, аналогічною активному мулу аеротенків. В біофільтрі плівка обгортає зерна завантаження і в міру того, як наростає, змивається водою; повітря проникає в пори завантаження через його поверхню, дренаж і стіни (якщо вони проникні).

Найпродуктивніші біофільтри – це аерофільтри та біофільтри зі збільшеною висотою завантаження (до 4 м) і з рециркуляцією рідини.

У *біологічних ставках* в очищенні стічних вод беруть участь всі організми, що населяють водойму. Роль окислювача виконують бактерії, які використовують органічні речовини соковитих вод як джерела живлення.

*Аеротенки* - величезні резервуари із залізобетону. Тут очищає початок - активний мул з бактерій і мікроскопічних тварин. Всі ці живі істоти бурхливо розвиваються в аеротенках, чому сприяють органічні речовини стічних вод і надлишок кисню, що надходить у спорудження потоком повітря, що подається. Бактерії склеюються в пластівці і виділяють ферменти, які мінералізують органічні забруднення. Мул з пластівцями швидко осідає, відділяючись від очищеної води. Інфузорії, джгутикові, амеби, коловертки й інші дрібні тварини, пожираючи бактерії (не злипаються в пластівці) омолоджують бактеріальну масу мулу.

Аеротенк, аеротанк (грец. — повітря і англ. tank — бак) — споруда для штучного біологічного очищення стічних вод за допомогою активного мулу (бактерії-мінералізатори та нижчі організми) і продування повітрям (аерації).

Аеротенк являє собою бетонний проточний басейн глибиною 3—5 м, шириною 3—12 м і довжиною до 150 м. Повітря, що подається через закладені в дні аеротенка пористі пластинки (фільтроси), перемішує попередньо відстояну суміш стічної рідини і активного мулу, постачаючи кисень, потрібний для життєдіяльності бактерій, та окислюючи органічні забруднення. Активний мул випадає у вторинних відстійниках, звідки знову перекачується в аеротенк, а його приріст (завислі речовини) скидається для обробки (бродиння) з осадом первинних відстійників. Час перебування стічної рідини в аеротенку 6—12 годин.

Я пропоную переглянути Вам ілюстрації всіх цих очисних споруд. (Ілюстрації додаються).

Окрім того, стічні води перед біологічним очищенням піддають механічній, а після неї для видалення хвороботворних бактерій і хімічному очищенню, хлоруванню рідким хлором або хлорним вапном. Для дезінфекції використовують також інші фізико-хімічні прийоми (ультразвук, електроліз, озонування та ін.).

Біологічний метод дає великі результати при очищенні комунально-побутових стоків. Він застосовується також і при очищенні відходів підприємств нафтопереробної, целюлозно-паперової промисловості, виробництві штучного волокна [3].

### **8.2.2 Опис технологічної схеми процесу очистки**

*Лектор 2.* Ви б не могли мені описати технологічну схему процесу очистки, тому що мене, як людину безпосередньо пов'язану із виробництвом цікавить саме цей аспект очистки води. А поки що присутні студенти можуть переглянути ілюстрації загальної технологічної схеми хімічного очищення.

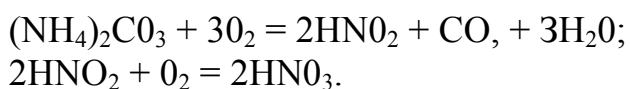
*Лектор 1.*

Процес повної біологічної очистки протікає в три стадії. На першій стадії, відразу ж після змішування стічних вод з активним мулом, на його поверхні відбуваються адсорбція забруднюючих речовин та їх коагуляція (укрупнення частинок несучих органічні речовини), причому адсорбція забезпечується як хемосорбції, так і біосорбції за допомогою полісахаридного гелю активного мулу і завдяки величезній поверхні мулу, один грам якого займає 100 м<sup>2</sup>. Таким чином, на першій стадії очищення забруднюючі речовини у стічних водах видаляються завдяки механічному вилученню їх активним мулом з води і початку процесу біоокислення органіки, яка найбільш легко окислюється. Високий вміст вступників забруднюючих речовин сприяє на першій стадії високому поглинанню кисню, що призводить до практично повного споживання кисню в зонах надходження стічних вод в аеротенках. На першій стадії за 0.5-2.0 години вміст органічних забруднюючих речовин, які характеризуються показником БСК<sub>5</sub>, знижується на 50-60%.

На другій стадії повної біологічної очистки триває біосорбції забруднюючих речовин і йде їх активне окислення екзоферментами

(ферментами, які виділяються активним мулом в навколишнє середовище). Завдяки зниженню концентрації забруднюючих речовин, починає відновлюватися активність мулу, яка була пригнічена до кінця першої стадії очищення. Швидкість споживання кисню на цій стадії менше, ніж на початку процесу, і у воді накопичується розчинений кисень. У разі благополуччя другій стадії екзоферментів окислюється до 75% органічних забруднюючих речовин, які характеризуються показником БСК<sub>5</sub>. Тривалість цієї стадії різна в залежності від складу очищених стічних вод і становить від 2.0 до 4.0 годин.

На третій стадії очищення відбувається окислення забруднюючих речовин ендферментами (всередині клітини), до окиснення сполук, які важко окиснюються, перетворення азоту амонійних солей у нітрити та нітрати, регенерація активного мулу.



Саме на цій стадії (стадії внутрішньоклітинного живлення активного мулу) відбувається утворення полісахаридного гелю, що виділяється бактеріальними клітинами. Швидкість споживання кисню знову зростає. Загальна тривалість процесу в аеротенках складає 6-8 годин для побутових і може збільшуватися до 10-20 і більше годин при спільному очищенні побутових і виробничих стічних вод. Тривалість третьої стадії, таким чином, становить від 4-6 годин при очищенні побутових стічних вод і може подовжуватися до 15 годин.

Благополуччя фази ендогенного харчування визначається величиною навантаження, віком активного мулу і часом перебування його в аеротенках. Збільшення віку активного мулу, часу його перебування в системі очищення, падіння питомого навантаження на нього подовжує фазу ендогенного харчування і створює сприятливий режим для її протікання, що сприяє активному гелеутворенню, укрупнення пластівців активного мулу, поліпшення його флокулюючих властивостей. Раптове збільшення навантаження, скорочення віку, токсичні речовини, присутні в воді, що поступає на очищення, надають переважний вплив на процес ферментативного окислення в цілому і на фазу ендогенного живлення. Таким чином, флокуляція пластівців, а, отже, ефективність очищення, залежить від характеристик стічних вод, умов запровадження технологічного процесу очищення і від дії гідродинамічних сил в аеротенку.

Це загальні закономірності технологічного процесу біологічної очистки.

*Лектор 2.* Але ж на скільки мені відомо методи біологічної очистки вимагають значної затрати коштів.

*Лектор 1.* Так, і це є одним із недоліків запропонованого нами методу, але ж існують і деякі хімічні методи які вимагають значної затрати коштів?

*Лектор 2.* Так, звичайно: Найчастіше, такі методи як нейтралізація, окислювання, відновлення, осадження зв'язані з витратою реагентів і тому досить дорогі.

Нейтралізація.

Стічні води, що містять кислоти і луги перед скиданням нейтралізують.

Існують наступні схеми нейтралізації:

1. Змішування кислих і лужних стічних вод;
2. Додавання реагентів;
3. Фільтрування стічних вод через нейтралізуючі матеріали;
4. Абсорбція кислих газів лужними стічними водами;
5. Абсорбція аміаку кислими водами

6. Нейтралізацію змішування застосовують, коли на одному або близьких підприємствах утворюються і кислі і лужні стічні води.

7. При нейтралізації реагентами у випадку кислих вод використовуються луги, карбонати або водний розчин аміаку.

8. Для нейтралізації лужних вод використовуються мінеральні кислоти і кислі гази.

*Окислення.*

Тут за рахунок реакції окислювання забруднюючі речовини руйнуються і переводяться в нешкідливий стан. Як окислювач найчастіше використовується газоподібний або стиснений хлор, кисень повітря або озон.

Очищення окислюванням зв'язане з великою витратою реагентів і тому застосовуються в тих випадках, коли неможливо або недоцільно використовувати інші методи, наприклад, при очищенні з'єднань миш'яку і ціанових сполук.

*Відновлення.*

Застосовується, коли в розчині утримуються легко відновлюючі речовини. Насамперед, іони важких металів, таких як хром, ртуть і інші. Так, наприклад, з'єднання ртуті відновлюються до металевої ртуті, що потім відстоюється або відфільтровується [4].

### **8.3 Основні речовини, які забруднюються та їх очистка біологічним методом**

*Лектор 2.* А Ви б не могли відповісти на моє питання з приводу того чи від усіх хімічних забруднювачів можна очистити воду біологічним методом, якщо можна найбільш докладно.

*Лектор 1.* Методи біологічної очистки найкраще використовувати для очищення стічних вод від нафтопродуктів, нітратів, нітритів. Далі я розповім більш докладно.

Сумарний ефект впливу різноманітних факторів, основним з яких слід вважати питомі навантаження, формує специфічний для кожної очисної споруди активний мул, який може бути поділений на три основних типи:

А. Працюючий на неповне окислення органічних забруднень.

Б. Повне окислення.

В. Повне окислення з подальшою нітрифікацією.

Споруди біологічної очистки, що працюють в режимі неповного окислення, як правило, мають високі питомі навантаження (400-600 мг БПК на грам активного мулу). При цьому формується біоценоз з бідним видовим розмаїттям (5-13 видів) найпростіших і чисельним переважанням окремих груп, таких як джгутиконосці, раковини амеби, нитчасті бактерії, великі вільноплаваючі інфузорії, "бентосні" раковини амеби, дрібні корненожки.

При знижених навантаженнях на мул до 250-300 мг/г, забезпечується повне окислювання розчинених органічних речовин. Такі споруди зазвичай очищають стічні води змішаного складу (побутові та виробничі). Неоднорідне, багатокомпонентне забруднення доквілля дає можливість організмам мулу придбати і зберігати необхідний рівень пристосованості в широкому спектрі безупинно мінливих умов. Біоценози на таких очисних спорудах різноманітні за видами, динамічні, рухливі і чуйно реагують на зовнішній вплив. При нормальних умовах перебіг процесу очищення в них відсутні чисельно домінуючі види або таке домінування мінімальне.

При питомих навантаженнях 80-150 мг/г забезпечується повне окислювання і нітрифікація азотовмісних забруднень. При повному окисленні вступників на очищення розчинених органічних речовин, непорушеному балансі їх сорбції та окисленні, низьких навантаженнях на активний мул і розвиненому процесі нітрифікації формується найбільш екологічно досконалий біоценоз - нітрофікуючий активний мул. Нітрофікуючі пластівці мулу великі, компактні, добре осідають, наповнені бульбашками газу, спостерігається мимовільна флоатація мулу, викликана процесами денітрифікації. Процес денітрифікації, що протікає у вторинних відстійниках, може погіршувати якість очищеної води за рахунок надлишкового виносу активного мулу, особливо в теплу пору року.

Біоценоз нітрофікуючого активного мулу характеризується, в цілому, найбільш складною екологічною структурою з високою таксономічною різноманітністю (до 45 видів найпростіших) без чисельної переваги різних видів. Нитчасті бактерії, дрібні безбарвні джгутиконосці, дрібні форми як голих, так і раковинних амеб практично повністю витісняються з біоценозу або їх чисельність мінімальна. З інфузорій переважають черевовійчасті і прикріплені форми, життєдіяльність яких тісно пов'язана з добре сформованими, флокулюючими пластівцями активного мулу. Присутні представники вищої ланки - хижакі, що позитивно впливають на ступінь очищення води від органічних забруднюючих речовин за рахунок підвищення інтенсивності обміну. У нітрофікуючому мулі завжди присутні (не досягаючи масового розвитку) хижі коловертки, інфузорії, хижі гриби і черв'яки роду *Chaetogaster*. Періодично зустрічаються тихоходки.

У цілому, в мулах, за рахунок багатого видового різноманіття, розширюється можливість мулу адекватно реагувати на несприятливі дії і збільшується його здатність підтримувати ефективну і стійку якість очищення.

При дії концентрованих виробничих стічних вод біоценоз стійко зберігає свою структурну цілісність і задовільний рівень ферментативного окислення. Руйнування стабільності і здатності до швидкого відновлення у такого біоценозу можливо тільки при надзвичайному впливі: у результаті різкого зростання питомого навантаження на активний мул, впливу сильно токсичних (при аварійних скидах) стічних вод, нестачі і дисбалансі поживних речовин.

В умовах стійких навантажень на активний мул при відсутності токсичних домішок в стічних водах, що надходять на очищення, значна частина мікробної популяції пов'язана з бавовною активного мулу. Пластівці мулу великі, компактні, добре флокулюючі. У біоценозі зростає чисельність організмів, безпосередньо пов'язаних з пластівцями, - повзаючих інфузорій, прикріплених інфузорій, нематод, коловерток і т.д.

Проте, в несприятливих умовах перевантажень, при вступі на очищення токсичних стічних вод, різних порушень технологічного режиму очищення, пластівці активного мулу диспергуючих, подрібнюються, зростає число бактерій, не пов'язаних з пластівцями активного мулу, і, отже, зростає число їх поїдання - вільноплаваючих інфузорій, дрібних раковинних амеб, джгутиконосців. При очищенні стічних вод, що містять специфічні складноокислювальні з'єднання (феноловмісні, стічні води ЦБК), добре флокулюючі пластівці мулу, як правило, взагалі не утворюються, і очищення здійснюється дисперговою мікрофлорою. При подачі надлишкового активного мулу в "голову" споруд, харчування активного мулу в аеротенках дисбалансиє, що призводить до розвитку спухання або порушення флокуляції пластівців, які набувають перисту, витягнуту форму.

За концентрації забруднень ( $BPK_{вих.}$ ), що надходять на очищення, аеротенки I і II ступенів відносяться до низько завантажених аеротенків з продовженою аерацією.

Оптимальна доза мулу для таких аеротенків становить 2-4 г/л для I ступеня і 0,5-1,5 г/л для II ступеня.

Активний мул являє собою середовище існування багатьох мікроорганізмів, що утворюють складний біоценоз. Основну роль по біохімічному розкладу органічних речовин на прості речовини ( $CO_2$ ,  $N_2$ , вода тощо) виконують різні бактерії, які є основними представниками біоценозу активного мулу.

Крім бактерій в біоценозі активного мулу беруть участь "найпростіші" мікроорганізми, які у свою чергу "поїдають" і переробляють бактерії. Окремі класи "найпростіших" є індикаторними (показовими), кількісне співвідношення яких характеризує якість активного мулу і весь процес біохімічної очистки.

До таких індикаторних форм з численних "найпростіших" відносяться 4 види "найпростіших" і мікроскопічних тварин (коловертки):

- 1 вид - амеби;
- 2 вид - безбарвні джгутикові;
- 3 вид - інфузорії;
- 4 вид - коловертки.



Ступінь розвитку індикаторних організмів при різній роботі очисних споруд [5].

Нітрифікація - процес окислення амонійного азоту ( $\text{NH}_4$ ) нітрифікуючими бактеріями у присутності кисню повітря до нітритів ( $\text{NO}_2$ ) і далі до нітратів ( $\text{NO}_3$ ).

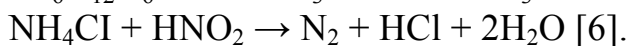
Кількісне співвідношення  $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$  поряд з БПК є одним з головних показників ступеня і якості очищення стоків.

Ступінь і якість очищення:

- Дуже погана: азот у стоках знаходиться у формі  $\text{NH}_4$ ;
- Погана: азот знаходиться у формі  $\text{NH}_4$  і  $\text{NO}_2$ ;
- Задовільна: азот знаходиться у формі  $\text{NO}_2$  (мало) і  $\text{NO}_3$  (багато);
- Добра: азот знаходиться у формі  $\text{NO}_3$  ( $\text{NH}_4$  і  $\text{NO}_2$  відсутні).

Кисень повітря в першу чергу витрачається на окислення основної маси органічних вуглецевих сполук і лише під ту чергу на нітрифікацію. Тому на аеротенках I ступеня нітрифікація (при нормальному режимі) буде невелика і основна нітрифікація буде відбуватися на аеротенках II ступеня.

Денітрифікація - процес розкладання нітратів денітрифікуючими бактеріями при дефіциті або відсутності кисню до вільного азоту  $\text{N}_2$ . Процес здійснюють амоніфікаторні бактерії, які розкладають азотисті сполуки до  $\text{NH}_4$  і  $\text{NO}_2$ , використовуючи при цьому кисень нітратів ( $\text{NO}_3$ ). Процес денітрифікації супроводжується появою невеликої кількості вторинних забруднень ( $\text{NH}_4$  і  $\text{NO}_2$ ) при значному переводі нітратів ( $\text{NO}_3$ ) до вільного азоту ( $\text{N}_2$ ).



*Лектор 2.* А чи є якісь речовини, які пригнічують дію ваших мікроорганізмів, які очищають воду?

*Лектор 1.* Є такі речовини, а саме:

Фенол. Безбарвна кристалічна речовина з характерним запахом, добре розчинна у воді. У концентрації 100 мг/л і вище надає згубні дії на мікроорганізми активного мулу. У концентрації 20-100 мг/л гальмує біологічну очистку. У концентрації менше 20 мг/л не робить істотний вплив на біологічне очищення.

Нафтопродукт. Нафта і нафтопродукти відносяться до числа важко окислювальних органічних речовин. Нафтопродукти гальмують біологічний процес очищення стоків в аеротенках при концентрації вище 50 мг/л.

Сульфіди. У концентрації 5 мг/л і вище роблять згубну дію на мікроорганізми активного мулу.

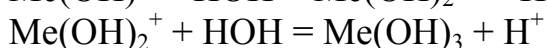
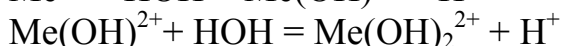
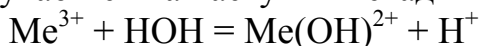
Сульфати. У великих концентраціях (вище 300 мг/л) уповільнюють процес біологічного очищення.

Солі важких металів. Солі важких металів ( $\text{Ni}$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Mn}$ ,  $\text{Al}$ ,  $\text{Si}$ ) навіть у малих концентраціях (менше або рівних 1 мг/л) надають токсичну дію на мікроорганізми мулу [7].

Скажіть, а які хімічні методи і для очистки від яких саме забруднюючих речовин краще застосовувати?

*Лектор 2.* Видалення домішок колоїдно-розчинних, високомолекулярних речовин тощо здійснюють із застосуванням діалізу, ультрафільтрації, окислення хлором і озоном, коагуляції колоїдних домішок, адсорбції на гідроксидах алюмінію або заліза, на високодисперсних глинистих матеріалах, а також електрофорезу та електродіалізу. Для видалення завислих колоїднодисперсних речовин застосовують ультрафільтрацію крізь крупнопористі мембрани. При видаленні колоїдних і високомолекулярних сполук, що зумовлюють окиснюваність і кольоровість води (35-200 град), а також забруднення її вірусами, здійснюють окиснення хлором, озоном та іншими сполуками із застосуванням хлораторних і озонаторних установок.

1) Коагуляцію застосовують для видалення зі стічних вод найдрібніших колоїднодисперсних глинистих часточок, білкових речовин та інших високомолекулярних сполук. Коагуляцію здійснюють шляхом введення в очищувану воду незначної кількості електролітів —  $Al_2(SO_4)_3$ ,  $FeSO_4$  та деяких інших сполук, які називають коагулянтами. Фізико-хімічна суть цього процесу в спрощеному вигляді полягає в тому, що коагулянт, гідролізуючись, утворює позитивно заряджені аквагідроксокомплекси алюмінію та заліза, які адсорбуються на поверхні негативно заряджених колоїдних домішок і нейтралізують їхній заряд. Чим більший заряд аквагідроксокомплексів, утворених під час гідролізу коагулянтів, тим менші їх витрати на коагуляцію. В результаті збільшення розмірів часточок під час адсорбції вони осідають у відстійниках під дією сили гравітації. Одночасно йде процес адсорбції на поверхні осаду домішок органічних забарвлених речовин, внаслідок чого вода знебарвлюється. Процес гідролізу коагулянтів і утворення пластівців відбувається на наступних стадіях:



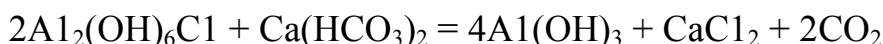
Як коагулянти звичайно використовують солі алюмінію, заліза або їх суміші. Вибір коагулянту залежить від його складу, фізико-хімічних властивостей і вартості.

Як коагулянти використовуються наступні солі алюмінію: сульфат алюмінію  $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$ ; алюмінат натрію  $NaAlO_2$ , оксихлорид алюмінію  $Al_3(OH)_5Cl$ ; квасці - алюмокалієві  $K_4Al(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$  і аміачні  $NH_4Al(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ . З цих сполук найбільш розповсюджений сульфат алюмінію, що ефективний в інтервалі значень рН 5-7,5. Він добре розчиняється у воді і має відносно низьку вартість. Його застосовують у сухому вигляді або в вигляді 50% -вого розчину. При коагулюванні сульфату алюмінію він взаємодіє з гідрокарбонатами, що містяться у воді:



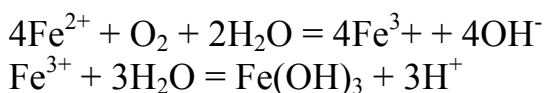
Спільне вживання цих солей дає можливість підвищити ефект освітлення, збільшити щільність і швидкість осадження пластівців, розширити оптимальну область рН середовища.

Оксихлорид алюмінію має меншу кислотність і тому придатний для очищення слабо лужних вод; через високий вміст у ньому водорозчинного алюмінію прискорюється утворення пластівців й осадження коагулюючої суспензії, наприклад за реакцією:

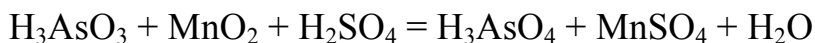


2). Адсорбцію застосовують переважно для видалення з води органічних сполук.

3). Залізо відокремлюють за допомогою кисню повітря. Окислення проводять при аеруванні повітря через стічну воду у вежах з хордовою насадкою. Гідроокис заліза, що утвориться, відстоюється в контактному резервуарі, а потім його відфільтровують.



4) Як різновид окиснення: Окислювання піролюзитом проводять фільтрацією стічної води через цей матеріал або в апаратах з мішалкою. Піролюзит є природним матеріалом, що складається в основному з двоокису марганцю. Він широко використовується для окислювання трьохвалентного миш'яку в п'ятивалентний:



5) Найперспективніший спосіб окиснення, який прийшов на зміну застарілому хлоруванню - це озонування. Окислювання озоном дозволяє одночасно забезпечити знебарвлення води, усунення присмаків і запахів і знезаражування. Озонуванням можна очищати стічні води від фенолів, нафтопродуктів, сірководню, сполук миш'яку, ПАВ, ціанідів, барвників, канцерогенних ароматичних вуглеводнів, пестицидів і ін.

б) Більш детально: У водному розчині озон дисоціює швидше, ніж у повітрі; дуже швидко дисоціює у слабо лужних розчинах. У кислотних розчинах озон виявляє велику стійкість. У чистому сухому повітрі він розкладається дуже повільно. При обробці води озоном відбувається розкладання органічних речовин і знезараження води; бактерії гинуть у кілька тисяч разів швидше, ніж при обробці води хлором. Розчинність озону у воді залежить від рН і вмісту у воді розчинених речовин. Невеликий вміст кислот та нейтральних солей збільшує розчинність озону у воді. Присутність лугів знижує розчинність  $O_3$ .

Дія озону в процесах окислення може відбуватися в трьох різних напрямках: безпосереднє окислення за участю одного атома кисню; приєднання цілої молекули озону до речовини, що окислюється, з утворенням озонідів; каталітичне посилення впливу кисню, присутнього в озонованому повітрі.

7). Існують певні умови. Умови озонування залежать від озоностійкості. Існує така класифікація домішок за озоностійкістю:

- до першої групи (легко взаємодіють речовини) віднесено: гумінові кислоти, феноли, з'єднання сірки, двохвалентне залізо, патогенні мікроорганізми, деякі види вірусів;

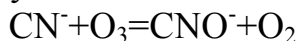
- до другої групи (помірно взаємодіючі) відносяться: колоїдально дисперговані сульфокислоти, деякі види СПАР, альдегіди, кетони, частина нафтопродуктів, органічні сполуки, що містять функціональні групи NH, VNH, СНТ, S, SH, деякі види вірусів;

- до третьої групи (важко взаємодіючі) слід віднести: граничні вуглеводні, деякі види СПАР, пестициди, барвники, спороутворюючі мікроорганізми.

При озонуванні забруднень першої групи процес йде досить швидко, дози озону близькі до стехіометричних, але при глибокій деструкції їх слід збільшити.

Хід процесу оптимізується правильним призначенням рН води. Розглянемо окислення озоном ціанідів. Значення рН приймається 10-13. Вплив температур води на динаміку окислення мінімально, питома доза озону становить 4 мг ціаніду (стехіометрична доза 3.37 мг).

Процес проходить в два етапи: з утворенням ціанатів і до повного руйнування:



Питання аудиторії:

А які є переваги біологічних і хімічних методів очистки стічних вод?

*Переваги методів*

*Лектор 1.* Переваги біологічного методу очистки стічних вод:

1. Глибока біологічна очистка здійснює достатньо високу очистку (до 99%).

2. Екологічна безпечність методу.

3. У воді залишаються біогенні елементи, які сприяють посиленому розвитку водної рослинності (якщо вода в подальшому не буде використовуватися для господарських потреб).

*Лектор 2.* Переваги хімічних методів очистки стічних вод:

1. Більш економічно вигідний метод у порівнянні з біологічним.
2. Не потребує значних затрат часу.
3. В залежності від виду забруднюючої речовини можна обрати селективний метод очистки.

*Питання аудиторії:*

Які ви б могли назвати недоліки біологічних і хімічних методів очистки стічних вод:

*Недоліки методів*

*Лектор 1.* Недоліки біологічного методу очистки стічних вод.

1. Висока вартість.
2. Високі затрати енергії.
3. У стічних водах можуть міститися забруднюючі речовини, які пригнічують розвиток мікроорганізмів (феноли, сульфати, сульфіди).

*Лектор 2.* Недоліки хімічних методів очистки стічних вод:

1. Однозначно не можна назвати метод хімічного очищення стічних вод екологічно безпечним.
2. Деякі варіанти хімічної очистки можуть потребувати високих економічних затрат у зв'язку із використанням великої кількості реагентів.

## **8.4 Висновки**

*Лектор 2.*

Істотний вплив на підвищення кругообігу води може зробити впровадження високоефективних методів очищення стічних вод, зокрема фізико-хімічних, з яких одним з найефективніших є застосування реагентів. Використання реагентного методу очищення виробничих стічних вод не залежить від токсичності присутніх домішок, що в порівнянні зі способом біохімічного очищення має істотне значення. Більш широке впровадження цього методу як у сполученні з біохімічним очищенням, так і окремо, може деякою мірою вирішити ряд задач, пов'язаних з очищенням виробничих стічних вод.

*Лектор 1.*

Саме методом біологічного очищення неможливо очистити стічні води, оскільки стічні води перед біологічним очищенням піддають механічному, а після неї для видалення хвороботворних бактерій і хімічному очищенню, хлоруванню рідким хлором або хлорним вапном. Для дезінфекції

використовують також інші фізико-хімічні прийоми (ультразвук, електроліз, озонування та ін.).

Біологічний метод дає великі результати при очищенні комунально-побутових стоків. Він застосовується також і при очищенні відходів підприємств нафтопереробної, целюлозно-паперової промисловості, виробництві штучного волокна.

### **Питання для самоконтролю**

1. Загальна характеристика біологічного методу очистки стічних вод.
2. Класифікація методів очистки стічних вод.
3. Опис технологічної схеми процесу очистки.
4. Основні речовини, які забруднюються.
5. Очистка речовин біологічним методом.

### **Список використаної літератури**

1. Головенкін В. П. Педагогіка вищої школи: курс лекцій / В. П. Головенкін. – К.: В-во Київського політ. ун-ту, 2007. – 256 с.
2. Туровский И.С. Обработка осадков сточных вод. - М.: Стройиздат, 1984. – 120 с.
3. Методическое руководство по гидробиологическому и бактериологическому контролю процесса биологической очистки на сооружениях с аэротенками. – М.: Изд. МГУ, 1996 – 85 с.
4. Евилович А.З. Утилизация осадков сточных вод. – М.: Стройиздат, 1989. – 215 с.
5. [www.ecoindustry.ru](http://www.ecoindustry.ru)
6. <http://www.waterworks.ru>
7. <http://www.water.ru>
8. Методы охраны внутренних вод от загрязнения и истощения. / Под редакцией И.К. Гавич. – М.: Агропромиздат, 1985. – 320 с.

## Лекція-конференція “Методи очищення замазучених ґрунтів”

### План

9.1 Сільськогосподарська рекультивація

9.2 Хімічні методи очистки

9.3 Біологічні методи очистки

9.4 Нафтошлами

### 9.1 Сільськогосподарська рекультивація

*Питання 1:*

*«Які речовини є найбільш шкідливими для ґрунтів?»*

Нафта і нафтопродукти, вступаючи в навколишнє середовище є постійним джерелом канцерогенного і мутагенного забруднення [1].

*Питання 2:*

*«Який метод очистки найрозповсюдженіший?»*

Сільськогосподарська рекультивація - це система агробіологічних і технологічних заходів, спрямованих на відновлення родючості порушених земель до стану, придатного для сільськогосподарського виробництва. Вона повинна мати переважне поширення у районах зі сприятливими для сільськогосподарських культур ґрунтово-кліматичними умовами, у густонаселених районах з низькою часткою ріллі на душу населення і за наявності родючих зональних ґрунтів.

Сільськогосподарській рекультивації в усіх країнах приділяється особлива увага. Це пов'язано з тим, що щороку значно скорочуються площі сільськогосподарських угідь. Так, підраховано, що за всю історію розвитку людського суспільства у світі втрачено понад 200 млн. га земель, придатних для сільськогосподарського використання. Гострою ця проблема є і в Україні. Адже станом на 1 січня 1999 року для сільськогосподарських потреб, особливо для гірничодобувної промисловості, тут вилучено і порушено понад 265 тис. га сільськогосподарських угідь, на яких недавно одержували високі й сталі врожаї зернових і технічних культур. На території України нині розвідано близько 3 тис. родовищ більше ніж 80 видів корисних копалин, з яких понад 400 родовищ (близько 50 видів) розробляється відкритим способом, що негативно позначається на стані довкілля [2].

*Питання 3:*

*«Чи є якісь особливі умови при проведенні рекультивації ґрунтів замазучених нафтопродуктами?»*

Найбільшою і небезпечною помилкою, яку допускають при рекультивації земель, є засипка розлитої нафти привізним ґрунтом - піском і торфом. При цьому розлита нафта виводиться з процесу мікробіологічного окислення, а "рекультивованих" подібним чином ділянка на багато років стає джерелом постійного забруднення ґрунтових та підземних вод [3].

## 9.2 Хімічні методи очистки

*Питання 4:*

*«Чи використовуються хімічні методи очистки?»*

Хімічні методи знешкодження рідких і твердих відходів, що містять нафту полягають у додаванні до нейтралізуючої маси хімічних реагентів. У залежності від типу хімічної реакції реагенту з забрудненням відбувається осадження, окислення-відновлення, заміщення, комплексоутворення.

Методи осадження засновані на іонних реакціях з утворенням мало розчинних у воді речовин і особливо ефективні при нейтралізації важких металів і радіонуклідів. Метод осадження органічних забруднень заснований на двох типах реакцій: комплексоутворення і кристалізація. Осадження використовують для очищення ґрунту від поліхлорованих біфенілів, пентахлорфенол, хлорованих і нітрованих вуглеводнів. Реагенти можуть бути як в рідкій, так і в газоподібній фазах. Однак при цьому відбувається збільшення обсягу знешкодженої маси.

Методи управління окислювально-відновною реакцією середовища дозволяють переводити сполуки важких металів і радіонуклідів у важко розчинні у воді гідроксиди, а також руйнувати ціаніди, нітрати, тетрахлориди та інші хлорорганічні сполуки.

Для хімічної іммобілізації або комплексоутворення використовують неорганічні в'язучі типу цементу, золи, силікатів калію і натрію, вапна і гелеутворюючих речовин (бентоніт або целюлоза). Іммобілізацію використовують для зв'язування важких металів, радіоактивних відходів, поліциклічних і ароматичних вуглеводнів, трихлоретилену і нафтопродуктів.

*Питання 5:*

*«Чи є недоліки у цього методу?»*

Недоліком комплексоутворення є нестійкість в'язучих речовин до атмосферної та ґрунтової вологи, швидких змін температури, що призводить в результаті до руйнування композиційного матеріалу. Обсяг відходів після комплексоутворення зменшується тільки в 2 рази [4].

## 9.3 Біологічні методи очистки

*Питання 6:*

*«Що ви можете сказати про біологічні методи очистки ґрунтів?»*

Біологічні методи знаходять все більш широке застосування в нашій країні і особливо за кордоном. Вони засновані на здатності різних штамів мікроорганізмів у процесі життєдіяльності розкласти або засвоювати у своїй біомасі багато органічних забруднювачів. У процесі **біозезараження** відбувається вторинне забруднення атмосферного повітря продуктами гниття клітин мікроорганізмів - сірководнем та аміаком.

Біологічне очищення найчастіше використовується для нейтралізації органічних токсикантів та важких металів, а також азотних і фосфорних сполук



у ґрунтах. Біологічні методи можна умовно поділити на мікробіодеградацію забруднювачів, біопоглинання і перерозподіл токсикантів.

Мікробіодеградація - це деструкція органічних речовин певними культурами мікрофлори, внесеними в ґрунт. Процес біорозкладу протікає з помітною швидкістю при оптимальній температурі і вологості. Мікробіодеградація може бути використана у всіх випадках, де природний мікробіоценоз зберіг життєздатність і видову різноманітність. Хоча процес йде вкрай повільно, його ефективність висока.

Біопоглинання - це здатність деяких рослин і найпростіших організмів прискорювати біодеградацію органічних речовин або акумулювати забруднення в клітинах.

*Питання 7:*

*«Які методи чи метод на Вашу думку є найбільш доцільним у використанні?»*

Окрему групу становлять електромагнітні методи, засновані на термічному ефекті при взаємодії електромагнітного випромінювання з речовиною.

У надвисокочастотних полях відбувається швидке і рівномірне прогрівання ґрунту, і при цьому протікають дегідратація, дисоціація карбонатів, окислення і навіть плавлення. Десорбовані органічні сполуки знешкоджуються, наприклад, каталітичним методом.

Знешкодження за допомогою ультрафіолетового і лазерного випромінювання належить також до електромагнітних методів. Активація ароматичних молекул УФ та лазерним випромінюванням призводить до дисоціації молекул з утворенням радикалів і активних комплексів, які швидко окислюються і полімеризуються.

Ефективний для очищення ґрунту від нафтопродуктів ультразвук. Починаючи з критичного значення звукового тиску акустичних хвиль, в рідині виникає кавітація. При сплющуванні кавітаційних порожнин утворюються мікроструї з лінійними швидкостями 300-800 м/с, які зривають з поверхні твердих частинок нафтові забруднення. Ефективність очищення може досягати 99,5-99,8%. При кавітаційних розривах рідини відбувається іонізація і активація молекул, що стимулюють окислення і полімеризацію вуглеводневих молекул.

Розглянуті вище методи є базою для вже створених технологій знешкодження або технологій, що розробляються в даний час. Кожен метод знешкодження відходів і технологія на його основі мають певну нішу, тобто сукупність фізико-хімічних параметрів відходів та можливостей методу, оптимальне поєднання яких дозволяє досягти найбільшого прибутку або мінімальних витрат на знешкодження певного виду відходів при найменшому екологічному збитку природі [5].

## 9.4 Нафтошлами

*Питання 8:*

*« Нафтошлами - це...? »*

Нафтошлами - продукти механохімії, що включають малороздільні і стійкі в часі комплекси дисперсного металу, його окисів і кремнезему з вуглеводнями і водою. Ці комплекси утворюються в результаті спільного переміщення перерахованих компонентів по внутрішнім металевим поверхням нафтовидобувного та нафтопереробного устаткування. Щорічно в Україні утворюється 16-25 млн. т нових нафтошламів. До цього слід додати велику кількість замазучених ґрунтів, в тому числі одержуваних при розливі нафти.

Розміщувати нафтошлами у відкритому ґрунті в земляних коморах - збирати проблеми для нащадків. В Україні вже скупчилося понад 1 млрд. т таких "послань у майбутнє". Із-за великої кількості механодомішок горять вони погано, з виділенням цілого букета токсичних продуктів згоряння. Розділяти термічно (сублімація-піроліз) - енергоємно. При цьому в обох випадках потрібно купувати спеціальні установки спалювання або піролізу укупі з обладнанням для попередньої обробки нафтошламів і замазучених ґрунтів (виділення негорючих фракцій перед піролізом або спалюванням).

От якщо б знайти мікроорганізми, нейтралізуючі нафтошлами без високих температур і дорогих установок. Біологічні методи переробки нафтошламів давно відомі. Однак процес цей тривалий і не всі компоненти нафтошламів мікроорганізмам по зубах (залізо, парафіни), особливо коли вони зустрічаються в комплексі.

Відомо, що будь-які комплекси добре руйнуються з допомогою сильних кислот. Наприклад, сірчана кислота взаємодіє з дрібнодисперсним металом і його оксидами з утворенням на поверхні частки водорозчинного сульфідру заліза. При цьому зв'язки вуглеводнів з цією часткою розриваються і нафтошламівий комплекс руйнується.

Сірчана кислота також реагує і з вуглеводнями, що оточують металеву частинку. Одним з основних процесів органічного синтезу є сульфурвання вуглеводнів з метою отримання миючих засобів. Тобто, сірчана кислота при реакції з вуглеводнями утворює ПАВ. Внаслідок цього водно-вуглеводнева в'язка емульсія стає більш рідкою і молекули сірчаної кислоти легше пробиваються до металевих частинок і частинок ґрунту.

Однак, застосовувати концентровану сірчану кислоту (хімічний спосіб переробки нафтошламів) проблематично, оскільки процес повинен бути закритим і тоді доведеться витратитися на спеціальне обладнання. А на полігоні залпове внесення такої сірчаної кислоти викличе загибель всієї мікрофлори (згадаймо вплив кислих дощів на ґрунт).

Добре б знайти мікроорганізми, для яких сірчана кислота була б продуктом життєдіяльності. Такі мікроорганізми є - тіонові бактерії, виділяють сірчану кислоту, поїдаючи елементарну сірку. При цьому біогенна сірчана кислота утворюється поступово, а не вноситься залпово і супутня тіоновим

бактеріям корисна мікрофлора зберігається. Тобто, в нафтошлами необхідно внести корм для таких бактерій - дисперсну (наприклад, дрібногранульовану) сірку, і тим самим активувати культури і створити необхідне середовище. Середовище, в якому привільно відчують себе:

- Залізобактерії (поїдають частки двовалентних оксидів заліза і дрібнодисперсні частинки заліза, що окислюються на повітрі до вищезазначених оксидів);

- Сульфат бактерії (можуть поїдати всі вуглеводні, аж до парафінів);

- Нафтоокислюючі дріжджі та грибки (поїдають легкі вуглеводні).

Для успішного розмноження цих бактерій необхідні не тільки сірка, залізо та нафтопродукти, чиє окислення дає енергію, але і будівельний матеріал - інші біофільні елементи та мікроелементи ( P, K, Mg). У найбільш збалансованому вигляді вони знаходяться в гною - продукті мікробіологічної переробки рослинного корму. При відсутності гною він може бути замінений тирсою або активним мулом зі споруд очистки стоків.

З урахуванням вищесказаного, технологія переробки нафтошламів і замазучених ґрунтів, заснована на хіміко-біологічному способі впливу, неминуче включить в себе наступні стадії:

- Внесення у вихідний продукт елементарної сірки (енергетична їжа для тіонових бактерій);

- Додаток гною (живильні елементи та мікроелементи, що сприяють розмноженню бактерій, дріжджів та грибів);

- Додаток ґрунтування як природного середовища існування необхідних мікроорганізмів, а також, у разі потреби, для зниження частки нафтопродуктів у суміші до 25-30%;

- Періодичне зволоження буртів дощуванням (анаероби використовують для окислювання сірки, заліза і вуглеводнів воду).

При такій схемі спеціалізованих капіталовкладень взагалі не потрібно. На різних стадіях технологічного процесу разово залучається будівельна та сільськогосподарська техніка:

- Самоскиди для доставки всіх компонентів (ґрунт, нафтошлами, замазучений ґрунт, гній, сірка);

- Бульдозер для перемішування компонентів і створення аерованих буртів;

- Екскаватор, для навантаження у самоскиди вихідних компонентів (ґрунт, гній, замазучені ґрунти і нафтошлами);

- Автоцистерна, для поливу аерованих буртів (частота поливу залежить від клімату і пори року).

Після переробки ми отримуємо ґрунт, що містить живу органіку в вигляді колоній тіонових бактерій, залізобактерій і сульфат бактерій, нафтоокислюючих дріжджів та грибків.

Тобто, елементарна сірка з попутного продукту впевнено перетворюється на важко утилізований відхід процесу переробки вуглеводнів.

Біорозклад вуглеводнів сульфат бактеріями відбувається з виділенням сірководню та органічних кислот, спиртів, альдегідів, що володіють поверхневою активністю і сприяють інтенсивному відмиванню нафти з поверхні ґрунту за рахунок зниження між фазного натягу між ґрунтом і нафтою, що ще більше підсилює ефект очищення.

Отриманий в результаті мікробіологічної переробки субстрат може використовуватися в якості ґрунту для вирощування сільськогосподарських рослин.

Фахівцями ТОВ "Інжиніринг" (м. Астрахань) проведені випробування запропонованої технології. При цьому дрібно гранульована сірка вносила в субстрат з певними добавками, стимулюючими зростання колоній сірчаних бактерій.

У результаті випробувань, проведених протягом двох років в лабораторії і на полігоні, встановлено:

- Розчинність гранул сірки (руйнування комплексів) у зволоженому ґрунті складає не більше доби при позитивній температурі;

- Процес окислення вуглеводнів (нейтралізації нафтошламів) займає не більше двох місяців (фото 1, 2);



Рис 9.1. Частина замазученого ґрунту до початку переробки – 14 серпня 2008 р.



Рис 9.2 Той же грунт після переробки - 7 жовтня 2008 р.

При підвищених температурах атмосферний (літо) процес окислення йде більш інтенсивно, з характерним запахом виділення сірководню (ознака роботи сульфат бактерій). Після закінчення процесу біорозклад вуглеводнів виділення сірководню припиняється.

Очевидно, що при нормальних температурах сірководень, який виділяється встигають поглинати тіонові бактерії, які знову виробляють з нього сірчану кислоту. Тобто, ми маємо справу з циклічним процесом використання сірки бактеріальною спільнотою, що скорочує загальні потреби процесу в сірці. Циклічність процесу підтримується також воднем, що виділяється при взаємодії біогенної кислоти з дрібнодисперсним металом.

Лабораторні дослідження зразків до і після обробки показали вміст нафтопродуктів і сірки в межах відповідних норм СанПіН.

У підготовлені контрольні зразки з стандартного торфогрунту і дослідні зразки з переробленого ґрунту, був посаджений ячмінь. При однаковому догляді схожість і зростання у дослідній і контрольній групі були порівняні.

Отже, технологія, розроблена ТОВ "Інжиніринг" (м. Астрахань):

- Оперативно рекультивують нафтошлами незалежно від співвідношення їх основних компонентів і замазучених ґрунтів незалежно від ступеня їх забруднення;
- Не вимагає суттєвих капіталовкладень;
- Не забруднює навколишнє середовище знову утворюваними токсичними відходами [6].

## **Питання для самоконтролю**

1. Сільськогосподарська рекультивация.
2. Хімічні методи знешкодження рідких і твердих нафтовмісних відходів.
3. Біологічні методи очистки ґрунтів.
4. Охарактеризуйте нафтошлами.
5. Біологічні методи переробки нафтошламів.

## **Список використаної літератури**

1. Новіков В.М., Ігнатова В.В., Костанді Ф.Ф. Механізація збирання та утилізації гною. - М.: Колос, 1982. – 70 с.
2. Соромоті А.В., Гашек С.М., Казанцев М.М., Рибін І.М. Шляхи та засоби досягнення збалансованого еколого-економічного розвитку в нафтових регіонах Західного Сибіру. – М.: Металургія, 2000. – 58 с.
3. Клус А.Р., Несторенко А.І. Досвід практичного застосування способу комплексного очищення замазучених територій. – М.: Київ, 2002. – 76 с.
4. Андерсон Р.К. Біотехнічні методи ліквідації забруднення ґрунтів нафтою і нафтопродуктами. – М.: Москва, 1993. – 147 с.
5. Вацуріна А.В., Есікова Т.З., Холоденко В.П., Вайнштейн М.Б., Дубкова В.І. Корозія зразків трубопровідної сталі і сполучена трансформація сірчаних сполук тіоновими бактеріями. – М.: Наука, 2005. – 567 с.

## Лекція – візуалізація “Метод очищення ґрунту біоштамами в природних умовах”

### План

- 10.1 Вступ
- 10.2 Біоремедіація
  - 10.2.1 Використання мікроорганізмів і грибів
  - 10.2.1 Біоремедіація *in situ*
  - 10.2.2 Біоремедіація *ex situ*
  - 10.2.3 Інші поліпшені методи біоремедіації
- 10.3 Мікробна деструкція похідних циклічних вуглеводнів ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -гексахлорциклогексанів) у ґрунті
- 10.4 Біодеградація нафтозабруднених ґрунтів
- 10.5 Універсальна мобільна система для очищення ґрунтів (УМСОГ)
- 10.6 Принцип роботи
- 10.7 Очищення ґрунту після обробки в УМСОГ
- 10.8 Досвід використання
- 10.9 Висновки

### 10.1 Вступ

Львівська "фосфорна" катастрофа доставила чимало переживань. Дивлячись на знівечену аварією українську землю, кожен задавався питанням: коли ж вона зможе оговтатися від завданої шкоди? Дані дослідників на цей рахунок не радують: щоб екологічна рівновага ґрунту після хімічної аварії прийшла в норму, може знадобитися до ста років. Втім, вчені зуміли поставити на службу прогресу і такі "брудні" території. Там вони знаходять унікальні мікроорганізми, яким виявилися "по зубах" різні хімічні речовини. Так що замість екскаваторів і лопат рятувальники дуже скоро зможуть застосувати всього лише легкий душ з мікробною суспензією.

"Коли в природу потрапляють невластиві їй забруднювачі, то спочатку бактерії просто захищаються від них", – стверджує начальник відділу екологічної біотехнології НДЦ токсикології і гігієнічної регламентації біопрепаратів Геннадій Жаріков. Мікроби створюють власні "захисні скафандри" – потовщують клітинні стінки, починають виробляти ферменти, що протидіють згубному впливу забруднювачів. У результаті виживають деякі. За даними вчених, кількість корисної мікрофлори в ґрунті, що потрапила під дію шкідливих речовин, зазвичай зменшується в тисячі разів. Однак природа не терпить порожнечі. Тому на зміну мікробам, що зуміли захиститися від небезпеки, приходить нове покоління мікроорганізмів, які вже не мислять життя без екологічних "шкідників". Більше того – вони поступово вчаться харчуватися хімічними забруднювачами. Для цього мікроби виділяють особливі ферменти. Все відбувається як в шлунку людини: є різні речовини,

щоб перетравлювати м'ясо і овочі, фрукти та хліб. Для бактерій, які виростили в умовах забруднення, "хлібом насущним" можуть стати і нафта, і пестициди, і ракетне паливо, і навіть бойові отруйні речовини [1].

Поступово інформація про зміни накопичується в спадковому апараті бактерії. Це відбувається досить швидко: "діти" і "онуки" мікробів з'являються кожні кілька годин. Еволюція не змушує себе чекати. Виходить, що за 20-30 років на якому-небудь занедбаному складі застарілих хімічних добрив виростає нова "раса" мікроорганізмів. В екстремальних умовах можуть селекціонувати особливі бактерії. Наприклад, здатні з'їсти не тільки хімічний забруднювач, а й взагалі весь ґрунт, залишивши один пісок". Є випадки, коли "виведені" природою види мікробів стають небезпечними для людини і можуть розмножуватися всередині його організму. У роботі "шукачів бактерій" бували випадки, коли штами мікробів, знайдені з такими труднощами, після токсикологічних випробувань ретельно знищувалися. Існує Конвенція про заборону на розробки біологічної зброї, до якої приєдналася Україна та Росія. Зберігати такі штами і вести з ними роботи не можна, адже в цьому випадку є ризик випустити на світ бактеріального монстра". Тому люди, що працюють з незвичайними мікробами, повинні дотримуватись особливої техніки безпеки. Часто це колишні співробітники оборонних інститутів, які звикли мати справу з самими небезпечними мікробами.

Чому ж біологи взагалі займаються цією брудною роботою? Адже сучасні дослідники, трохи "перекроївши" геном бактерії, в принципі вже здатні створити мікроорганізм із заданими властивостями. Проблема в тому, що" лабораторний "мікроб, як правило, недовго зберігає свої якості після того, як його помістять в дике середовище проживання. Ще б пак: нам і не снилася та запекла боротьба за виживання, яку ведуть члени будь-якого мікробного співтовариства в природі, конкуруючи між собою. Штучний мікроорганізм, вирощений в тепличних умовах, просто "зламається" серед загартованих бійців. Він або зникне, або зміниться. Зовсім інша справа – бактерія, яка придбала корисні властивості, перемігши своїх суперниць. Її можна культивувати роками, не боячись, що вона зміниться. А якщо так, то у вчених немає іншого виходу, як, озброївшись лопатами і пробірками, "закопуватися" в найбрудніші куточки Землі.

Дослідники розшукують старі заводи, нафтоховища, занедбані склади, набиті застарілими хімічними добривами. Посилають запити в земельні комітети і отримують відомості про радгоспи, де протягом десятиліть використовували пестициди. Для того щоб знайти штами бактерій, здатні харчуватися ракетним паливом, гептилом, довелося добути інформацію про місця аварій. "Наприклад, в Тульській області років 20 тому перекинулася цистерна з гептилом, і паливо вилилося на землю, – розповідає Жаріков. – Все, що було можна, рятувальники тоді зібрали. Останнє закопали. Цей-то могильник нам і довелося розкопувати у пошуках бактерій" [2, 3].

Втім, дістатися до відповідного забрудненого містечка і дістати звідти бактерії – ще пів справи. Як з безлічі різних мікробів виділити тільки ті, у яких



токсична речовина викликає апетит? Спочатку ґрунт розводять у воді, потім цим розчином поливають спеціальне мікробіологічне середовище, в якому не ростуть звичайні мікроби. Розмножуватися тут можуть тільки ті бактерії, для яких шкідлива "хімія" їстівна. Але раптом мікроб недостатньо ненажерливий? Поправимо і це. "Є способи" розсердити "бактерію, зробивши її більш активною, і навіть злегка" підправити "її смакові пристрасті", стверджують вчені. Потім придатні штами довго перевіряють в польових умовах. З одного боку, ученим важливо довідатися, як поведуть себе відібрані бактерії серед природних "хуліганів", які не дадуть їм розслабитися, з іншого - добре б зрозуміти, чи зупиняться мікроби, з'ївши, наприклад, всю нафту в ґрунті, або підуть далі. "Уявіть, що на обідньому столі є і м'ясо, і овочі, і хліб, і різні фрукти, - образно пояснює Жаріков. - Але нам потрібний мікроб, який їв би тільки груші. А у разі їх відсутності гинув". Знайдених "гурманів" довго перевіряють на безпеку. Лише потім ці бактерії депонують в колекції промислових мікроорганізмів при Державному науково-дослідному інституті генетики та селекції промислових мікроорганізмів [4]. На найцінніші штами оформляють патенти.

## **10.1 Біоремедіація**

Біоремедіація – комплекс методів очищення вод, ґрунтів і атмосфери з використанням метаболічного потенціалу біологічних об'єктів – рослин, грибів, комах, хробаків та інших організмів [5].

### **10.2.1 Використання мікроорганізмів і грибів**

Головну роль в деградації забруднень грають мікроорганізми [6].

Біоремедіація забруднених ґрунтів і ґрунтів після забруднення нафтопродуктами являє собою набір технік, заснованих на застосуванні біологічних агентів для очищення ґрунтів і ґрунтів від поллютантів. Частіше за все для біоремедіації ґрунтів використовуються мікроорганізми, зазвичай бактерії і гриби; рідше - рослини. Вибір певної технології біоремедіації ґрунтується на основі таких критеріїв як природні умови місця очищення, властивості ґрунту, концентрація та рівень токсичності поллютантами і т.д. Застосовувані в біоремедіації ґрунтів технології розробляються методами *in situ* і методи *ex situ* [5].

### **10.2.2 Біоремедіація *in situ***

Біоремедіація *in situ* заснована на очищенні середовища від поллютанту без видалення забрудненого ґрунту з району забруднення. Оскільки технології цього типу не вимагають проведення землерийних робіт, вони є більш дешевими, створюють менше запилення повітря і вивільняють менше летючих поллютантів, ніж технології *ex situ*. Один з підходів біоремедіації *in situ* полягає

у введенні в забруднений ґрунт кисню за допомогою спеціального обладнання, з тим, щоб стимулювати ріст мікроорганізмів та аеробну біодеградацію поллютантів. Дана техніка найчастіше застосовується для очищення від різних нафтопродуктів. Крім кисню стимуляція біодеградації може здійснюватися шляхом введення в ґрунт поживних речовин для стимуляції росту та метаболізму мікроорганізмів, які здійснюють деградацію поллютантів. Найчастіше для цих цілей використовують азот- і фосфорвмісні добрива. Іншим поширеним підходом є введення в ґрунт мікроорганізмів (у тому числі генетично модифікованих) або ферментів для прискорення деградації органічних поллютантів, присутніх в ґрунті [5, 6].

### 10.2.3 Біоремедіація *ex situ*

Біоремедіація *ex situ* заснована на знятті шару забрудненого ґрунту і очищенні його від поллютантів за межами місця забруднення, що робить цей підхід більш дорогим, ніж біоремедіація *in situ*. Тим не менш, у технологій даного типу є ряд переваг: вони вимагають менше часу і забезпечують повний контроль процесу очищення. Одним з типів застосовуваних при біоремедіації *ex situ* технологій є використання біореакторів. Перед приміщенням в біореактор з ґрунту видаляються великі камені, ґрунт піддається перемішуванню, що робить його більш однорідним; після додавання води утворюється глиниста суспензія. До цієї суспензії вносяться мікроорганізми, що проводять очистку від поллютантів ґрунту, для яких у реакторі створюються оптимальні умови. Після завершення процесу очищення ґрунт висушується і повертається в навколишнє середовище. Інший підхід біоремедіації *in situ* полягає в тому, що вилучений з місця забруднення ґрунт розміщується на певній території, її забезпечують аерацією, живильними речовинами і водою для стимуляції росту та метаболізму мікроорганізмів, які здійснюють біоремедіації. У порівнянні з очищенням за допомогою біореакторів, дана технологія потребує багато місця і займає довше часу. Можна виділити кілька різних варіантів такого підходу. В одному з варіантів забруднений ґрунт видаляють з місця забруднення і розподіляють тонким шаром на площі, спеціально обгородженій по периметру для запобігання поширення забруднення за її межі. Ґрунт розорюють для забезпечення доступу кисню ґрунтовим мікроорганізмам. Також над ґрунтом розбризкують воду, що дозволяє підтримувати оптимальну вологість і знижує запиленість повітря. Забруднений ґрунт можна також складати товстим шаром заввишки 1-3 метри. При цьому аерація шляхом оранки замінюється аерацією за допомогою системи труб, що доставляють в ґрунт повітря для стимуляції біодеградації. У даному випадку ґрунт зазвичай змішують з якою-небудь рихлою речовиною (наприклад, соломою), щоб полегшити аерацію. У процесі ремедіації через продувки повітря відбувається випаровування з ґрунту різних речовин, у тому числі самого поллютанту, тому система обов'язково забезпечується датчиком складу ґрунтових випарів. Також у ґрунт додають добрива і підтримують на

певному рівні вологість. При змішуванні ґрунту з великою кількістю розпушувачів (сіна, соломи) аерацію можна здійснювати за допомогою вакуумних насосів або вентиляторів. Таку суміш також можна аерувати шляхом перемішування у спеціальних резервуарах. Ще один варіант – розміщення забрудненого ґрунту з розпушувачем в довгі купи, регулярно перемішують тракторами. У всіх цих трьох випадках співвідношення розпушувач / ґрунт складає приблизно 1/3. Після кожного перемішування ґрунт вкривається, що дозволяє підтримувати потрібну температуру і вологість. Очищення таким способом займає тижні замість звичайних для біоремедіації ґрунтів місяці [5].

#### **10.2.4 Інші поліпшені методи біоремедіації**

Існує цілий ряд методів біоремедіації, що дозволяють проводити більш повне очищення ґрунтів, причому як в умовах *in situ* так і *ex situ*. Однією з таких перспективних технологій є застосування піни. Суміш піноутворюючої речовини разом з деградуючими бактеріями накачується стисненим повітрям на певній глибині ґрунту. Піна мобілізує забруднюючі речовини (зокрема рідкі вуглеводні) і підвищує їх біодоступність. За допомогою вакуумного насоса суміш піни, бактерій і деградуючого полютанту викачується з ґрунту, полютант виділяється на подальшу деградацію, а очищену піноутворюючу речовину знову використовують разом з мікроорганізмами для очищення.

Інша перспективна технологія біоремедіації ґрунту заснована на механізмі електролізу. У ґрунт поміщають дві протилежно електрично заряджених конструкції (по суті, катод і анод). Відбувається електроліз ґрунтової води, утворюється водень та стимулюючий метаболізм деструкторів кисень. Крім стимуляції киснем, ріст і метаболізм мікроорганізмів стимулюється підвищенням температури, супроводжуваним електролізом. Водень і кисень, а також інші виділяемі із ґрунту газоподібні речовини, потім збирають в танкер. Після змішування в танкері вони назад закачуються в ґрунти. Також в ґрунти постачається вода і лактат для забезпечення оптимальної вологості і рН[7].

#### **10.3 Мікробна деструкція похідних циклічних вуглеводнів ( $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ -гексахлорциклогексанів) у ґрунті**

Тривале застосування засобів хімічного захисту рослин призвело до того, що їхнє накопичення в оточуючому середовищі перетворилось на постійно діючий шкідливий фактор.

Пестициди – це сотні діючих речовин і десятки тисяч препаратів, за відсутності інформації щодо їх екотоксикологічних властивостей значно зростає небезпека їх застосування. Серед властивостей пестицидів, з точки зору їх впливу на довкілля, найбільш важливими є персистентність, тобто стійкість проти руйнування, що зумовлює тривале зберігання у воді і ґрунті без перетворення у безпечні продукти, а також розчинність і пов'язана з нею міграційна здатність. Так, залишки  $\alpha$ -, $\beta$ -, $\gamma$ - ГХЦГ можуть зберігатися у ґрунті

понад 2 роки, розчинність препаратів у воді є невисокою і становить 20 мг/л, а міграція з рідкою і твердою фазами ґрунту не перевищує 10% від внесеної кількості. Ізомери ГХЦГ зберігають свої властивості за дії світла, високих температур, кислого середовища, але можуть піддаватися гідролізу при високих значеннях рН.

Очищення ґрунтів, забруднених стійкими органічними речовинами – одна із гострих сучасних проблем як в Україні, так і в світі. Найперспективнішим вважається біологічний метод очищення – біоремедіація. Однак цей метод використовують лише у 5–10% випадків очищення забруднених територій. Одна з причин обмеженого застосування біоремедіації – підвищена токсичність забруднених ґрунтів для мікроорганізмів – деструкторів.

Метою даних досліджень було вивчення мікробних угруповань ґрунту та динаміки вмісту у ньому пестицидів – хлорорганічних похідних поліциклічних вуглеводнів -  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -ізомерів гексахлорциклогексану за умов застосування селекціонованої мікробної асоціації мікрос.

#### 10.4 Біодеградація нафтозабруднених ґрунтів

В даний час нафта і нафтопродукти визнані головними забруднювачами навколишнього середовища. Навіть при сучасних досягненнях з охорони навколишнього середовища забруднення ґрунтів нафтою в процесі її видобування, транспортування та зберігання залишається проблемою не вирішеною [11].

Надходження нафти в навколишнє середовище пов'язане з витоком її з пошкоджених трубопроводів, при фонтануванні з розбурених та експлуатаційних свердловин. Присутня вона також у складі бурових розчинів. Через високий ступінь забруднення має місце відчуження земельних угідь з сільськогосподарського обороту, які стають практично непридатними для землеробства, порушується екологічна рівновага природних ландшафтів, сповільнюється розвиток, а при високих концентраціях спостерігається і загибель живих організмів ґрунту.

Щорічно у Світовий океан скидається близько 10 мільйонів тон нафти. Фотозйомка з супутників, безпосередні спостереження в морях і океанах дають підстави вважати, що приблизно третина поверхні води вже покрита найтоншою райдужною плівкою. Такий стан загрожує багатьма неприємностями, причому глобального масштабу.

Найтонша плівка нафти на поверхні води зменшує випаровування з цієї ділянки на 60%. У результаті посилюється нагрів водної поверхні. Перепад температур сприяє виникненню більш частих циклонів.

Чимало бід завдає нафта і самому морю. Тонна нафти може забруднити близько 12 км<sup>2</sup> поверхні океану, занастити в ньому все живе. Адже планктон, молодь риби і багато дорослих мешканців океану більшу частину життя

проводять саме в при поверхневих шарах води, де зустріч з нафтою особливо вірогідна.

Проблема очищення навколишнього середовища від нафтових забруднень набуває все більшої гостроти у зв'язку з обмеженістю можливостей (а іноді й екологічної шкоди) застосування для цих цілей механічних та фізико-хімічних способів очищення.

У зв'язку з цим останнім часом все більше увагу екологів привертає біологічний метод очищення від нафтових забруднень. Метод заснований на застосуванні мікроорганізмів, здатних використовувати вуглеводень нафти як єдине джерело вуглецю. Це дає можливість видалити нафту до фонових значень при низьких експлуатаційних витратах і простоті рішення [11, 12].

Метою досліджень є вивчення гетеротрофної мікрофлори ґрунту навколо Мінгбулакського нафтового родовища (Узбекистан), виділення активних вуглець окисних бактерій. Для лабораторних аналізів проби ґрунту відбирали протягом всього сезону року в зоні 200, 1500, 5000, 8000, 12000, 20000 метрів від нафтової свердловини. Кількість бактерій визначали методом граничних розділень з наступним висівом на м'ясопептонний агар, для вуглевод окисних бактерій (УГБ) [12]. При посіві ґрунту на МПА виявили, що кількість гетеротрофних бактерій за сезонами року змінювалося мало. Так, у ґрунті, віддавати ленній від свердловини на 200 м, їх чисельність протягом року не перевищувала  $4 \cdot 10^5$  кл / г, в інших зразках (1500, 5000, 8000, 20000 м) досягала  $4 \cdot 10^6 - 6 \cdot 10^6$  кл / м. Кількість УГБ не перевищувало  $10^3$  кл / г, що значною але нижче екологічного рівня.

У процесі роботи виділили 25 монокультур бактерій, здатних рости на середовищах, що містять нафту в якості єдиного джерела вуглецю. Культивування бактерій проводили в 0,5-літрових колбах з рідким середовищем Раймонда з 1%-вою нафтою в початкових умовах (180 об / хв.) при температурі 28-30 ° С. З колб, де спостерігалось активне руйнування нафтової плівки протягом 3-5 днів, виділили найбільш активні штами бактерій, які були визначені до виду, в основному представники родів *Pseudomonas* і *Bacillus* [13]. У вигляді асоціації бактерії вносили в ґрунт, забруднений нафтою. Досліди із забрудненим ґрунтом проводили в судинах, куди вносили по 10 кг землі, гній з розрахунку 20 кг/га та мінеральні добрива N120-140, P80-100, K30-40. Для вивчення фітомерідаційних властивостей використовували бавовник сорту "Наманган-77", пшеницю, кунжут, конюшину. Добре відомо, що ризосферна деградація є одним з механізмів фітомерідації. При цьому мікроорганізми беруть участь у безпосередній деградації забруднювача, відходить зниження фітотоксичності забруднювача, спостерігається стимуляція росту рослин .

Всі вивчені рослини виявилися стійкими до нафтового забруднення. Деяка затримка росту спостерігалася у бавовнику [14].

Таблиця 10.5 – Зміна кількості вуглець окисних бактерій в ризосфері рослин, культивованих в ґрунті, забрудненому нафтою

Отдаленность от скважины, м	Варианты опытов	Количество бактерий кл/г месяц				
		Исходное количество УОБ	Количество внесенных УОБ	Через 2 месяца	Через 4 месяца	Через 6 месяцев
200	Почва+контроль	$1,1 \times 10^3$	-	$1,2 \times 10^3$	$1,6 \times 10^3$	$6 \times 10^3$
	Почва+УОБ	$1,1 \times 10^3$	$10^6$	$1,2 \times 10^4$	$1,2 \times 10^4$	$1,3 \times 10^4$
	Почва+УОБ+Хлопчатник	$1,1 \times 10^3$	$10^6$	$1,3 \times 10^5$	$2,2 \times 10^5$	$2 \times 10^5$
	Почва+УОБ+Пшеница	$1,1 \times 10^3$	$10^6$	$1,4 \times 10^5$	$2,2 \times 10^5$	$2,5 \times 10^5$
	Почва+УОБ+Кунжут	$1,1 \times 10^3$	$10^6$	$1,5 \times 10^6$	$2,2 \times 10^6$	$2,2 \times 10^6$
	Почва+УОБ+Клевер	$1,1 \times 10^3$	$10^6$	$1,5 \times 10^6$	$2,3 \times 10^6$	$2,0 \times 10^6$
1500	Почва+контроль	$1,4 \times 10^3$	-	$1,5 \times 10^3$	$1,8 \times 10^3$	$7,0 \times 10^3$
	Почва+УОБ	$1,4 \times 10^3$	$10^6$	$1,5 \times 10^4$	$2,0 \times 10^4$	$1,8 \times 10^4$
	Почва+УОБ+Хлопчатник	$1,4 \times 10^3$	$10^6$	$1,5 \times 10^5$	$2,3 \times 10^5$	$2,3 \times 10^5$
	Почва+УОБ+Пшеница	$1,4 \times 10^3$	$10^6$	$1,6 \times 10^5$	$2,1 \times 10^5$	$2,1 \times 10^5$
	Почва+УОБ+Кунжут	$1,4 \times 10^3$	$10^6$	$2,3 \times 10^6$	$2,8 \times 10^6$	$2,5 \times 10^6$
	Почва+УОБ+Клевер	$1,4 \times 10^3$	$10^6$	$2,0 \times 10^6$	$2,2 \times 10^6$	$3,0 \times 10^6$

Найкраще розвиток спостерігався у кунжуту, як у сильно забрудненому ґрунті (200 м від свердловини), так і в слаботоксичному (1500 м). Внесені в ґрунт вуглеочисні бактерії виявилися конкурентно здатними по відношенню до аборигенної мікрофлори, вони інтенсивно заселяли зону ризосфери рослин, чисельність бактерій досягала фонових значень. Визначення загальної кількості мікроорганізмів у ґрунті, проведене в кінці вегетації рослин, показало їх значне збільшення в порівнянні з вихідною чисельністю, а також зниження в ґрунті концентрації вуглеводнів нафти з 140 г/кг до 120 г/кг за 6 місяців.

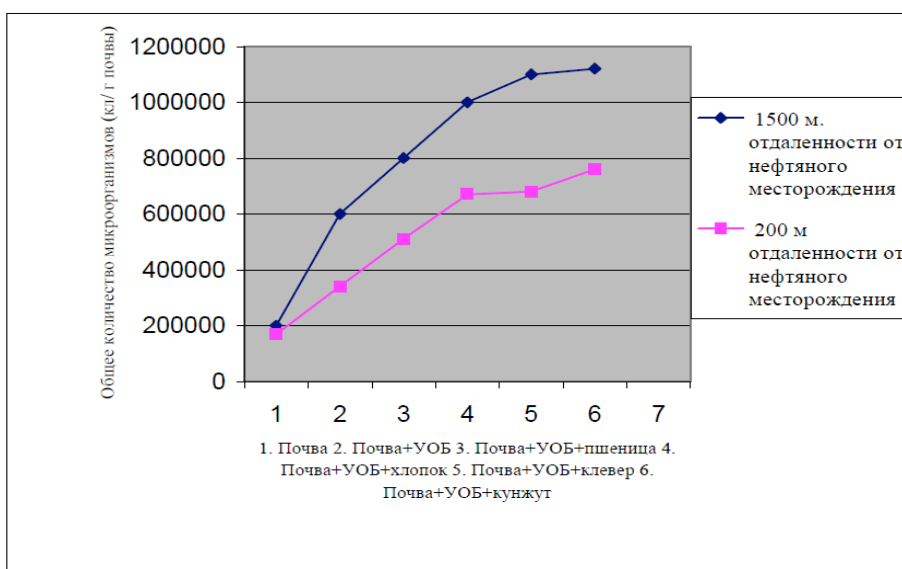


Рис. 10.3 – Загальна кількість мікроорганізмів у ґрунті, забрудненому нафтою

Проведені дослідження поклали початок створенню колекції бактеріальних культур – активних деструкторів нафти, перспективних для біомеридіації ґрунтів. Мета цих досліджень полягає в пошуку способу біологічної очистки ґрунтів, забруднених вуглеводнями нафти. В даний час виділено кілька штамів вуглецевоокисних бактерій.

Є значна кількість цікавих патентів, як вітчизняних так і закордонних за темою очистки ґрунту від різноманітних забрудників з допомогою мікроорганізмів.

Так, відомий спосіб очищення води, ґрунту і поверхонь від забруднення нафтою та нафтопродуктами заснований на використанні як культури мікроорганізмів штаму бактерій *Acinetobacter oleovorans* і мінеральних добавок, що містять азот в амонійній формі і фосфор у фосфатній формі [11].

Істотним недоліком способу є його не екологічність, так як внесення у навколишнє середовище мікроорганізмів, не властивих їй, може призвести до порушення біологічної рівноваги, що може стати причиною непередбачуваних екологічних наслідків.

Найбільш близьким способом, обраним в якості прототипу, є спосіб очищення води і ґрунтів від нафтових забруднень у якому для очищення використовують суміш бактеріальної культури природного штаму *Pseudomonas putida*-36 і мінерального добрива нітроамофоски. Для отримання біомаси клітин штаму *Pseudomonas putida*-36 культуру вирощують на рідкому або твердому живильному середовищі, що включає джерела азоту, фосфору і калію. Культуру мікроорганізмів змішують з мінеральним добривом і водою в певних пропорціях і рівномірно наносять на забруднену поверхню.

Спосіб екологічно чистий, тому що вноситься культура мікроорганізмів, яка містить ті види мікроорганізмів, які звичайні для даного району і постійно присутні у воді та ґрунті. Тим самим виключаються віддалені непередбачувані екологічні наслідки, пов'язані з інтродукцією сторонніх видів мікроорганізмів, що може мати місце при використанні технології, заснованої на прототипі. Оскільки використовуються мікроорганізми, широко поширені в природі, то виключається ризик зараження ними людини і тварин.

Спосіб економічно вигідний, так як для свого здійснення не вимагає складного технологічного обладнання, необхідного для реалізації способу прототипу.

Отримані практичні результати дозволяють констатувати, що таким способом за один літній сезон можна очистити великі площі (десятки га) при вихідному вмісті нафти 40-50% [12].

Крім використовуваних в прототипі мінеральних добавок, що містять азот, фосфор, калій, для забезпечення умов існування мікроорганізмів необхідно додатково використовувати мінеральну добавку, що містить магній. Без магнію вище названі добавки не стимулюють життєдіяльність мікроорганізмів.

У винаході запропоновані оптимальні параметри здійснення способу, що дозволяють отримати максимальний ефект при очищенні забруднених районів з мінімальними витратами [14].

## 10.5 Універсальна мобільна система для очищення ґрунтів (УМСОГ)



Рис. 10.4 – Універсальна мобільна система для очищення ґрунтів

## 10.6 Принцип роботи

В основі УМСОГ лежить обробка ґрунту хімічними реагентами або біологічними мікроорганізмами (бактеріями). Реагенти та бактерії багато років успішно застосовувалися для очищення ґрунтів, однак їх використання обмежувалося недосконалістю технології їх введення в ґрунт.

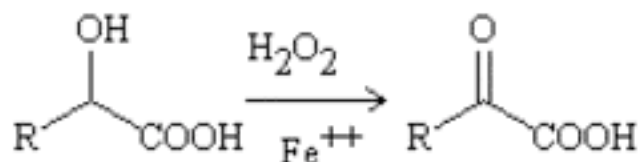
УМСОГ являє собою комплексну систему, яка подрібнює забруднений ґрунт, і, забезпечуючи необхідну вологість і доступ повітря, збризкують в ґрунт хімреагенти або біопрепарат в необхідних кількостях і пропорціях.

## 10.7 Очищення ґрунту після обробки в УМСОГ

Таким чином УМСОГ забезпечує моментальний доступ хімреагентів/біопрепаратів до найдрібніших частинок ґрунту, в результаті чого ефективність і швидкість впливу хімреагентів/біопрепаратів на ґрунт підвищується в багато разів у порівнянні з використанням хімреагентів/біопрепаратів без УМСОГ.

Наприклад, з використанням хімреагентів у ґрунті нафту і нафтопродукти в результаті реакції Фентона, окиснення гідроксильної групи  $\alpha$ -оксикислот або  $\alpha$ -гліколей в карбонільну групу дією пероксиду водню в присутності солей заліза (II) (реактив Фентона), моментально перетворюються на воду і вуглекислий газ. Ґрунт виходить з УМСОГ вже чистим.





При використанні бактерій час очищення ґрунту скорочується у багато разів. Якщо очищення ґрунту бактеріями без УМСОГ може зайняти півроку, використання тих же бактерій в УМСОГ дозволяє отримати чистий ґрунт вже через кілька днів. Крім того, УМСОГ дозволяє разом з бактеріями вводити в ґрунт стимулюючі хімреагенти, що може значно підвищити ефективність бактерій.

УМСОГ має доступ до бази даних хімреагентів і бактерій, які на сьогоднішній день можуть очищати ґрунт від більш ніж 140 різних забруднюючих речовин. На підставі інформації про тип ґрунту, характер і ступінь забруднення можна встановити параметри роботи машини, вибрати необхідні реагенти/бактерії.

Завантажувач засипає ґрунт у контейнер 12, ґрунт подається в камеру 16 де в неї через патрубки 18, 20, 22 дозовано впорскуються реагенти з контейнерів 30, 32, 34, після чого ґрунт потрапляє в камеру 36 зі спеціальним дробильним механізмом який подрібнює ґрунт до необхідного ступеня і перемішує її з реагентами. За рахунок автоматичного контролю швидкості надходження ґрунту, подачі реагентів, ступеня дроблення, подачі повітря та інших параметрів досягається максимальна ефективність дії реагентів і максимальна швидкість обробки.

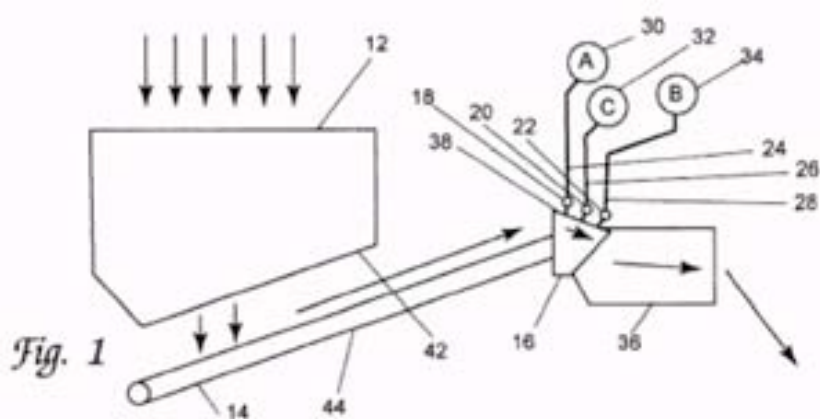


Рис. 10.5 Схема УМСОГ

За розмірами УМСОГ порівняна з пасажирським фургонем, її можна перевозити в 20 футовому контейнері або на причепі, на УМСОГ стоять колеса

і дизельний двигун, вона сама переміщається по майданчику і управляється радіоуправлінням.

### **10.8 Досвід використання**

УМСОГ активно застосовують в США з 1998 року. УМСОГ успішно використовувалася для очищення ґрунтів від авіаційного палива на американських військових базах, для очищення ґрунтів від нафтопродуктів на нафтозховищах і на інших об'єктах.

У всіх випадках використання УМСОГ завдяки добре продуманій системі очищення і правильному підбору реагентів ґрунт вдавалося очистити майже на 100% [5].

### **10.9 Висновки**

Процес очищення біогеоценозів від забруднень можна представити у вигляді схеми, де діє ряд природних факторів – фізичний, фізико-хімічний і біологічний. Процеси фізичного очищення ґрунтів – це вивітрювання, випаровування летючих, вимивання водорозчинних, руйнування поверхневих бітумінозних сполук. Фізико-хімічні процеси руйнування нафти пов'язані з ферментативним її перетворенням в більш прості речовини, що безпосередньо залежить від біологічної активності ґрунту, тобто від ступеня активізації мікробного співтовариства [15]. Для кожного забруднюючого з'єднання в природній системі існує біологічний контрагент, здатний включати його у свій метаболізм і використовувати як джерело вуглецю у живильному ланцюзі. При цьому вміст залишкових забруднень не перевищує гранично допустимого рівня (0,1 вагу %), Завдяки чому такі землі повертаються в господарське користування. Застосування біореактора у технологічній схемі дозволяє постійно контролювати робочі параметри (температуру, рН, ступінь аерації, витрата біопрепарату, щільність мікробної біомаси) і займатися очищенням нафто забруднених ґрунтів в холодні сезони.

Плюси методу очищення ґрунту біоштамами в природних умовах:

- відносно низька собівартість робіт, що проводяться в порівнянні з традиційними очисними спорудами;
- метод безпечний для навколишнього середовища;
- теоретична можливість екстракції цінних речовин із зеленої маси рослин (Ni, Au, Cu);
- можливість моніторингу процесу очищення;
- рівень очищення не поступається традиційним методам, особливо при невеликому обсязі стічних вод (наприклад, в селах).

## Питання для самоконтролю

- 1.Що представляє собою біоремедіація?
- 2.Використання мікроорганізмів і грибів.
3. Біоремедіація *in situ*.
4. Біоремедіація *ex situ*.
- 5.Інші поліпшені методи біоремедіації.
- 6.Мікробна деструкція похідних циклічних вуглеводнів ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -гексахлорциклогексанів) у ґрунті.
7. Біодеградація нафто забруднених ґрунтів.
- 8.Універсальна мобільна система для очищення ґрунтів (УМСОГ).

## Список використаної літератури

1. Тихонович І.А., Філіп'єв І.Д. Мікроорганізми і альтернативне землеробство. – К.: Урожай, 1993.– 176 с.
2. Смірнов В.В., Патица В.П., Підгорський В.С. Мікробні біотехнології в сільському господарстві // Агроекологічний журн. – 2002. – № 3. – С. 3-9.
3. Звягинцев Д. Г. Методы почвенной микробиологии и биологии. – М.: МГУ, 1980. – 223 с.
4. Волкогон В.В. Мікробіологія у сучасному аграрному виробництві // Сільськогосподарська мікробіологія: міжвідомчий темат. наук. зб. – Чернігів: ЦНТЕІ, 2005. – Вип.1-2. – С. 6-29.
5. Микроэлементы в окружающей среде. Биогеохимия, биотехнология и биоремедиация. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 816 с.
6. Идентификация нового вида опасности химических веществ: ингибирование процессов экологической ремедиации // ДАН. – 2002. – т. 385 – № 4. – С. 571-573.
7. Іутинська Г. О. Ґрунтова мікробіологія. – К.: Арістей, 2006. – 284 с.
8. Филатов Б. Н., Колодий Т. Н., Кононов В. М. Загрязнение хлорорганическими пестицидами сельскохозяйственных угодий и риск для здоровья населения Волгоградской области//Материалы конференции „Национальный план действий по экологически обоснованному управлению диоксинами/фуранами и диоксиноподобными веществами”. – Санкт – Петербург, 2001. – 245 с.
9. Мартыненко В. И., Промоненков В. К., Кукаленко С. С. Пестициды. – М.: Агропромиздат, 1992. – 320 с.
10. Багоцкий С. В., Санин М. В., Эйнон Л. О. Пестициды и их воздействие на водные экосистемы: обзорная информация. – М.: ВНИИТЭИ Агропром, 1999. – 460 с.
11. Сжабменов Е. В. Выбор активного микроорганизма-деструктора углеводов для очистки нефтезагрязненных почв // Прикладная биохимия и микробиология. – Т. 31. – 1995. – № 5. – С. 534–539.

12. Абдрахмонов, Т. А. Влияние загрязнений почвы нефтью и нефтепродуктами на ее микрофлору / Т. А. Абдрахмонов, З. А. Жаббаров, Э. М. Хушвактов // Материалы IV съезда почвоведов и агрохимиков Узбекистана. – Ташкент, 2005. – С. 208–209.
13. Коронелли, Т. В. Принципы и методы интенсификации биологического разрушения углеводов в окружающей среде / Т. В. Коронелли // Прикладная биохимия и микробиология. – 1996. – Вып. 32. – № 6. – С. 579–585.
14. Марченко, А. И. Ризосферная ремедиация почв от загрязнения нефтепродуктами /А. И. Марченко [и др.] // II Московский межд. конгресс "Биотехнологии: состояние и перспективы развития". – 2004. – С. 19–20.
15. Теппер Е. З., Шильникова В. К., Переверзева Г. И. Практикум по микробиологии. – М.: Колос, 1972. – 199 с.

## Глосарій

**Азеотропна ректифікація** – до розділяючої суміші додають леткий роздільний агент, що утворює з одним або кількома компонентами початкової суміші азеотроп, який своєю леткістю значно відрізняється від компонентів суміші. Один з компонентів суміші має повністю перейти до складу азеотропу.

**Аерація** – провітрювання, насичення повітрям, киснем.

**Аеротенки** - величезні резервуари із залізобетону. Аеротенк – споруда для штучного біологічного очищення стічних вод за допомогою активного мулу (бактерії-мініералізатори та нижчі організми) і продування повітрям (аерації).

**Атмосферна перегонка** – перегонка нафти, яка проводиться під тиском, який близький до атмосферного.

**Біодеградація** – це руйнування складних речовин в результаті діяльності живих організмів.

**Біомаса** – це форма збереженої сонячної енергії. Енергія сонця «захоплюється» через процес фотосинтезу під час росту рослин.

**Біопаливо** - будь-яке паливо, яке містить (за об'ємом) не менш ніж 80% матеріалів, отриманих від живих організмів, зібраних у межах десяти років перед виробництвом.

**Біопоглинання** – це здатність деяких рослин і найпростіших організмів прискорювати біодеградацію органічних речовин чи акумулювати забруднення в клітинах.

**Біоремедіація** – комплекс методів очищення вод, ґрунтів і атмосфери з використанням метаболічного потенціалу біологічних об'єктів – рослин, грибів, комах, хробаків та інших організмів .

**Біоремедіація ex situ** - заснована на знятті шару забрудненого ґрунту і очищенні його від поллютантів за межами місця забруднення, що робить цей підхід більш дорогим, ніж біоремедіація in situ.

**Біоремедіація in situ** - заснована на очищенні середовища від полютанту без видалення забрудненого ґрунту з району забруднення.

**Біотермічне компостування** – це спосіб утилізації твердих побутових відходів заснований на природних, але прискорених реакціях трансформації сміття при доступі кисню у вигляді гарячого повітря при температурі близько 60 ° С. Біомаса твердих побутових відходів в результаті даних реакцій у біотермічній установці (барабані) перетворюється на компост.

**Біофільтр** – споруда для штучного біологічного очищення стічних вод шляхом мініералізації органічних речовин бактеріями — аеробами.

**Відходи** – будь-які речовини, матеріали і предмети, що утворюються у процесі людської діяльності і не мають подальшого використання за місцем утворення чи виявлення та яких їх власник позбувається, має намір або повинен позбутися шляхом утилізації чи видалення.

**Відходи виробництва** – залишки матеріалів, сировини, напівфабрикатів, що утворилися в процесі виготовлення продукції і втратили повністю або частково свої корисні фізичні властивості.

**Відходи споживання** - непридатні для подальшого використання за прямим призначенням та списані в установленому порядку машини, інструменти, побутові вироби.

**Вогнева переробка** – процес високотемпературного розкладу та окислення токсичних компонентів відходів з вмістом практично нетоксичних чи малотоксичних димових газів і золи.

**Вогнева регенерація** – метод для вилучення з відходів будь-якого виробництва реагентів, що використовуються у цьому виробництві, або відновлення властивостей відпрацьованих реагентів або матеріалів. Цей різновид вогневого знешкодження забезпечує не тільки природоохоронні, а й ресурсозберігаючі цілі.

**Вторинні матеріали і ресурси (ВМР)** - відходи виробництва та споживання, які на даному етапі розвитку науки і техніки можуть бути використані в народному господарстві як на підприємстві, де вони були утворені, так і за його межами.

**Денітрифікація** - процес розкладання нітратів денітрифікуючими бактеріями при дефіциті або відсутності кисню до вільного азоту  $N_2$ .

**Дистиляція** - перегонка рідини з метою очищення нафти, полягає в розподілі нафти на горючі і мастильні фракції (складові).

**Екстрактивна ректифікація** – ректифікація з використанням роздільних компонентів.

**Екстракція** – спосіб розділення суміші речовин на складові частини за допомогою розчинника, в якому вони розчиняються неоднаково.

**Електроліз** – розклад речовин (наприклад, води, розчинів кислот, лугів, розчинених або розплавлених солей тощо) постійним електричним струмом.

**Емульговані нафтопродукти** - нафтопродукти, що знаходяться у водній товщі у вигляді емульсії (розмір частинок більше 0,45 нм).

**Коксування нафтопродуктів** - розкладання нафтових залишків (мазуту, гудрону, крекінг-залишку) при нагріванні без доступу повітря. Цей процес проводять для отримання додаткової кількості рідинного пального і коксу, який згорає без твердого залишку (шлаку).

**Крекінг** – переробка нафтопродуктів, під час якої великі молекули вуглеводнів розщеплюються на малі. У нафтовій промисловості використовують різні види крекінгу.

**Мікробіодеградація** - це деструкція органічних речовин певними культурами мікрофлори, внесеними в ґрунт.

**Нафтошлами** – це складні фізико-хімічні суміші, які складаються з нафтопродуктів, механічних домішок (глини, оксидів металів, піску) і води. Співвідношення елементів, які входять до нафтошламу, може бути різним.

**Не утилізовані відходи** – відходи, для яких відсутня в даний час технологія переробки і залучення у господарський обіг.

**Нефелін** - один з компонентів апатиту-нефелінових руд, які є сировиною для хімічної промисловості, містить, крім фосфору, алюміній, натрій, калій, титан, залізо, стронцій, рідкісні метали.

**Нітрифікація** - процес окислення амонійного азоту ( $\text{NH}_4$ ) нітрифікуючими бактеріями у присутності кисню повітря до нітритів ( $\text{NO}_2$ ) і далі до нітратів ( $\text{NO}_3$ ).

**Окислювальний піроліз** - процес термічного розкладання промислових відходів при їх частковому спалюванні чи безпосередньому контакті з продуктами згорання палива.

**Перероблювані відходи** – відходи, для яких існує технологія переробки і залучення у господарський обіг.

**Піроліз** – розщеплення складних органічних сполук на простіші при високій температурі.

**Побічні продукти і відходи** - можлива сировина для інших виробництв.

**Промвідходи** – хімічно неоднорідні, складні полікомпонентні суміші речовин, з різними хіміко-фізичними властивостями, які представляють токсичну, хімічну, біологічну, корозійну, вогне- і вибухонебезпечність.

**Реакція комплексоутворення** – реакція взаємодії між іоном металу і лігандом.

**Рідиннофазне окиснення** – окиснення киснем органічних та елементоорганічних домішок стічних вод при температурі 150 - 350 ° C і при тиску 2 - 28 МПа.

**Розчинені нафтопродукти** - нафтопродукти, що знаходяться у водній товщі в істинно розчиненому стані.

**Сільськогосподарська рекультивация** - це система агробіологічних і технологічних заходів, спрямованих на відновлення родючості порушених земель до стану, придатного для сільськогосподарського виробництва.

**Сорбція** – поглинання твердим тілом чи рідиною речовини з навколишнього середовища.

**Сухий піроліз** – процес термічного розкладання без доступу кисню. В результаті утворюється піролізний газ з високою теплою згорання, рідкий продукт та твердий вуглеводневий залишок.

**Трьохфазне центрифугування** - метод, що дозволяє у відцентровому полі виділити фази, присутні в нафтошламах, а саме - нафтову, водну і тверду фази.

**Флотація** – спосіб розділення сумішей твердих дрібних частинок, що належать різним речовинам, а також виділення крапель дисперсної фази з емульсій, заснований на їх різній змочуваності і здатності накопичуватися на поверхні розділу фаз.

**Центрифугування** – процес зневоднення дрібних мокрих продуктів і розділення суспензій на рідку і тверду фази під дією відцентрових сил.

Навчальне видання  
(українською мовою)

Луганська Ольга Василівна  
Омельянчик Людмила Олександрівна  
Синяєва Ніна Петрівна

## **СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ХІМІЧНОЇ НАУКИ**

Навчальний посібник для студентів освітньо-кваліфікаційних рівнів  
“спеціаліст”, “магістр” спеціальності “Хімія”

Рецензент *Н.І. Пономаренко*  
Відповідальний за випуск *Л.О. Омельянчик*  
Коректор *Н. П. Лашко*

Підп. до друку 15.04.2013. Формат 60×90/16. Папір офсетний.  
Друк ризографічний. Гарнітура Таймс. Умовн. друк. арк. 7,4.  
Замовлення № 122. Тираж 20 прим.

---

Запорізький національний університет

69600, м. Запоріжжя, МСП-41  
вул. Жуковського, 66

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до Державного реєстру видавців, виготівників  
і розповсюджувачів видавничої продукції  
ДК № 2952 від 30.08.2007





ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД  
«ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»  
МІНІСТЕРСТВА ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ

О. В. Луганська  
Л. О. Омелянчик  
Н. П. Синяєва

## **СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ХІМІЧНОЇ НАУКИ**

Навчальний посібник для студентів освітньо-кваліфікаційних рівнів  
“спеціаліст”, “магістр” спеціальності “Хімія”

Запоріжжя  
2013