**ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД**

**«ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**

**МІНІСТЕРСТВА ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**О. В. Луганська, Н. П. Синяєва, Л. О. Омельянчик**

**СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ХІМІЧНОЇ НАУКИ**

**Методичні вказівки до семінарських занять для здобувачів ступеня вищої освіти магістра спеціальності «Хімія»**

**Запоріжжя**

**2023**

**УДК:** 54.01 (075.8)

**ББК:** 24.0я73

Л83

Луганська О. В. Сучасні проблеми хімічної науки: методичні вказівки до семінарських занять для здобувачів ступеня вищої освіти магістра спеціальності «Хімія» / О.В. Луганська, Н.П. Синяєва, Л.О. Омельянчик. – Запоріжжя: ЗНУ, 2023. – 74 с.

Методичні вказівки містять теоретичні відомості з курсу «Сучасні проблеми хімічної науки» відповідно до навчальної та робочої програм. Видання сприятиме більш повному та глибокому засвоєнню знань з курсу. Для більшої наочності зміст методичних вказівок доповнено різними видами ілюстрацій (рисунками, схемами, графіками), а також списком літератури. Перевірити рівень засвоєних знань допоможуть тести, завдання для попереднього виконання та питання для інтерактивної бесіди.

Призначені для здобувачів ступеня вищої освіти магістра спеціальності «Хімія».

Рецензент *Н.В. Капелюш,* кандидат біологічних наук, доцент

Відповідальний за випуск*О.А. Бражко,* завідувач кафедри хімії

**Зміст**

Вступ…………………………………………………………………..……..4

Зміст семінарських занять……….……………………………….....…..….6

Тема 1. Загальна характеристика відходів……...…………………..…..….6

Тема 2. Тверді побутові відходи та методи їх утилізації……………….…17

Тема 3. Термічне знешкодження рідких промислових відходів………….30

Тема 4. Установки очищення нафтошламу…………..…..……………..….42

Тема 5. Хімічні та біологічні методи очистки стічних вод……………….50

Тема 6. Методи очищення ґрунту біоштамами в природних умовах….…61

Глосарій…………………………………………………………………...…70

**ВСТУП**

**Мета навчального курсу** «Сучасні проблеми хімічної науки» − поглиблене засвоєння фундаментальних знань у галузі хімії, які є основою для подальшого вивчення циклу хімічних, екологічних, біологічних дисциплін, а також будуть широко використані в практичній роботі фахівця-хіміка.

**Завдання навчальної дисципліни** − вивчення сучасних проблем хімічної науки та застосування цих знань для виконання практичних завдань.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

**знати:**

− різновиди відходів та методи їх утилізації;

− методи очистки стічних вод;

− основні забруднювачі території України та методи їх знешкодження;

− гранично припустимі рівні забруднення в різних середовищах.

**уміти:**

− передбачати можливі наслідки для довкілля використання того чи того методу утилізації відходів та очистки стічних вод;

− здійснювати аналіз основних методів утилізації та очистки.

Відходи будь-які речовини, матеріали і предмети, що утворюються в процесі людської діяльності і не мають подальшого використання за місцем утворення, та яких їхній власник має намір або повинен позбутись шляхом утилізації чи видалення.

Історично промислові відходи забруднення води і повітря завжди були рідкі й газоподібні. Вони ставали об'єктом першочергового контролю і регулювання, у той час як тверді відходи завжди можна було відвезти подалі або закопати просто тим або тим способом прибрати «з очей геть». У прибережних містах відходи досить часто просто скидались у море. Екологічні наслідки поховання сміття через забруднення підземних вод і ґрунтів виявлялись іноді через декілька років або навіть через декілька десятків років, проте були від цього не менш руйнівними.

У громадській свідомості поступово сформувалась ідея про те, що закопування відходів у землю або скидання їх у море це неприпустиме перекладання проблем сьогодення на плечі нащадків. Паралельно окреслилась й інша тенденція: чим жорсткіше було законодавство з контролю стану води і повітря, тим більше вироблялось твердих токсичних відходів, оскільки всі методи очищення газоподібних і рідких середовищ призводять до концентрації забруднювачів у твердій речовині: в мулі, опадах, попелі тощо.

Відходи — непридатні для виробництва певної продукції види сировини, її залишки, що не вживаються, або речовини, які виникають у результаті технологічних процесів, які не підлягають утилізації в певному виробництві. Відходи одного виробництва можуть використовуватись як сировина для іншого. Бажано, щоб шкідливі відходи обов'язково нейтралізувались, але економічно це зазвичай неможливо. Відходи, що видаляються з газовими потоками виробництва, є викидами.

**ЗМІСТ СЕМІНАРСЬКИХ ЗАНЯТЬ**

**Тема 1.** Загальна характеристика відходів

## План заняття

1. Шахтні та рудничні води. Загальні відомості про природні ресурси України.

2. Вплив шахтних і кар'єрних вод на екологічну ситуацію.

3. Формування і основні властивості шахтних і рудничних вод.

4. Методи очищення скидних вод гірничодобувного виробництва.

*Ключові поняття*: відходи, іонний обмін, очищення стічних вод, переробка відходів, сировина, сорбенти.

**Рекомендована література**

1. Радовенчик В. М., Гомеля М. Д., Радовенчик Я. В. Утилізація та рекуперація відходів : підручник. Київ : Кондор, 2021. 248 с.

**Методичні рекомендації**

У ***першому питанні*** треба звернути увагу на те, що Україна займає провідні місця в світі за запасами титану, цирконію, урану, літію, графіту, каоліну, вогнетривких глин, сірки, калійних солей, кухонної солі, декоративного каменю тощо. Україні належать провідні позиції в світі і з видобутку багатьох видів мінеральної сировини: вугілля, залізних і марганцевих руд, титану, графіту, каоліну тощо.

Добування цих сировинних ресурсів здійснюється як шахтним, так і відкритим (кар'єрним) способами. При цьому в значних кількостях утворюються такі специфічні відходи гірничопромислового виробництва, як шахтні (рудничні) та кар'єрні води.

На Донбасі, Криворіжжі, Волині, у басейні Нижнього Дніпра, інших регіонах України з гірничих виробництв відкачується і скидається в поверхневі водні об'єкти щорічно до 1 млрд м3 зазначених вод. З них 60–75 % мають мінералізацію понад 1000 мг/дм3, до 20 % – 3000 мг/дм3 і більше.

У ***другому питанні*** розглядають те, яку найбільшу екологічну напругу скидання шахтних і кар'єрних вод у поверхневі водні об'єкти створює Донецький регіон. Це зумовлюється тим, що вказані води не відповідають правилам охорони природних водних об'єктів щонайменше за чотирма критеріями:

* висока мінералізація (понад 1 г/дм3 – усі шахти, до 3 г/дм3 – 60 % шахт, більше 3 г/дм3 – 40 % шахт), через що у водойми і річки щорічно надходить близько 2 млн т розчинених мінеральних солей;
* забрудненість зваженими речовинами (90–100 мг/дм3), що спричиняє замулення водойм і водотоків;
* бактеріальна забрудненість;
* підвищений вміст важких металів (їх концентрації перевищують гранично допустимі в 1,5–15 разів).

Об'єми шахтних і кар'єрних вод, що скидаються, порівняно з об'ємами щорічного стоку всіх річок регіону і вкрай негативно впливають на нього.

Тому перед Донбасом, а також суміжними регіонами України стоять два найскладніші завдання, проблем водних ресурсів: раціональне їх використання, охорона водних об'єктів від забруднення і виснаження. Ці завдання мають виконуватись також при консервації шахт у процесі реструктуризації вугільної промисловості.

Незалежно від способів консервації, проблема шахтних і кар'єрних вод не зникає, оскільки їх кількість і масштаби солевиносу у водні об'єкти практично не змінюються. Перекидання потоків води на сусідні шахти проблеми не розв'язує.

У ***третьому питанні плану*** йдеться про розрізнення шахтних, рудничних, кар'єрних вод та їхнє формування за рахунок підземних і поверхневих вод, що проникають у відповідні гірничі виробництва. Це значно ускладнює їх розробку і подальше добування корисних копалин.

Тому для забезпечення нормальної експлуатації рудників і шахт гірничі виробництва осушують шляхом водовідливу. Величини водоприпливу в шахти визначаються геологічними, гідрогеологічними і кліматичними умовами родовищ, ступенем розгалуженості річкової мережі, способами підготовки шахтних і рудничних полів.

Обводненість родовищ характеризується коефіцієнтом водонадходження, що становить собою відношення кількості води, яка відкачується на поверхню (м3), до кількості видобутої руди, вугілля, іншої мінеральної сировини (т) за одиницю часу.

Найбільшим водоприпливом характеризуються шахти і рудники, розміщені в регіонах з підвищеною кількістю атмосферних опадів, у районах річок, великих озер, водосховищ.

Зі збільшенням глибини розробки корисних копалин водоприплив зменшується. Його величина вимірюється кількістю води (м3) за одиницю часу (м3/год). Відомо, що підземні води на глибині гірничих виробництв накопичуються за рахунок атмосферних опадів і поверхневих вод; гірські породи насичуються водою й утворюють напірні і безнапірні водоносні горизонти.

Підземні води поділяють на тріщинно-пластові, тріщинні, карстові. Тріщинно-пластові води рухаються тріщинами пластів слабководопроникних порід. Порово-пластові води приурочені до рихлих ґрунтів (пісок, гравій, галечник). У скельних породах поширені тріщинні води. Карстові води утворюються при вивітрюванні карстових порід. Хімічний склад підземних вод визначається глибиною залягання і залежно від її величини характеризується доволі чітко вираженою зональністю.

Як правило, за глибиною залягання підземні води поділяються на три зони. У верхній зоні активного водообміну зазвичай поширені прісні гідрокарбонатні води, що утворюються в процесі інфільтрації ґрунтових вод. Ця зона може поширюватись на глибину до 300 м. Хімічний, зокрема мінеральний, склад вод цієї зони визначається кліматичними умовами, складом гірських порід і рельєфом місцевості.

Зі збільшенням глибини гідрокарбонатні води переходять у гідрокарбонатно–сульфатні і сульфатно–гідрокарбонатні. У посушливих регіонах мінералізація ґрунтових вод підвищується.

Середня зона з незначним водообміном характеризується відновлювальним середовищем. Води цієї зони більшою частиною сульфатно–натрієво–кальцієві чи гідрокарбонатно–натрієві, перехідні у хлоридно–гідрокарбонатно–натрієві. Глибина зони простягається на 500600 м, у випадку тектонічних зрушень може досягати 1000 м і більше.

Води нижньої зони характеризуються застійним режимом, високою мінералізацією і доходять до глибин 1000 і більше метрів. Ці води переважно морського походження, склад яких протягом тривалого часу зазнав суттєвих змін. За сольовим складом води цієї зони належать до хлоридно–кальцієво–натрієвого типу.

Формування хімічного складу шахтних і рудничних вод залежить від літолого–мінералогічного складу гірських порід, умов живлення водоносних горизонтів й інтенсивності водообміну, клімату, антропогенних чинників.

У процесі інфільтрації у воду з гірських порід переходить значна кількість різних водорозчинних солей, зокрема карбонатів, сульфатів і хлоридів лужних металів.

Води з підвищеною сульфатною мінералізацією формуються в породах гіпсу, мірабіліту, галіту. Такі води містять переважно хлориди, що надходять із галітів. У результаті контакту підземних вод, що надходять у гірничі виробництва, з породами може відбуватись іонний обмін. Метаморфізація іонно–сольового складу можлива також при взаємодії кисню повітря і розчинених солей. За наявності піриту в породах за певних умов під дією кисню повітря й тіонових бактерій часто формуються кислі води.

Характерною особливістю шахтних вод є значна різноманітність їхнього хімічного складу. Вони містять велику кількість домішок неорганічного й органічного походження, можуть мати бактеріальне забруднення. До мінеральних компонентів належать часточки піску, глини, мінеральні включення вугілля і руд (кварц, пірит, карбонати), розчинені солі, луги, кислоти. В органічних речовинах трапляються часточки вугілля, озокерит, нафтові вуглеводні, мінеральні оливи, продукти життєдіяльності різних живих організмів. До бактеріального складника шахтних, рудничних і кар'єрних вод належать різноманітні мікроорганізми, переважно плісняві гриби, мікроби кишкової групи тощо.

Кількість завислих часток у шахтній і рудничній воді залежить від гірничо-геологічних і технологічних умов гірничого виробництва і змінюється від 0,045 до 23 г/дм3. Так, середній вміст завислих речовин у шахтних водах Донецького басейну коливається в межах 0,150,55 г/дм3. Величина окремих часточок становить переважно 1090 мкм.

На вміст зважених часток впливає величина водоприпливу в шахту, міцність і вологість порід та руд, потужність і структура продуктивного пласта, речовинний склад руди і породи.

При зволоженні і розмоканні порід у воду переходять важко-осаджувані глинисті частки, які мінералогічно представлені каолінітом, аргілітом, монтморилонітом, алевритом тощо.

Мінералізація шахтних вод коливається в широких межах як за вмістом, так і складом різних солей.

Кількість мінеральних солей може значно змінюватись навіть у межах однієї шахти, однак для кожного окремого вугільного чи рудного басейну ці зміни мають певні межі (табл.1).

Таблиця 1. Об'єми і мінералізація шахтних вод в окремих виробничих об'єднаннях Донбасу

| **№ п/п** | **Виробниче об'єднання** | **Об'єм мінералізованих скидних шахтних вод** | | | | **Водоприймач скидних вод** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  | **всього, млн м3/рік** | **в т. ч. з мінералізацією, г/дм3** | | |  |
|  |  |  | **до 3** | **3-5** | **понад 5** |  |
| 1 | Макіївкавугілля | 66,28 | 24,77 | 10,70 | 30,81 | р. Кальміус, Міус |
| 2 | Червоноармійськвугілля | 77,58 | 33,57 | 39,40 | 4,60 | р. Сів. Донець, Самара |
| 3 | Луганськвугілля | 52,71 | 42,29 | 10,42 | - | р. Сів. Донець |
| 4 | Донецьквугілля | 59,00 | 8,01 | 40,60 | 10,40 | р. Самара, Кальміус |
| 5 | Донбасантрацит | 88,85 | 10,76 | 17,20 | 0,92 | р. Сів. Донець, Міус |
| 6 | Кадіїввугілля | 55,17 | 10,44 | 10,20 | 4,53 | р. Сів. Донець |
| 7 | Ростоввугілля | 66,58 | 29,08 | 28,21 | 9,29 | р. Сів. Донець |
| 8 | Гукововугілля | 51,69 | 6,22 | 14,28 | 31,19 | р. Сів. Донець |

У різних вугільних басейнах трапляються як прісні, так і солонуваті й сильносолонуваті шахтні води.

Як видно з табл.1, у Донецькому басейні шахтні води належать до слабосолонуватих і солоних вод.

На шахтах Донбасу і близької до нього Ростовської області Російської Федерації зазначені води найчастіше належать до сульфатного класу натрієвої групи ІІ-го типу, рідше – до гідрокарбонатного і хлоридного класів магнієвої, натрієвої і кальцієвої груп. Іонний склад і загальний вміст солей у шахтних водах також змінюється в доволі широких межах (табл.2).

Таблиця 2. Іонний склад води деяких шахт виробничих об'єднань Донецьквугілля і Сніжнеантрацит (мг/дм3)

| **Іон** | **Шахта** | | |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **Петрівська** | **Тернавська** | **Зоря** |
| Na+ | 1523 | 3000 | 100 |
| K+ | 32 | 57 | 19 |
| Ca2+ | 142 | 212 | 212 |
| Mg2+ | 145 | 120 | 120 |
| Cl- | 1635 | 5760 | 344 |
| SO42- | 1397 | 390 | 420 |
| HCO3- | 622 | - | 639 |
| Загальний вміст солей | 5014 | 9540 | 1844 |

Рудничні (кар'єрні) води найбільш відомих вугільних розрізів (Кузнецький і Підмосковний вугільні басейни Російської Федерації, Олександрійський вугільний регіон України тощо) характеризуються помірною (36 мг–екв/дм3) жорсткістю.

Води шахт Донбасу мають жорсткість 1530 мг–екв/дм3. На деяких шахтах Донецького басейну трапляються кислі шахтні води з рН від 2,5 до 3,2.

Ці води належать до сульфатнохлоридного класів кальцієвої і магнієвої груп і відзначаються підвищеним вмістом заліза й алюмінію, солі яких у відкачуваних водах легко гідролізують. Унаслідок цього концентрація водневих іонів у таких водах ще більше зростає, а рН зменшується.

Наявність підвищеного вмісту заліза у воді (90–720 мг/дм3) і його гідроліз надає скидним шахтним водам бурого забарвлення.

Вміст органічних речовин у шахтних і кар'єрних водах змінюється у широких межах. У водах Донецького басейну він досягає 6,540 мг/дм3 (за біхроматної окиснюваності води).

Величини біохімічної потреби в кисні суттєво коливаються навіть у межах одного басейну. Води шахт Донбасу та об'єднання Ростоввугілля мають БСК5, що дорівнює 0,3685,9 мг/дм3.

Наявність нітратів у шахтних і кар'єрних водах свідчить про забруднення їх продуктами розпаду тваринного походження. Зазвичай вміст нітратів і амонійних іонів у воді невеликий: 113 і 0,10,8 мг/дм3 відповідно.

Бактеріальне забруднення зазначених вод зумовлене надходженням до них продуктів гниття органічних матеріалів і субстратів, живих мікроорганізмів. Останні створюють сприятливі умови для розвитку патогенних бактерій, які можуть спричиняти різні шлунково-кишкові захворювання (черевний тиф, дизентерію тощо).

Слід відзначити, що до шахтних і кар'єрних вод перед їх скиданням у поверхневі водні об'єкти часто додаються стічні води гірничодобувних (вугледобувних) підприємств як цілісних промисловогосподарських інфраструктур.

Тому загалом зливні води цих інфраструктур поділяються на такі класи: попутно забрані (шахтні, кар'єрні, дренажні), виробничотехнологічні (технологічні, охолоджувальні, промивнознепилювальні), поверхневосхилові (дощові, талі, поливальномийні), господарськопобутові (баннопральні, господарські мийні, локальні каналізаційні).

За масштабами інтегрального впливу на довкілля однією з найбільш складних галузей гірничодобувної промисловості завжди була і залишається вугільна промисловість.

До характерних напрямів негативного впливу на довкілля вугледобувних і вуглезбагачувальних підприємств належать:

* забруднення водних об'єктів шахтними, кар'єрними (при відкритому добуванні вугілля), виробничими і господарськопобутовими скидними і стічними водами, порушення гідрологічного режиму поверхневих вод, гідродинамічного і гідрохімічного режиму підземних вод;
* вилучення із землекористування і порушення земель, забруднення їх відходами добування і переробки вугілля;
* забруднення повітряного басейну викидами гірничотранспортного обладнання, промислових і комунальних котелень, аспіраційних систем, відвалів і териконів, що горять.

Підприємства вугільної промисловості відкачують дуже великі об'єми шахтних вод.

Загалом гірничі виробництва скидають до регіональної гідрологічної мережі близько 10 м3 шахтних вод на 1 т добутого вугілля чи руди.

Якісний склад шахтних вод досить різноманітний і суттєво змінюється у вугільних басейнах, родовищах, районах. Їх скидання в наземну гідрографічну мережу викликає відчутне замулення, засолення та закислення водойм і водотоків, порушуючи тим самим екологічну рівновагу у водних об'єктах вугільних басейнів.

Постійна передислокація гірничих робіт на більш глибокі горизонти і значне ускладнення внаслідок цього гідрогеологічних умов призводять до подальшого зростання об'ємів і забрудненості вод, що забираються попутно, різноманітними органічними і мінеральними речовинами, а також виснаження підземних водоносних горизонтів, у тому числі насичених чистою питною водою.

Шахти Донбасу при цьому відкачують більш мінералізовані води з діючих гірничих виробок.

Шахтні і кар'єрні води часто скидаються у ставки з повністю фільтрувальним ложем без будь-якої демінералізації.

Такі води фільтруються через дно ставків-накопичувачів, надходять у ґрунти і водоносні горизонти, що призводить до їхнього інтенсивного засолення.

Для відповіді на ***четверте питання*** потрібно розкрити, які у нашій країні і за кордоном застосовуються механічні, фізикохімічні, хімічні (реагентні), електрохімічні та деякі інші методи очистки скидних вод гірничодобувних підприємств.

Механічні методи (відстоювання, фільтрування, виділення твердої фази під дією відцентрових сил, ущільнення осадів на центрифугах і вакуум-фільтрах) використовуються в основному як попередні методи очистки.

Вони звільняють воду тільки від механічних домішок різної крупності, тобто освітлюють її.

При хімічних методах очистки застосовують реагенти для зміни хімічного складу домішок або їхньої структури (коагулювання, флокулювання, нейтралізація, оброблення хлором тощо).

Фізикохімічні методи полягають у вилученні шкідливих домішок шляхом зміни агрегатного стану води (дистиляції, виморожування), впливу на неї ультразвуком, опроміненням ультрафіолетовими променями, обробкою екстракційними реагентами.

Освітлення шахтних, рудничних і кар'єрних вод здійснюється шляхом їх відстоювання і фільтрування. Для прискорення процесу відстоювання застосовують попередню хімічну (реагентну) обробку води. Для цього до неї додають реагенти (коагулянти, флокулянти), які мають заряд, протилежний заряду завислих часток: сірчанокислий алюміній (Al2(SO4)3), сірчанокисле і хлорне залізо (FeSO4 і FeCl2), поліакриламід (ПАА), поліетиленімін (ПЕІ). Відстоювання здійснюється в ставках-освітлювачах, відстійниках різних конструкцій (горизонтальних радіальних, вертикальних, тонкошарових).

Видалення зважених часток після їх утворення та агрегатування здійснюється також під впливом відцентрових сил. Застосування відцентрових пристроїв (відкритих чи напірних гідроциклонів, мультициклонів) доцільне для очистки вод, що містять багато великих важких зависей. Контактні освітлювачі забезпечують ефективну очистку каламутної води із вмістом зависі до 150 мг/дм3. Вони характеризуються високою ємністю щодо бруду, великою тривалістю міжпромивного періоду. Після попереднього освітлення у відстійниках, освітлювачах чи гідроциклонах для досягнення необхідної якості (згідно з нормативними показниками) воду доочищають шляхом фільтрування. Для цього використовуються мікрофільтри, фільтри із зернистим завантаженням, контактні освітлювачі, швидкі й надшвидкі напірні фільтри, які забезпечують розділення твердої і рідкої фаз, виділення тонкодисперсних, а також колоїдних твердих і рідинних часток.

Знезараження води здійснюється одразу після її освітлення. Необхідність цієї технологічної операції зумовлюється тим, що освітлення шахтної (рудничної) води не забезпечує повного видалення з неї бактеріальної і вірусної мікрофлори, у тому числі хвороботворної. Тому освітлені стічні води перед їх повторним використанням, зокрема технічним чи відведенням у різні водойми, обов'язково піддають надійному знезараженню. Знезараження здійснюють хлоруванням, озонуванням, дією інших сильнодіючих окисників, бактерицидним опроміненням. Найпоширенішим на сьогодні методом знезаражування є хлорування води. При цьому використовуються такі реагенти, як зріджений хлор (Cl2) і гіпохлорит натрію (NaClO).

Реагентне видалення з води кальцію і магнію спрямоване на оптимізацію (відповідність нормативам) такого показника її хімічного складу, як «твердість». Йони кальцію і магнію (Са2+ і Mg2+) можуть бути видалені зі скидних шахтних та кар'єрних вод у вигляді карбонату кальцію і гідроксиду магнію (СаСО3 і Mg(OH)2) шляхом реагентного "пом'якшення" цих вод содововапняковим чи содовокаустичним методами.

При содововапняковому методі гідроксид кальцію витрачається на осадження солей, які зумовлюють карбонатну і магнієву твердість води, а карбонат натрію видаляє солі некарбонатної кальцієвої твердості. При содово-каустичному методі, який застосовується значно рідше, їдкий натр осаджує іони магнію, а сода – іони кальцію. Зазвичай ці процеси здійснюються у відстійниках чи освітлювачах. Часто реагентне пом'якшення води проводиться одночасно з процесом коагуляції зважених у ній часток в одних і тих же пристроях (коагулянт – сульфат заліза). Найраціональнішим способом вилучення іонів кальцію з води є декарбонізація її вапном або декальціонування з допомогою їдкого натру чи соди у вихрових реакторах.

Найбільш ефективним і освоєним технічним методом знешкодження солонуватих і солоних шахтних і кар'єрних вод є їх опріснення (демінералізація) перед скиданням у природні водотоки і водойми.

Опріснення шляхом дистиляції тривалий час домінувало серед усіх інших методів, що застосовувались для цього. Цей метод дозволяє будувати і використовувати багатокорпусні потужні випарники будьякої продуктивності. Однак за енергетичними витратами він є найдорожчим.

За сумарною продуктивністю другим методом опріснення води (після дистиляційного) є електродіаліз. Для мало і середньомінералізованих вод (3–10 г/дм3) цей метод можна також вважати досить прийнятним і за економічними критеріями.

На сучасному етапі технічного розвитку гірничодобувного комплексу для демінералізації шахтних і кар'єрних вод найбільш економічно вигідним можна вважати метод зворотного осмосу.

Перспективним напрямом у його практичній реалізації є застосування динамічних мембран. Такі мембрани формуються в процесі фільтрування опріснюваної води, до якої додаються спеціальні дисперсні добавки, через пористі підкладки з відповідним розміром фільтрувальних пор. Проникність таких мембран на порядок вища від проникності значно поширених ацетилцелюлозних мембран, крім того, вони дуже легко регенеруються.

Головним недоліком мембранних методів опріснення води (електродіалізу і зворотного осмосу) є невисокий ступінь концентрування солей (лише в 35 разів). До того ж їхньому широкому застосуванню перешкоджає відсутність ефективних способів утилізації розбавлених розсолів, що утворюються на опріснювальних установках, та утворення осадів на мембранах.

Для успішної роботи технологічної мембранної апаратури вміст завислих речовин у воді, яка опріснюється, має відповідати нормам, прийнятим для питної води (до 1,5 мг/дм3). Вивільнення шахтних вод від зависей і колоїдів до такого рівня, а також від мікроорганізмів може бути досягнуто шляхом коагуляції зазначених домішок із сульфатом алюмінію або хлоридом заліза (ІІІ).

При опрісненні води електродіалізом існує два технологічних бар'єри: карбонатний і сульфатний. Перший із них зумовлюється відкладенням на мембранах карбонату кальцію, другий – сульфату кальцію. Через це із шахтної, кар'єрної (рудничної) води перед електродіалізом необхідно вилучити іони кальцію до концентрацій 0,051,0 мг–екв/дм3. Такий високий ступінь декальціонування води перед електродіалізом може бути досягнутий тільки із застосуванням Naкатіонування або додаткового фосфатного пом'якшення. Регенераційні розчини хлориду натрію для натрій-катіонних фільтрів можна легко отримати при комплексній переробці шахтних вод. За іншою схемою застосування електродіалізу для декальціонування води доцільно проводити реагентним методом, а додаткове пом'якшення її здійснювати на катіонітових фільтрах.

Підвищений вміст у шахтних водах розчинених органічних речовин погіршує перебіг процесу електродіалізу, тому їхні концентрації не повинні перевищувати нормативів, установлених для вод джерел господарсько-побутового і питного водопостачання. При опрісненні вод мембранними методами особливо небезпечним є підвищений вміст іонів та інших розчинених сполук заліза і марганцю. Концентрація заліза не повинна перевищувати 0,1 мг/дм3.

Для запобігання біологічним обростанням у мембранних апаратах і трубопроводах доцільно здійснювати попереднє хлорування опріснюваної води дозами, які дають концентрацію залишкового хлору 0,30,5 мл/дм3. В електродіалізаторах з цією метою може використовуватись хлор, який виділяється в анодній камері.

**Висновки**

Отже, зливні води гірничодобувних і гірничозбагачувальних підприємств та їх об'єднань загалом є найпотужнішим чинником негативної дії на практично всі компоненти поверхневих водних об'єктів, що слугують приймачами чи накопичувачами зазначених вод.

Надходження останніх у природні водні об'єкти значно погіршує умови та ефективність господарсько-побутового водокористування, поливного землеробства на основі місцевих водних ресурсів, рибогосподарської діяльності тощо.

Зростання виробництва полімерів призвело до суттєвого зростання їхньої частки у твердих побутових відходах до 8–12 %, з них приблизно 80 % складають відходи термопластів. Полімерні відходи у природних умовах розкладаються протягом 80100 років, забруднюючи довкілля продуктами деструкції. При їх самовільному спалюванні в атмосферу можуть виділятись надзвичайно небезпечні речовини канцерогенної дії – діоксини і фурани.

**Завдання для попереднього виконання**

1. Охарактеризуйте класифікацію відходів за небезпекою.
2. Наведіть розробку маловідходних і безвідходних технологій для використання відходів промисловості.
3. Поясніть схему утилізації відходів паливно-енергетичного комплексу.
4. Наведіть приклади рентабельного використання відходів хімічного комплексу.

**Питання для інтерактивної бесіди за темою**

1. Які райони України найбільш забезпечені корисними копалинами та природними ресурсами?
2. Яким чином шахтні й кар'єрні води впливають на екологічну ситуацію в Україні?
3. Опишіть процес формування шахтних і рудничних вод.
4. Чим зумовлений хімічний склад підземних вод? Дайте його характеристику.
5. Опишіть зони залягання підземних вод.
6. Наведіть фактори негативного впливу на довкілля вугледобувних і вуглезбагачувальних підприємств.
7. Які існують методи очищення зливних вод гірничодобувного виробництва?
8. Для чого застосовують метод зворотного осмосу?

**Тестові завдання**

1. Завдання, пов'язані з розв'язанням проблеми водних ресурсів:

а) раціональне їх використання;

б) охорона водних об'єктів від забруднення і виснаження;

в) раціональне їх використання; охорона водних об'єктів від виснаження;

г) раціональне їх використання, охорона водних об'єктів від забруднення і виснаження.

2. Величина водоприливу вимірюється

а) кількістю (м3) за одиницю часу (м3/год);

б) кількістю води (м3) за одиницю часу (м3/год);

в) кількістю опадів (м3) за одиницю часу (м3/год);

г) кількістю води (м3).

3. Підземні води поділяють на

а) тріщинно-пластові;

б) тріщинні;

в) карстові;

г) всі три відповіді правильні.

4. За глибиною залягання підземні води поділяються на

а) 2 зони;

б) 3 зони;

в) 4 зони;

г) 5 зон.

5.У посушливих регіонах мінералізація ґрунтових вод

а) підвищується;

б) зменшується;

в) незмінна.

6. Зливні води шахтних інфраструктур поділяються на такі класи

а) попутно забрані;

б) виробничо-технологічні;

в) поверхнево-схилові та господарсько-побутові;

г) усі відповіді правильні.

7. Скидання шахтних вод в наземну гідрографічну мережу викликає

а) замулення та засолення водойм і водотоків;

б) засолення та закислення водойм і водотоків;

в) замулення, засолення та закислення водойм і водотоків;

г) замулення та закислення водойм і водотоків.

8. Знезараження води здійснюється після її

а) освітлення;

б) фільтрування;

в) відстоювання;

г) дистиляції.

**Тема 2.** Тверді побутові відходи та методи їх утилізації

## План заняття

1. Огляд методів утилізації ТПВ.
2. Компостування твердих побутових відходів.
3. Біоутилізація відходів компостуванням.
4. Механізм компостування відходів.
5. Біохімізм процесу компостування відходів.
6. Параметри біотехнології компостування твердих відходів.
7. Біосистеми компостування.
8. Технологічні системи компостування.
9. Механізовані технологічні системи компостування.

*Ключові поняття*: біодеградація, біомаса, біоремедіація, відходи, колоїдний розчин, крекінг, переробка відходів, сировина.

**Рекомендована література**

1. Юрченко Л.І. Екологія : підручник. Київ : Центр навчальної літератури, 2019. 304 с.

2. Рубан Е.В., Островка М.В., Куцька Н.Б., Соколенко Н.М., Будрик О.І. Технологічні основи утилізації та рекуперації твердих промислових та побутових відходів : навчальний посібник. Сєвєродонецьк: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2018. 312 с.

3. Климчик О. М., Багмет А. П., Данкевич Є. М., Матковська С. І. Екологія міських систем : навч. посіб. Частина 1 за ред. О. М. Климчик. Житомир : Видавець О.О. Євенок, 2016. 460 с.

4. Хоменко В. М. Аналіз стану накопичення відходів в Черкаській області : Збірник статей доповідей та виступів IX Міжнародної конференції. Черкаси, 2004. С. 102 - 105.

5. Сорокіна К.Б., Козловська С.Б. Технологія перероблення та утилізації осадів : навчальний посібник. Харків : ХНАМГ, 2012. 226 с.

6. В.М. Радовенчик Тверді відходи: збір, переробка, складування [навчальний посібник]. Київ: «КОНДОР», 2010. 551с.

7. www.moz.gov.ua

**Методичні рекомендації**

При відповіді на ***перше питання*** потрібно дати характеристику небезпеці, що породжується господарською діяльністю людини, яка сьогодні вже перевищує всі розміри та результати природних катастроф і катаклізмів. Вона з усіх боків підступила до життєвого середовища людини. Нині існує реальна загроза подальшого існування людства.

Кількість твердих побутових відходів (ТПВ) в Україні невпинно зростає, що дуже негативно впливає на стан довкілля та здоров’я людей. Наразі ТПВ переважно вивозять на спеціально облаштовані полігони та стихійні звалища. Незначну частину ТПВ знешкоджують на сміттєспалювальних заводах. Проте у розвинених країнах застосовують багато методів утилізації ТПВ, серед яких основними слід вважати рециклінг, компостування, анаеробне ферментування та термічну обробку. Розглянемо чинну практику застосування цих методів, оцінюючи їхні позитивні і негативні особливості.

У ***другому питанні*** треба звернути увагу на *повторне використання (рeциклінг).* Рециклінгу передує роздільне збирання або сортування ТПВ. Слід, однак, зазначити, що якість сортування значною мірою залежить від загальної культури і дисциплінованості населення. В Україні сьогодні роблять лише перші спроби впровадити роздільне збирання ТПВ. Після сортування вилучені компоненти переробляють, виготовляючи товарний продукт. Для цього необхідно створити та розвивати спеціальну індустрію, яка працює на вторинній сировині.

Наразі США, Швейцарія і Японія досягли відповідно 23,8, 23 і 20 % рeциклінгу відходів. Водночас принаймні 6570 % твердих відходів (це переважно органічний компонент) мають бути перероблені іншим способом.

*Біотермічне компостування твердих побутових відходів* у світовій практиці розвивалось як альтернатива спалюванню. Передбачали, що одним із напрямів утилізації органічного компонента ТПВ буде переробляння його в органічне добриво (компост). З відомих сьогодні методів найефективнішим і найбільш гігієнічним є метод переробки в циліндричних барабанах, що обертаються. Труднощі реалізації втілення методу полягають у досить складному процесі сортування і необхідності попередньої переробки відходів, що потребує будівництва спеціальних заводів.

*Анаеробне ферментування твердих побутових відходів.* На сьогодні більшість ТПВ великих міст вивозять на полігони, розташовані за десятки кілометрів. Зауважимо, що оскільки обладнаних відповідно до санітарних норм полігонів в Україні обмаль, та значну частину ТПВ вивозять на необладнані або стихійні звалища. Звалища є серйозним джерелом забруднення довкілля токсичними речовинами, іонами важких металів, звалищними газами, а в разі загоряння сміття – діоксинами, фуранами і біфeнілами, причому концентрації небезпечних речовин інколи в 1000 і більше разів перевищують гранично допустимі. Можна прогнозувати, що в найближчій перспективі кількість сміттєзвалищ помітно не зменшиться. У такій ситуації найефективнішим залишиться метод санітарного засипання землею і отримання біогазу. З цією метою побутове сміття засипають за певною технологією шаром ґрунту товщиною 0,60,8 м і утрамбовують. Такі полігони оснащують вентиляційними трубами, газодувками та ємностями для збирання біогазу.

Теоретично вихід звалищного газу, придатного для збирання та використання, становить 100 м3/т ТПВ (або 5 м3/т ТПВ за рік упродовж 20 років) за вмісту метану 55 % (теплотвірна здатність – 19,8 МДж/м3). За розрахунками, річний потенціал звалищного газу в Україні складає близько 400 млн. м3. Найбільш рентабельним є його промислове використання на підприємствах, розташованих безпосередньо поблизу полігону, або виробляння електроенергії та постачання її у мережу.

Однак промислове використання біогазу можливе, як мінімум, лише через 510 років після створення полігону, вихід його є нестабільний, а рентабельним воно є лише за обсягів ТПВ понад 1 млн тонн. До недоліків складування відходів на полігонах слід віднести виведення з обігу великих площ сільськогосподарських угідь, труднощі щодо організування нових звалищ через формування ринку землі і відсутність вільних земельних ділянок, значні витрати на транспортування відходів та нераціональне використання органічного компонента ТПВ (оскільки за цією технологією використовують лише невелику частину енергетичного потенціалу відходів). Усе це спонукає вести пошук більш раціональних шляхів переробляння і утилізації ТПВ.

*Термічні методи переробки.*На цей час у світовій практиці найбільшого розповсюдження набули термічні методи утилізації ТПВ – спалювання, газифікування і піроліз.

*Спалювання*є найбільш технічно відпрацьованим серед усіх методів промислової переробки ТПВ. З моменту винайдення цього методу техніку та технологію спалювання весь час удосконалювали. Тривала практика спалювання відходів дозволяє чітко визначити його переваги та недоліки. Провідні незалежні європейські інститути вважають спалювання відходів вигідним, оскільки при цьому можна отримувати електроенергію і тепло. Але слід зауважити, що це єдиний позитивний момент. Усі відомі сьогодні сміттєспалювальні установки мають низку недоліків, головним з яких є те, що під час роботи вони утворюють вторинні надзвичайно токсичні відходи (поліхлоровані дибeнзодіоксини, фурани і біфeніли), які потім разом з важкими металами потрапляють у довкілля з димовими газами, стічними водами і шлаком. Хлорорганічні відходи належать до групи вкрай стійких і надзвичайно небезпечних токсикантів. Суттєвим недоліком сміттєспалювання є також його низька економічність. Коефіцієнт використання теплової енергії навіть на кращих сміттєспалювальних підприємствах США не перевищує 65 %. До того ж, для спалювання відходів застосовують значну кількість додаткового рідкого палива (до 265 л на тонну спалюваних відходів). Останнім часом багато компаній переходять від простого спалювання відходів на двоступінчастий процес, що включає стадію*піролізу* (розкладання органічних речовин без доступу кисню за відносно низьких температур 450800 °С). Такий процес виявляється енергетично вигіднішим, ніж просте спалювання. У результаті піролізу отримують горючий газ і твердий залишок. Потім той та інший продукти без будьякої додаткової обробки відправляють у піч на спалювання. Частина піролізних газів після конденсації може бути виведена із системи і конвертована в рідке паливо. Зрозуміло, що піроліз має ті самі недоліки, що й пряме спалювання відходів. Піролізний газ необхідно очищати від кислих газів типу хлористого водню (НСl), унаслідок чого цей процес стає досить дорогим через застосування спеціального обладнання і використання каустичної або кальцинованої соди; при цьому також не можна уникнути забруднення довкілля важкими металами.

Альтернативою процесу піролізу є процес *газифікування,* що відбувається аналогічно, але за температури 8001300 °С і за наявності невеликої кількості повітря. У цьому випадку отриманий газ становить собою суміш низькомолекулярних вуглеводнів, які потім спалюють у печі. На жаль, екологічну ситуацію такий процес також не поліпшує, тому що наявність повітря й наявність у смітті хлорорганічних сполук за високої температури призводить до інтенсивного утворення діоксинів, а солі важких металів із процесу не виводяться і потрапляють у довкілля. Найбільш повна деструкція продуктів, що містяться в ТПВ, відбувається в процесі *високотемпературного піролізу або газифікування*за температури 16501930 °С в розплаві мінеральної суміші з добавками металів або за температури до 1700 °С в розплаві солей чи лугів за наявності каталізаторів (MSOPтехнологія). Ці способи забезпечують переробку ТПВ практично будьякого складу, тому що за такої температури повністю руйнуються всі діоксини, фурани і біфeніли. У результаті отримують *синтeзгаз* – суміш водню, метану, чадного газу, карбон(IV) оксиду, водяної пари, оксидів нітрогену і сульфуру та твердий залишок, що його видаляють з реактора через спеціальну витіснювальну систему. Синтeзгаз після очищення від домішок можна використовувати безпосередньо як паливо, як сировину у хімічній промисловості або для синтезу рідких вуглеводнів (метанол, бензин). Цей метод утилізації ТПВ є найбільш перспективним для України, оскільки дозволяє одночасно розв’язувати три важливі проблеми сьогодення, що стосуються:

1) екологічної безпеки, оскільки у перспективі дозволить відмовитись від звалищ та полігонів ТПВ у їхньому нинішньому вигляді;

2) енергетичної безпеки, оскільки дозволить частково покривати дефіцит рідких та газоподібних вуглеводнів в енергетиці;

3) часткового покриття дефіциту вуглеводневої сировини, що очікується невдовзі у хімічній промисловості.

Багато сучасних екологічних проблем виникає через локальне накопичення твердих органічних відходів, кількість котрих дуже велика для природного потенціалу біодеградації. Певна кількість таких відходів використовується як харчі для худоби, на приготування компосту для вирощування їстівних грибів, порівняно невелика частина – для високоякісного компосту добрива для садів і городів, а з частини твердих рослинних відходів отримують паливо. Крім того, ці відходи, що вважаються низькоактивними, найчастіше намагаються знищити найдешевшим способом, який часто є компромісом між фінансовими та екологічними міркуваннями. В екосистему промислових регіонів значний дисбаланс вносять міські відходи промислових підприємств та транспорту, а також комунальні й агропромислові відходи. Міські відходи можуть бути утилізовані за допомогою хімічної чи термічної переробки та біодеструкції. Технологічні побутові відходи можуть бути перетворені на корисну енергетичну продукцію – біогаз або екологічно безпечні продукти, знешкоджені біодеградацією, у результаті чого може бути отримане також органічне природне біохімічне екологічно чисте добриво з біомаси – компост.

Компостування привернуло увагу через необхідність гігієнічно переробляти міські відходи і сирий активний мул станцій очищення, кількість яких постійно зростає, а також відходи харчової промисловості, рослинництва та гній тваринницьких ферм.

Утилізують тверді відходи за допомогою: складування, захоронення, спалювання, біодеструкції, біодеградації, біокомпостування, біостимуляції, біоремедації, біоаугментації, фіторемедіації, вермикультивування.

У ***третьому питанні*** необхідно розрізняти, як залежно від якості твердих відходів, їхньої кількості та технічних можливостей вони можуть бути утилізовані з використанням біодеградації або біоконверсії (компостування).

Тверді відходи населених пунктів (побутові і промислові), сільського господарства (рослинні й тваринні) та відходи харчової промисловості утворюють целюлозовмісні субстрати, придатні для компостування.  
У процесі промислового біорозкладу і біодеструкції складних компонентів твердих целюлозовмісних відходів з погляду біотехнології проходить твердофазна ферментація.

***У четвертому питанні*** треба розкрити поняття біоконверсії целюлозолігнінових матеріалів як довготривалого процесу, дуже поширеного в природі, де переважно відбувається повільний розпад органічних матеріалів. У природних умовах біодеградація целюлози проходить через утворення ароматичних сполук. В наслідок цього повільно розкладаються таніни і лігнін, переважно завдяки позаклітинним мікробним ферментам. Оскільки лігніни і таніни становлять значну частину ґрунтового органічного матеріалу, біометаногенез цих полімерів є важливий процес у життєвому циклі біосфери. Руйнування бензольного кільця ароматичних сполук, які потрапляють у тверді відходи, з виділенням метану проходить у процесі анаеробіозу, що спостерігається при біодеградації деяких біоцидів та забруднень водних зливів, за участі декількох видів мікробів, відповідальних за різні стадії деградації ароматичних кілець до ацетату, який є одним із субстратів для метанобактерій (дегідрування ацетату дає електрони, потрібні для відновлення карбон (IV) оксиду в метан), а саме бактерії Methanobacterium formicicum i Methanospirillum hungati. Бензольне кільце сполукзабруднювачів у твердих відходах спочатку відновлюється, а потім розпадається на аліфатичні кислоти під дією грамнегативних мікроорганізмів. Кислоти перетворюються на субстрати, що використовуються метанобактеріями Methanobacterium formicicum i Methanospirillum hungati. Утворені електрони, імовірно, сприяють утворенню водню, який відновлює СО2 до СН4. З 1976 року вивчають можливості використання твердих відходів природного походження біополімерів із застосуванням екологічної біотехнології шляхом біоконверсії для збагачення ґрунту (а саме твердих целюлознопаперових відходів – ЦП, складних ефірів целюлози – СЕЦ, твердих деревних відходів ксилем – ДК, волокнистих відходів бавовникової целюлози – БЦ, побутових відходів паперу, картону та харчів).Компостування твердих відходів є процесом очищення, що робить низькоактивні тверді відходи менш шкідливими для довкілля, а також слугує способом отримання стабільного продукту біологічного окиснення. Гуміфіковані продукти швидко урівноважуються з екосистемою, у яку їх внесли, і не призводять до серйозних порушень у ній, як це буває в разі внесення відходів.

У ***п`ятому питанні*** треба звернути увагу на біокомпостування рослинних відходів – твердофазний екзотермічний процес біологічного і біохімічного розкладу високомолекулярних і олігомерних речовин з можливим впливом целюлолітичних ферментів мікроорганізмів та одночасно синтез деяких низькомолекулярних речовин, зокрема ацетальдегіду, і оцтової кислоти, аж до утворення діоксиду вуглецю і води, тобто процес біодеградації («чистої» анаеробної чи аеробної деградації не спостерігається). Компостування є процесом синтетичним і деструктивним одночасно. Органічні відходи промислового, сільськогосподарського або комунального походження є сумішшю фракцій цукрів, білків, жирів, геміцелюлози, целюлози, лігніну і неорганічних солей у широкому інтервалі концентрацій

• водорозчинні сполуки (цукри, амінокислоти, амонійні солі) – 230 %;  
• сполуки, розчинні в ефірі і спирті (жири, олії, воски) – 115 %;  
• білок – 540 %; геміцелюлоза – 1030 %; целюлоза – 1560 %; лігнін – 530 %.

Склад фракцій рослинних відходівзалежить від віку рослини, її типу і середовища. Свіжа зелена сировина містить багато водорозчинних речовин, білків і солей, при дозріванні компосту солі повертаються в ґрунт, і низькомолекулярні сполуки перетворюються на високомолекулярні, особливо на геміцелюлозу, целюлозу і лігнін. Склад відходів тваринництвазалежить від типу тварини і від корму. Фактично всі мікроорганізми, наявні в компості, можуть засвоювати утворені при цьому фрагменти полімерів, але тільки невелика група вищих грибів може здійснювати гідроліз найстійкішого до дії ферментів лігніну і розкладати його. Окрім того, як вважають дослідник де Бертольді зі співробітниками, біодеградація лігніну збільшується в статичній системі, оскільки в ній міцелій не ушкоджується, на відміну від системи з перемішуванням.

*Біотермічне компостування твердих побутових відходів* у світовій практиці розвивалось як альтернатива спалюванню. Передбачали, що одним із напрямів утилізації органічного компонента ТПВ буде переробка його в органічне добриво (компост). З відомих сьогодні методів найефективнішим і найбільш гігієнічним є метод переробки в циліндричних барабанах, що обертаються. Труднощі здійснення цього методу полягають у досить складному процесі сортування і необхідності попередньої переробки відходів, що потребує будівництва спеціальних заводів. У країнах СНД з 1971 до 1994 року було збудовано 9 заводів, на яких реалізовано практично одну й ту саму технологію прямого компостування ТПВ. Усі заводи мали обладнання для здійснення трьох основних технологічних операцій: часткової попередньої підготовки відходів; біотермічного анаеробного компостування; очищення від домішок та складування компосту. На деяких заводах упроваджують технологію термічної обробки фракцій, що не підлягають компостуванню. Однак компост, отриманий на всіх зазначених заводах, має поганий товарний вигляд, низьку якість, його складно продати.

*Двостадійна технологія біодеградації.* При закладанні твердої біомаси на біологічний розклад передбачається двостадійний механізм біодеградації компонентів відходів залежно від оксигенації:

* на першій стадії – переважно анаеробна деградація;
* на другій стадії – переважно аеробна деградація.

Перші стадії компостування проходять дуже швидко, за дні або тижні, залежно від типу системи компостування. Біохімічні зміни відбуваються в ході процесу компостування пшеничної соломи при наявності нітриту амонію за рахунок безперервної утилізації полімерів геміцелюлози і целюлози на 50 % за 60 днів (особливо швидке зменшення сухих речовин спостерігається у перші 5 днів, у середньому по 2,7 % за добу, тоді як за наступні 30 днів – у середньому 1,3 % за добу), проте біодеградація целюлози сповільнюється в разі зменшення популяції грибів після того, як температура підвищується понад 55 °С. Знизити температуру можна за допомогою примусової вентиляції протягом процесу компостування.  
Зміна температури під час компостування – важливий чинник розвитку мікрофлори та проходження біодеградації рослинних відходів. Оптимальною рекомендованою температурою є 55 °С. Процес компостування за температурним режимом розділяють на чотири стадії:

* мезофільна (t= 2040 °С; рН= 56; 12 дні);
* термофільна (t= 4060 °С; рН= 89; 23 дні);
* охолодження (t= 4020 °С; рН= 98; 13 тижні);
* дозрівання (t= 20 °С; рН= 8; 24 місяці).

*Характеристика стадій компостування*

1 стадія – мезофільна – на початку процесу відходи зберігаються при температурі середовища, рН у них слабкокисле (мікроорганізми, наявні у відходах, починають швидко розмножуватись, температура піднімається до 40 °С, і середовище підкисляється за рахунок утворення органічних кислот).

ІІ стадія – термофільна – якщо температура перевищує 40 °С, починають гинути вихідні мезофіли і переважати термофіли, що піднімає температуру до 60 °С, гриби стають неактивними. Після 60 °С біохімічну реакцію продовжують бактерії, що утворюють спори, та актиноміцети, рН середовища стає лужним за рахунок виділення аміаку під час розпаду білків, що супроводжується швидким розкладом субстратів (цукри, крохмаль, жири, білки) на живлення та подальшим зниженням швидкості реакції після того, як залучаються стійкіші субстрати (швидкість тепловиділення дорівнює швидкості тепловтрати, що відповідає досягненню температурного максимуму), і перемішана купа компосту досягає стабільного стану (у деяких випадках під час компостування старих відходів спостерігається декілька температурних максимумів).

ІІІ стадія – охолодження – компост після температурного максимуму охолоджується, легкозасвоювані сполуки вже розпались, основна потреба в кисні задоволена, компостований матеріал припиняє приваблювати мух та паразитів і втрачає поганий запах, оскільки легкодоступні азот і сірка зв'язані новими мікроорганізмами, рН поволі знижується, але залишається лужним. Термофільні гриби з холодніших зон знову захоплюють весь об'єм і разом з актиноміцетами споживають полісахариди, геміцелюлозу і целюлозу, руйнуючи їх до моносахаридів, які потім можуть утилізуватись мікроорганізмами (швидкість тепловиділення стає дуже низькою, температура падає до температури довкілля, тепло відводиться за допомогою системи випарного охолодження за типом зворотного зв'язку з термодавачами, розміщеними в масі компосту і пов'язаними з повітродувками, що сприяє видаленню вологи у разі підвищення її вмісту).

ІV стадія – дозрівання – завершення втрати маси і тепловиділення, що триває декілька місяців, супроводжуючись складними реакціями між залишками лігніну з відходів і білками відмерлих мікроорганізмів з утворенням гумінових кислот, але без розігрівання. Не відбуваються анаеробні процеси при зберіганні, не вилучається азот з ґрунту, доводячи кінцеве рН компосту до слабколужного. Високу температуру часто вважають необхідною умовою успішного компостування, проте за дуже високої температури процес біодеградації пригнічується через інгібування росту мікроорганізмів, серед яких дуже небагато видів зберігають активність при температурі понад 70 °С. Порогом пригнічення біодеградації стає температура близько 60 °С (високих температур протягом тривалого періоду не можна допускати при швидкому компостуванні), яка є корисною для знищення терм чутливих патогенних мікроорганізмів.

На рис. 1 показана схема зміни температури та рН компостування в купі.

Розкладання органічних відходів під час компостування є динамічним і складним екологічним процесом, у якому постійно змінюється температура і склад живильних речовин, і помітно змінюється численність і видовий склад мікроорганізмів. Швидкість отримання кінцевого продукту залежить від декількох взаємозв'язаних параметрів (джерела вуглецю та азоту живлення, дисперсність частинок, вологість, міцність структури, аерація, перемішування, рН і розмір купи).

Рис. 1. Зміна температури та рН компостування в купі

Головною умовою успіху переробки ТБВ (харчові відходи, целюлозне волокно у вигляді паперу та картону) і ТПВ (деревні відходи, целюлозно-паперові та картонні відходи) є чітке дотримання параметрів біотехнології.

При опануванні матеріалу з ***шостого питання*** треба розрізнювати, як технології компостуванняздійснюються за два етапи:

1. На першій стадії для набухання целюлозовмісних та лігніновмісних субстратів й активізації ферментів застосовують зрошування водою протягом трьох тижнів.
2. На другій стадії для розкладу до кінцевого стабільного продукту біомаси здійснюють аерацію з виділенням вуглекислого газу та зменшенням початкової маси за температури, близької до температури довкілля.

Дотримання параметрів компостування за оптимальних умов експлуатації та врахування економічності процесу, що залежить від природи вихідного органічного компонента, на недорогих, але надійних системах й устаткуванні (не простих куп, а складних механічних установок), дає можливість отримувати якісний кінцевий продукт.

У ***сьомому питанні*** необхідно звернути увагу на те, що компостування є динамічним мікробним процесом, який відбувається завдяки активності мікроорганізмів різних груп:  
1) Бактерії – безліч форм – коки, палички, нитчасті, деякі форми, що утворюють спори (розміри 18 мкм);

2) Актиноміцети – утворюють тонкий розгалужений міцелій, ростуть переважно за підвищеної температури, пониженої вологості (діаметр гіф 0,52 мкм);

3) Гриби, дріжджі багатьох видів, найчастіше термофіли, утворюють міцелій (дріжджі – псевдо міцелій) і споролюють (розміри 350 мкм);  
4) Водорості віддають перевагу вологим умовам (розміри 10100 мкм);

5) Віруси живуть на організмахгосподарях: бактеріях або актиноміцетах (розмір 0,1 мкм).

У виділених з куп компосту грибах є значні кількості лігнінолітичних грибів, які в умовах статичного процесу, очевидно, сприяють деструкції лігніну, тоді як перемішування, яке може здійснюватись для інших цілей, запобігає розростанню міцелію в об'ємі компосту і можливого розкладу лігнінів.

Віруси спричиняють хвороби рослин, тварин і людини, проте, коли заражений матеріал піддається компостуванню, кількість патогенних вірусів у ньому різко знижується, переважно завдяки температурі та часу дії.

Більшість ґрунтових найпростіших та одноклітинних організмів споживає бактерії, водорості та інших найпростіших, проте саме найпростіші визначають численність бактеріальної популяції та ґрунтових тварин, споживаючи їхні екскременти й органічні залишки. Зазвичай для них необхідна хороша аерація, відповідна вологість, температура у межах 713 °С. До того ж, тканини організмів, що належать макрофауні, багаті азотом і легко руйнуються за порівняно короткий термін, стаючи запасом сполук азоту.

У ***восьмому питанні*** слід розглянути те, як у *простих системах компостування* підготовлений матеріал складають у вигляді довгих куп, які називають компостними рядами, або вручну, або за допомогою самоскидів чи навантажувачів. Ці купи мають приблизно трикутну форму в перетині, їхня висота і ширина може бути різною, але рекомендується, щоб за природної аерації висота не перевищувала 1,5 м, а ширина 2,5 м. Компостні ряди можуть бути будьякої довжини і часто їх розташовують відповідно до рельєфу місцевості. Бажано, щоб майданчик, на якому розташовують компостні ряди, був забетонований, щоб вони не руйнувались під час руху транспортних засобів, проте таке бетонування може виявитись дуже дорогим. Компостні ряди можуть протягом кількох місяців не вимагати ніякого втручання, доки в них не почне падати температура, або ж, щоб матеріал час від часу перевернути для аерації, зменшення розміру частинок і для термофілізації процесу переміщенням зовнішніх частин купи в її середину (для малих куп – вручну, але частіше із застосуванням землечерпалок, а у великих системах – спеціально спроектованих рухомих пристосувань, які перевертають, аерують і, якщо потрібно, зволожують). У країнах Європи і в СШАдля приготування компостних сумішей на фермах використовують навантажувачі, обладнані вилами, інколи – плоскодонні розкидачі для гною. Органічні відходи, зазвичай з тваринницьких ферм, завантажують у розкидачі для гною, у якому вони подрібнюються, аеруються, а потім звалюються у вигляді купи заввишки близько 1,25 м, щоб утворювалась довга купа. Потім в купі за допомогою спеціальної жердини діаметром 70 мм на відстані 1 м одна від одної роблять вертикальні дірки до землі. Якщо можливо, у гній додають певну кількість сирого овочевого бадилля. У таких купах може бути протягом тижня досягнута температура 70 °С, яка через місяць, коли їх перевертають за допомогою навантажувача, знижується до 30 °С. Через 23 місяці компост готовий до вживання. Фермери в європейських країнахвикористовують також технологію «рухомих» компостних рядів. За допомогою розкидача зі стрічковим транспортером утворюється ряд невеликої висоти. Через 34 дні, після досягнення максимальної швидкості споживання кисню, додають нову порцію матеріалу, поки не буде досягнута висота близько 2 м. При цьому купа не потребує періодичного перевертання. В умовах тропіківнайдоцільніше використовувати вдосконалений процес "Indore", який з великим успіхом застосовувався в Індійському сільськогосподарському центрі*.* За цією технологією органічні відходи компостують в ямах площею приблизно 9x4 м, глибиною 1,2 м. Відходи овочівництва розміщують шаром завтовшки 150 мм, на них накладають гній шаром завтовшки 50 мм, і все це присипають мокрою землею і деревним попелом. Загальна висота шарів – 1,5 м, у них роблять вертикальні отвори для аерації. Купу перевертають вручну двічі або тричі і в разі потреби додають воду.

При опануванні матеріалу з ***дев’ятого питання*** треба розглянути сучасні великомасштабні системи з переробки відходів*,* які, зазвичай, включають кілька стадій переробки:

* стадія накопичення твердих відходів;
* стадія передобробки;
* стадія біодеградації;
* стадія переробки кінцевого продукту.

Зібрані тверді відходи вивантажують з вантажівок в бункери або на спеціально підготовані майданчики, звідки їх переміщають за допомогою спеціальних транспортерів, ковшів або навантажувачів. Потім матеріал обробляють, тобто подрібнюють, відділяють небажані або придатні для переробки домішки і регулюють вологість. Подрібнення здійснюють в злегка нахиленому барабані (як правило, діаметром 3 м і завдовжки 10 м, що обертається з частотою 310 об/хв), або використовують кульові млини. Продуктивність такої установки становить 10 т/год. Енергетичні витрати на подрібнення залежать, насамперед, від необхідного кінцевого розміру частинок субстрату: при подрібненні до 50 мм енергетичні затрати становлять близько 8 кВт/т, а при подрібненні до 12,5 мм – близько 20 кВт/т. Після подрібнення видаляють відходи заліза, пластмас і ганчірки. Перед компостуванням, якщо в цьому є необхідність, додаванням води або сирого активного мулу регулюють вологість субстрату. Стадія біодеградації здійснюється за допомогою компостних рядів або складніших механізованих систем.

Механічні установкидля компостування – барабанзавдовжки 40 м і діаметром 4 м, що зазвичай обертається, встановлений під невеликим нахилом до горизонталі. Тверді відходи, часто без подрібнення, завантажують у нього з високого кінця. Відходи руйнуються внаслідок стирання при безперервному обертанні барабана з частотою 12 об/хв. По боках або на кінці барабана можуть бути встановлені сита різних розмірів для розділення матеріалу. Деякі проекти установок такого типу передбачають труби для примусової аерації. Час перебування в барабані становить, як правило, 23 дні, після чого матеріал зазвичай поміщають в компостні ряди на кілька тижнів.

**Висновки**

Сьогодні у світовій практиці найбільш досконалим методом складування ТПВ, що дозволяє скоротити негативний вплив на довкілля, є облаштування «керованих» полігонів. При виборі ділянки для складування відходів ураховуються особливості району розміщення полігона ТПВ: клімат, рельєф, геологія, гідрологічні процеси, водний баланс тощо. Підготовка полігона включає в себе ущільнення і гідроізоляцію ложа, пристрій дренажної системи для відводу фільтраційних вод, прокладку труб для збору біогазу .

Практичні досліди використання перерахованих методів у багатьох випадках призводять до позитивного ефекту, але деякі проблеми ще можуть потребувати свого розв’язання. Наприклад, залишкова емісія біогазу може залишатись високою, може статися засмічення (замулення) дренажу аеробного полігона, може виявитись утрудненою гідроциркуляція (труднощі в досягненні високих швидкостей потоків рідин крізь масу відходів), існує можливість утворення ущільненого шару ґрунту.

У результаті досліджень робиться висновок про стан звалища або полігона ТПВ з точки зору забруднення довкілля, про необхідність проведення контролю для запобігання небезпечних ситуацій: вибуху біогазу, забруднення ґрунтових і поверхневих вод токсичними компонентами фільтрату, погіршення санітарногігієнічної обстановки.

**Завдання для попереднього виконання**

1. Охарактеризуйте основні типи побутового сміття.
2. Розкрийте поняття «управління відходами».
3. Назвіть основні методи утилізації твердих побутових відходів.
4. Розкрийте проблеми твердих побутових відходів та схеми їх утилізації в Запоріжжі.

**Питання для інтерактивної бесіди за темою**

1. Що таке анаеробне ферментування твердих побутових відходів?
2. Характеристика стадій компостування твердих побутових відходів.
3. Як впливає дисперсність відходів на перебіг компостування?
4. Збір промислових та побутових відходів.
5. Інтенсивна емісія на полігоні.
6. Підходи до управління процесами анаеробної інертизації.
7. Що таке залишкова емісія біогазу?
8. Поясніть поняття аерація.

**Тестові завдання**

1. Що отримують у результаті піролізу

а) діоксини;

б) фурани;

в) сульфоцили;

г) горючий газ і твердий залишок.

2. Оптимальні параметри екологічної біотехнології компостування:

а) наявність Скомпонента та Nкомпонента;

б) параметри температури;

в) наявність мікроорганізмів;

г) перемішування.

3. Час ферментації залежить від

а) температури;

б) тиску;

в) типу субстрату;

г) густини.

4. Дисперсність відходів впливає на

а) перебіг компостування;

б) злежуваність;

в) вологість;

г) неорганічні залишки.

5. Чим інгібується біологічна фіксація азоту

а) температурою;

б) аміаком;

в) кислотою;

г) спиртом.

6. Що збільшує питому поверхню, необхідну для біодеградації

а)перемішування;

б) висушування;

в) нейтралізація;

г) ацидоліз.

7. Ацидогенні бактерії забезпечують

а) фільтрацію;

б) початковий гідроліз субстрату;

в) піроліз;

г) алкадоліз.

8.Інтенсифікація – це:

а) прискорення біодеградації;

б) ущільнення;

в) розшарування;

г) висушування.

**Тема 3.** Термічне знешкодження рідких промислових відходів

## План заняття

1. Установки термічного знешкодження рідких промислових відходів. Форсунки з розприскуванням рідких відходів.
2. Ультразвукові форсунки.
3. Циклонні топки.
4. Вертикальні циклонні камери для знешкодження стічних вод.
5. Установки надшарового горіння.

*Ключові поняття:* відходи, очищення стічних вод, переробка відходів, сировина.

**Рекомендована література**

1. Караїм О. А. Техноекологічні основи безвідходних виробництв : конспект лекцій. Луцьк : Вежа-Друк, 2014. 88 с.

2. Рубан Е.В., Островка М.В., Куцька Н.Б., Соколенко Н.М., Будрик О.І. Технологічні основи утилізації та рекуперації твердих промислових та побутових відходів : навчальний посібник. Сєвєродонецьк: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2018. 312 с.

3. Юрченко Л.І. Екологія : підручник. Київ : Центр навчальної літератури, 2019. 304 с.

**Методичні рекомендації**

При відповіді на ***перше питання*** треба обов`язково розглянути як рідкі відходи хімічної промисловості, так і нафтовмісні стічні води, розчинники, які можуть спалюватись двома способами – у розпиленому стані і над шаром (останні переважно для рідких горючих відходів ). При форсункових способах паливо спалюється в топках печей у розпиленому стані у вигляді найдрібніших краплинок, котрі добре перемішуються з повітрям і згоряють на льоту. Чим краще частки палива розосереджені і перемішані з повітрям, тим досконаліший процес згорання. Для розпилення палива в основному використовуються форсунки парові, повітряні та механічні. Найбільш розповсюджені їхні типи працюють за принципом загальновідомих форсунок системи Шухова. На рис. 1 наведено загальний вид форсунки фірми «Басф» ( ФРН ) для розпилення рідких відходів.

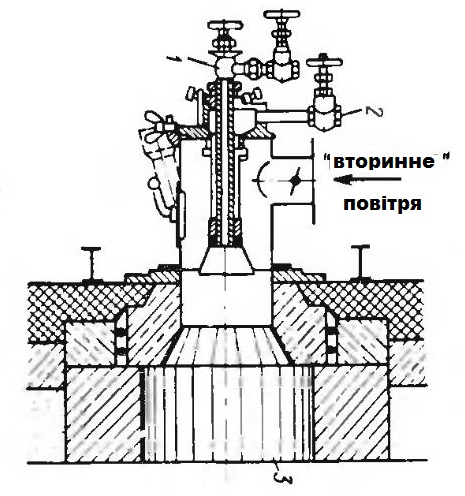
frame-col-ypos:0,000000in; bot-style:none; xpos:0,013194in; wrap-mode:wrapped-both; frame-type:image; ypos:0,000000in; top-style:none; frame-height:3,708333in; frame-pref-page:32; left-style:none; position-to:block-above-text; frame-col-xpos:0,013194in; right-style:none; frame-width:3,572917in

Рис. 1. Загальний вигляд установки з форсунками для розприскування рідких відходів у печах фірми «Басф»: 1 – вентиль на лінії подачі розчину, 2 – вентиль на лінії первинного повітря, 3 – стінка печі.

Рідкі промислові відходи подаються по осі установки через вентиль 1 і розпилюються первинним стисненим повітрям, що надходить із вентиля 2. У факел горіння в напрямі стрілки подається стиснене повітря.

Спалювання нафтовідходів та інших рідких горючих відходів у печах з форсунковим розпиленням палива звичайно обмежується через можливість засмічення форсунок чужорідними механічними включеннями, зривом горіння через потрапляння води і т.д. Однак існують форсункові прилади, нечутливі до таких перешкод.

У ***другому питанні*** увага повинна бути приділена фірмі «Думаг» (Австрія), яка розробила ультразвукові форсунки GS і GOS спеціально для спалення низькоякісних рідких відходів типу нафтошламів у спеціальних стаціонарних і транспортабельних установках (рис. 2).

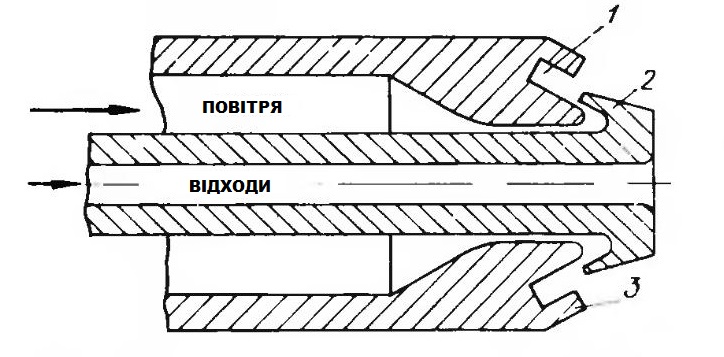
frame-col-ypos:0,000000in; bot-style:none; xpos:-0,101389in; wrap-mode:wrapped-both; frame-type:image; ypos:0,000000in; top-style:none; frame-height:1,916667in; frame-pref-page:32; left-style:none; position-to:block-above-text; frame-col-xpos:-0,101389in; right-style:none; frame-width:3,635417in

Рис. 2. Принципова схема ультразвукової форсунки: 1 – резонансна камера, 2 – параболічне дзеркало, 3 – відбивач.

Форсунка GS монтується на спеціальній трубці, до якої підводяться два ввідних шланги, один з яких служить для спалювання відходів, а другий – для подачі газу (повітря) з метою створення пульсуючої суміші. Форсунка сконструйована за типом генератора Хартмана, стиснене повітря чи пар (макс. t=180 оС) вводиться у резонансну камеру з надкритичною швидкістю через умонтований зовнішній відбивач 3. При цьому виникає надзвукове поле, яке за допомогою параболічного дзеркала 2 прямує на вихідний струмінь. У залежності від першопочаткового пару чи повітря, за допомогою високої енергії, коливання досягають 1800023000 Гц.

Ці коливання розщеплюють відходи, що надходять, у результаті чого досягається середній спектр розміру краплин 20180 мкм ( при вихідному тиску газу 1.33 бара). Оскільки навколо кожної краплини утворюється повітряна оболонка, бездимне спалювання можливе навіть при важкоспалюваних відходах.

У ряді випадків для спалювання нафтовмісних шламів використовують ротаційні форсунки і пальники з обертовим розпилювачем. Такі пальники не засмічуються твердими частками та не залежать від в’язкості горючого. Розпилення можна змінювати, змінюючи швидкість і кількість первинного та вторинного повітря.

Цей пальник має перевагу перед іншими при спаленні нафтовідходів завдяки простоті конструкції. На розпилення шламу звичайними форсунками низького тиску затрачається повітря у 34 рази більше, ніж потребується для його спалення. Це веде до значного збільшення обсягу продуктів горіння, зниженню продуктивності та ефективності установки.

Тому, з точки зору ефективності спалення шламу, перевагу слід віддати форсункам з механічним перемішуванням при мінімальній затраті чи без затрати повітря на розпилення.

Термічне знешкодження рідких, а також твердих, газоподібних і комбінованих сумішей промислових відходів може здійснюватись їх форсунковим розпиленням у топковому обсязі камерних топок.

На рис. 3 показана схема топки Лургі для спалення упареного сульфітного лугу.

Рис.3. Схема топки Лургі для спалювання упареного сульфітного лугу

Розпилений за допомогою сопел луг підсушується та спалюється у протитечії димових газів. Гази, що відходять, обігрівають паровий котел. Оскільки луг погано запалюється, у топку вводять вугільний пил. На рис. 4 показана схема топки Лургі для спалення лугу з вугільним пилом.

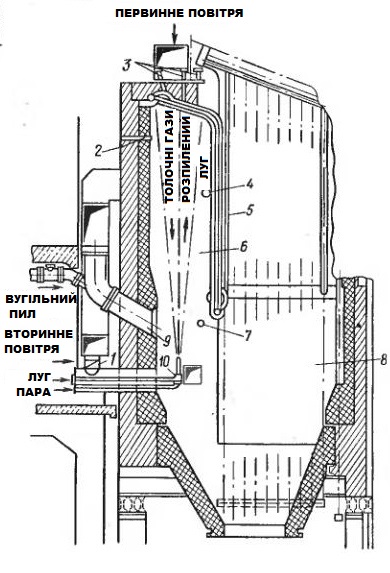
frame-col-ypos:0,004167in; bot-style:none; xpos:0,492361in; wrap-mode:wrapped-both; frame-type:image; ypos:0,004167in; top-style:none; frame-height:4,385417in; frame-pref-page:33; left-style:none; position-to:block-above-text; frame-col-xpos:0,492361in; right-style:none; frame-width:2,989583in

Рис.4. Схема топки Лургі для спалювання упареного сульфітного лугу з вугільним пилом: 1 – дросельний клапан для подачі вторинного повітря, 2 – пальник, 3 – сопка для подачі первинного повітря, 4 і 7 – місця заміру температур, 5 – трубки екрана, 6 – частина топкової камери у екрана, 8 – нижня частина топкової камери котла, 9 – пальник для пилу, 10 – розпилювач лугу.

У топковій камері 8 влаштований екран 5, увімкнений у циркуляційну схему котла. У простір 6, утворений стінками топкової камери і екраном, через форсунковий розпилювач 10 за допомогою перегрітого пару впорскується луг. Назустріч струменю лугу через сопла 3 подається первинне повітря, необхідне для процесу горіння. Запалення лугу здійснюється за допомогою пальника 2. Температура топкового простору в точці 4 становить 1600-1700 оС, у точці 7 – 11001200 оС. Вторинне повітря подається в піч через дросельний клапан 1. Подача вугільного пилу здійснюється через пальник 9, розташований між форсунками для лугу. Витрата електроенергії при спаленні 1 т лугу становить 1,2 кВт.год, витрата пару – 50100 кг/ч.

У ***третьому питанні*** необхідно вміти розрізняти, як для термічного знешкодження рідких, а також газоподібних та подрібнених твердих ПВ, у топковому обсязі широко використовуються циклонні варіанти камерних топок та печей. Найбільшого розповсюдження вони набули для знешкодження рідких концентрованих зливів хімічної промисловості та галузям, які до неї примикають.

Перевага циклонних топок чи реакторів порівняно з іншими видами камерних топок зумовлюється, головним чином, їхніми аеродинамічними особливостями (турбулентною структурою газового потоку), які забезпечують високу інтенсивність та стійкість процесу спалення палива з вельми малими топковими втратами при мінімальних надлишках повітря. При цьому виникають найбільш сприятливі умови тепло й масообміну між газовим середовищем та краплями зливної води внаслідок великих відносних швидкостей і високої інтенсивності турбулентності. Це дозволяє створити малогабаритні прилади, які працюють з високими навантаженнями, котрі в десятки разів перевищують навантаження печей інших варіантів.

Типовим прикладом циклонної топки є установка для знешкодження зливних вод (сульфітного лугу целюлозопаперової промисловості) у м. Лоддбі (Швеція). Установка складається з вентилятора 1 і циклонної печі 2. ( рис. 5 ).

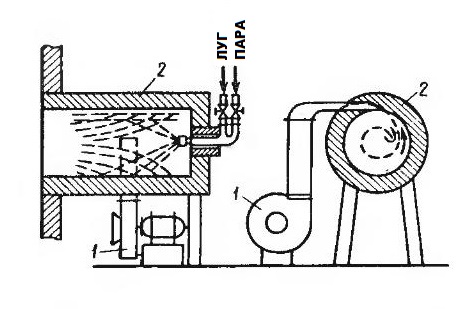
frame-col-ypos:0,593750in; bot-style:none; xpos:-0,257639in; wrap-mode:wrapped-both; frame-type:image; ypos:0,593750in; top-style:none; frame-height:2,406250in; frame-pref-page:34; left-style:none; position-to:block-above-text; frame-col-xpos:-0,257639in; right-style:none; frame-width:3,635417in

Рис.5. Схема циклонної топки Лоддбі: 1 – вентилятор, 2 – циклонна піч.

На відміну від прямоточних конструкцій, підвідний канал вентилятора встановлений тут тангенційно до утвореної циліндричної камери печі. Повітря, яке виходить із вентилятора, набуває обертального руху й переміщується вздовж циліндра по спіралі. У торці камери передбачена парова форсунка, через котру під тиском приблизно 0,7 МПа розпилюється луг. При виході із форсунки луг змішується з повітрям, яке рухається по спіралі. Краплини лугу висихають і запалюються. Неспалені частки за рахунок відцентрової сили відкидаються до стінок топки в зону найбільшої концентрації кисню й там догорають.

Збільшення турбулентності у камері згорання є ефективним засобом для покращення підводу окислювача при великій концентрацій розпилених часток і малих коефіцієнтах надлишку повітря.

Повітря, що подається на горіння, попередньо не підігрівається. Унаслідок цього температура біля стінок печі, футерованої глиноземистою цеглою (60 % АL03 и 40 % Si02), нижча температуру полум’я. Зола видаляється у твердому стані один раз у зміну. Обсяг печі продуктивністю 6,3 т/ч упареного лугу складає 4,15 м3, довжина печі 3,75 м, діаметр 1,2 м.

***Четверте питання*** передбачає розгляд того, як саме на території СНГ за останній час розроблений цілий ряд топок з твердим та рідким (у розплавленому стані) золовидаленням. Провідними організаціями у цій галузі є НПО «Техенергохімпром» і Московський енергетичний інститут.

Дослідження процесу вогневого знешкодження різних виробничих стічних вод на дослідних і промислових установках показали, що найбільш доцільні для цієї мети вертикальні циклонні камери ( рис. 6 ).

Рис.6. Вертикальні циклонні камери для вогневого знешкодження зливних вод: А – з цегляною футеровкою, Б – з гарнісажною футеровкою, 1 – пальники попереднього змішання, 2 – центробіжні механічні форсунки, 3 –

цегляна голівка, 4 – водоохолоджувальний корпус, 5 – льотка для випуску мінеральних солей.

Ці камери мають такі особливості: тангенційний підвід палива й повітря, розосереджений по окружності циклонної камери і її головної частини; відділення зони горіння від зони випаровування зливної води й окислення домішок шляхом розміщення пояса форсунок для розпилення зливної води нижче пояса пальникових приладів; використання цеглової футеровки у зоні горіння з метою збільшення стійкості горіння палива; використання пальників попереднього змішування для інтенсифікації горіння газу, а при опаленні рідким паливом – спільний ввід палива й повітря; використання для розпилення зливної води найбільш економічних механічних відцентрових форсунок, які установлюються по окружності циклонної камери.

Для знешкодження зливних вод, що не містять мінеральних домішок, з видаленням золи із циклонної камери у твердому стані, камеру виготовляють з вогнетривкої цеглової футеровки (рис. 6.а).

Для знешкодження зливних вод з випуском розплаву мінеральних домішок, нижню частину камери, що працює, і пережим роблять з гарнісажної футеровки з проточним чи випаровувальним охолодженням (рис. 6.б).

У циклонних печах у зв’язку з використанням гарнісажних футеровок є широкі можливості для вогневого знешкодження різних типів зливних вод і рідких ПО з утворення розплаву мінеральних речовин. При цьому в просторі печі, яка працює, крім хімічних реакцій горіння палива й рідких горючих відходів, протікають реакції з мінеральними речовинами. Наприклад, при окисленні органічних сполук металів утворюються оксиди, котрі в печі можуть піддаватись карбонізації, сульфатизації і т.д. Зокрема, при окисленні органічних сполук натрія і калія утворюються карбонати. Окислення органічних сполук сірки, фосфору й галогенів супроводжується утворенням газоподібних кислот і їхніх ангідридів. Луги, які містяться у початковій зливній воді та інших відходах, а також які утворились у процесі вогневого знешкодження, можуть вступати у просторі печі, котра працює, у хімічній взаємодії з газоподібними кислотами і їхніми ангідридами, утворюючи різні мінеральні солі. Мінеральні речовини з циклонної печі можуть випускатись у вигляді розплаву чи в твердому вигляді. Інколи їх використовують як сировину у виробничих процесах. У цих випадках циклонні печі можуть розглядатись як агрегати для регенерації деяких речовин із ПО: соляної кислоти – із відпрацьованих травильних розчинів, тринатрійфосфата – із відпрацьованих розчинів ванн знежирення металів, соди – із лугового стоку виробництва капролактама і т.д.

Сучасні циклонні печі для вогневого знешкодження ПВ можуть бути віднесені до категорії хімічних реакторів і в ряді випадків у літературі іменуються циклонними реакторами. Дослідження процесів вогневого знешкодження концентрованих промзливів у циклонних реакторах показали, що головним параметром, який визначає ефективність роботи установки (повноту вигорання домішок, питому втрату палива), є температурний рівень процесу. Іншими важливими параметрами є тонкість розпилення зливної води, концентрація і фізикохімічні властивості органічних і мінеральних складників зливної води, питоме навантаження робочого обсягу, коефіцієнт витрати повітря.

Вартість знешкодження 1 м3 зливної води у найбільш несприятливих умовах (мала продуктивність циклонної установки, низька концентрація горючих речовин, відсутність утилізації тепла) невелика.

У ***п’ятому питанні*** увага повинна бути приділена тому, як при безфорсункових надшарових способах термічного знешкодження рідких горючих відходів горіння газифікованих продуктів здійснюється над шаром прогрітих відходів, що закипають. Основними перевагами цих способів є відносна простота печі (топки, пальники), її мала чутливість до засміченості і обводнення горючого відходу.

Надшарові способи спалення можна розділити на три групи: спалення без примусової турбулізацій шару відходів, з турбулізацією шару відходів механічними приладами, з пневматичною турбулізацією шару відходів. Найбільш простими є способи, які засновані на спаленні відходів без примусової турбулізації шару.

У США створена крупногабаритна установка для надшарового спалення горючих відходів з примусовою подачею повітря в зону горіння (рис.7 ).

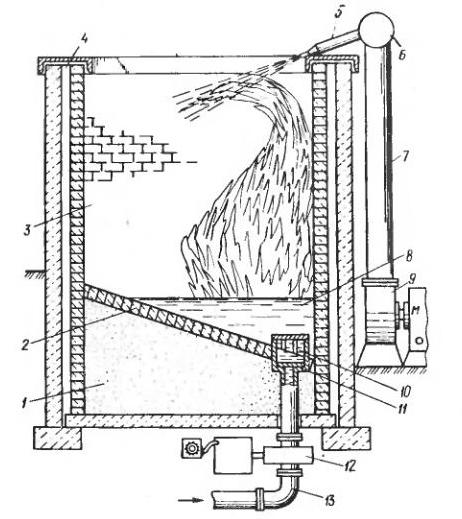
frame-col-ypos:-0,098611in; bot-style:none; xpos:0,118056in; frame-width:3,675694in; wrap-mode:wrapped-both; frame-type:image; frame-col-xpos:0,118056in; ypos:-0,098611in; frame-height:4,130556in; frame-pref-page:37; position-to:block-above-text; left-style:none; right-style:none; top-style:none

Рис.7. Американська установка надшарового горіння: 1 – піщана основа, 2 – дно основи камери згорання, 3 – камера згорання, 4 – повітряний проміжок, 5 – сопло, 6 – колектор, 7 - напірний повітропровід, 8 – шар рідких відходів, 9 – вентилятор, 10 – отвори клапанної коробки, 11 – клапанна коробка, 13 – трубопровід.

Прямокутна камера згорання (3) печі, футерованої вогнетривкою цеглою, має зазори (4) для охолодження її повітрям. Днище (2) камери згорання виконане також із вогнетривкої цегли, нахилене до горизонталі й лежить на піщаній основі (1). У поглибленій частині камери розташована клапанна коробка (11), яка має у верхній частині ряд отворів. Насос (12) через трубопровід (13) з’єднується з резервуаром рідких відходів. Вентилятор (9) напірним повітропроводом (7) з’єднаний з колектором (6), розташованим уздовж стіни камери згорання, який закінчується соплом (5).

У процесі роботи установки відходи подаються у камеру згорання, де утворюється шар, який майже цілком закриває днище печі. За допомогою легкозаймистої рідини (бензин, гас тощо) поверхня відходів підпалюється. У цей же час вмикається вентилятор (9); повітря починає надходити в сопла колектора й постачає кисень у зону горіння, футеровані стінки камери згорання поступово розжарюються і стають джерелом випромінювання, яке сприяє випарюванню летучих компонентів відходів. При правильному регулюванні подачі горючих відходів і повітря згорання відходів може бути досить повним.

Установки такого типу відносно прості, не потребують складної попередньої обробки відходів і можуть застосовуватись у місцях їх централізованого згорання. До недоліків установок слід віднести громіздкість, а також некерованість процесу під час закипання води під шаром відходів.

Спалення з турбулізацією шару відходів механічними приладами є найбільш ефективним процесом. Рідкі горючі відходи, які піддаються спаленню в установках надшарового горіння, бувають дуже засміченими й обводненими. Якщо ці відходи не перемішувати в процесі роботи печі, то горіння навіть при правильному співвідношенні «повітря-паливо» йде неінтенсивно внаслідок низького рівня тепло і масообмінних процесів; утворюються застійні зони, де можливе розшарування емульсованої води, а це призводе до її раптового спінення і погашення полум’я. Крім цього, з часом на днищі печі накопичуються неспалені тверді домішки, які містяться у відходах, а також кокс і частково оплавлені зольні відходи.

При збільшенні шару твердих домішок відбувається екранування рідких горючих відходів. У результаті чого зменшується ступінь газифікації горючих компонентів, знижується продуктивність печі, і потрібна її зупинка для проведення чистки. Тому доцільніше створювати печі з примусовим змішуванням шару відходів і з механічним вивантаженням твердого залишку (рис.8).

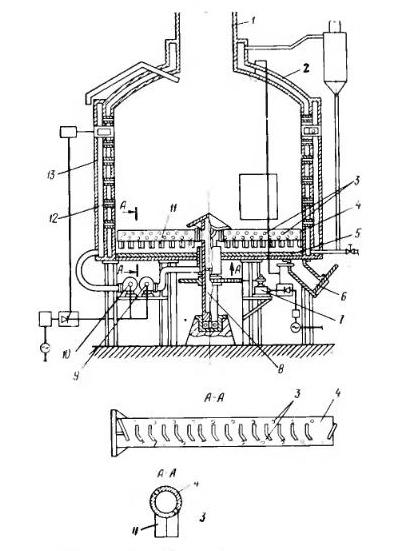
frame-col-ypos:0,032639in; bot-style:none; xpos:0,070139in; wrap-mode:wrapped-both; frame-type:image; ypos:0,032639in; left-style:none; frame-height:4,925000in; frame-pref-page:38; top-style:none; position-to:block-above-text; frame-col-xpos:0,070139in; right-style:none; frame-width:3,944444in

Рис.8. Піч Сатору і Накано (Японія): 1 – газохід, 2 – камера згорання, 3 – отвори для повітря, 4 – радіальні лопаті, 5 – днище, 6 – розвантажувальний люк, 7 – привід, 8 – пустотілий вал, 9 і 10 – повітродувки, 11 – скоби, 12 – повітряні отвори, 13 – кільцева порожнина.

Японська піч конструкції Сатору і Накано виконана у вигляді повітряно-охолоджуваної циліндричної камери згорання (2) з вузьким газоходом (1). Днище (5) камери в центрі має отвір, крізь який проходить пустотілий вал (8). На кінці валу закріплені порожнисті радіальні лопаті (4) з отворами (3) для виходу повітря. Лопаті забезпечені шкребками (11). Для вивантаження золи і коксу в днищі печі передбачено люк (6). Подача необхідного для горіння повітря виробляється від повітродувок (9) і (10).

Працює піч таким чином: на днище (5) відносно тонким шаром заливають відпрацьовану олію і підпалюють. Повітря, необхідне для горіння, від повітродувок (9) подається в кільцеву порожнину (13) і входить в камеру згорання через отвір (12) в стінках печі. Одночасно з початком горіння олії вмикається механічний привод (7), який передає обертання на вал (8). Радіальні лопаті (4) зі шкребками (11) перемішують і усереднюють шар відходів. Повітря, яке подається від повітродувок (9), охолоджує вал (8), а також лопаті (4), через отвори яких виходить у зону газифікації, постачає туди кисень. Після закінчення подачі відходів негорючі частки, зола і кокс переміщуються лопатями до люка (6) і вивантажуються.

**Висновки**

На відміну від ранніх стадій індустріального розвитку, процеси самоочищення води, повітря і ґрунту не можуть впоратись із обсягом надходження в довкілля забруднень. Науковий і технічний прогрес, створюючи нові джерела забруднень, одночасно визначає передумови та можливості захисту природних об'єктів не тільки за рахунок розробок екологічно прийнятних технологій, а й удосконалення процесів переробки, утилізації, знешкодження та захоронення відходів. Сучасний рівень розвитку науки і техніки дозволяє істотно скоротити кількість відходів, що не утилізуються, однак не дає технічних рішень з їх повної утилізації. Особливу небезпеку становлять хімічні відходи, тому виробництво хімічних продуктів в умовах безпеки та захисту довкілля – це не тільки зниження потенційної небезпеки різними технічними методами і обробка відходів на найсучасніших установках, але й більшою мірою скорочення джерел ризику як такого – генерувати якомога менше відходів.

Світова тенденція зводиться до трьох основних напрямів розв’язання проблеми промислових і муніципальних відходів: створення принципово нових і вдосконалення наявних виробничих технологій з метою різкого скорочення можливостей утворення відходів; створення екологічно прийнятних сучасних способів переробки відходів; розробка способів використання відходів як сировини.

**Завдання для попереднього виконання**

1. Дайте визначення термічному знешкодженню токсичних промислових відходів.

2. Охарактеризуйте рідиннофазне окиснення токсичних відходів виробництва.

3. Охарактеризуйте різновиди гетерогенного каталізу промислових відходів.

4. Опишіть принцип вогневої переробки відходів.

**Питання для інтерактивної бесіди**

1. Як спалюється пальне при форсункових способах у топках печей?

2. Парові, повітряні та механічні форсунки.

3. Принцип роботи ультразвукових форсунок.

4. Якими двома способами можуть спалюватись рідкі відходи?

5. Переваги та недоліки циклонних печей.

6. Навіщо використовують цегляні футеровки?

**Тестові завдання**

1. До чого призводить недостатня утилізація теплоти відхідних газів у циклонних печах?

а) перевитрати палива;

б) зниження ефективності очищення;

в) ні на що не впливає;

г) погіршення технологічних процесів знешкодження.

2. Чи потрібно і якщо потрібно, то чому треба очищати рідкі відходи перед надходженням їх до форсунок?

а) щоб уникнути засмічення форсунок;

б) щоб уникнути викиду в довкілля не до кінця знешкоджених відходів;

в) рідкі відходи не потребують попереднього очищення.

3. Для знешкодження зливних вод якого характеру забруднення найбільше підходять циклонні печі?

а) хімічне і біологічне забруднення;

б) органічне й мінеральне забруднення;

в) радіоактивне забруднення;

г) неорганічне забруднення.

4. Якої форми теплообмінник у рекуперативній печі?

а) прямий;

б) у формі змії;

в) циліндричний;

г) інший.

5. Для спалювання яких зливних вод використовується вогневий метод?

а) горючих;

б) негорючих;

в) усіх видів.

6. Як зливні води підводяться в камеру згорання?

а) заливаються в рідкому вигляді;

б) розприскуються форсунками;

в) подаються нагрітими у вигляді пари.

7. Відцентрові механічні форсунки в циклонних печах розташовані ...

а) нижче рівня зони горіння палива;

б) вище рівня зони горіння палива;

в) приблизно на одному рівні з зоною горіння палива.

8. Ефективним засобом для покращення підводу окислювача при великій концентрацій розпилених часток й малих коефіцієнтах надлишку повітря є:

а) збільшення турбулентності;

б) зниження тиску;

в) підвищення температури;

г) зниження концентрації речовини.

9. Які ви знаєте форсункові прилади, що не чутливі до засмічення чужорідними механічними включеннями?

а) «БАСФ»;

б) «Думаг»;

в) «Вихрь-1»;

г) «Лоддбі».

10. Недоліки установок з надшаровим горінням?

а) громіздкість;

б) висока собівартість;

в) некерованість.

**Тема 4.** Установки очищення нафтошламу

## План заняття

1. Система очистки резервуарів від шламу SKK COWS.

2. Хімічні методи утилізації нафто шламу.

3. Методи очистки ґрунтів від нафто шламу.

*Ключові поняття*: відходи, нафтошлами, переробка відходів, сировина, сорбенти, чутливість.

**Рекомендована література**

1. Russo S., Silver M. Introductory Chemistry : A Conceptual Focus. San Francisco : Addison Wesley, 2000. 610 p.
2. Братичак М. М., Гринишин О.Б. Технологія нафти та газу : навчальний посібник. Львів : Львівська політехніка, 2008. 180 с.
3. Білецький В. С., Орловський В. М., Дмитренко В. І., Похилко А. М. Основи нафтогазової справи : навчальний посібник. Полтава : ФОП Халіков Р.Х., 2017. 312 с.
4. Курта С.А. Основи нафтохімії : навчальний посібник. Івано-Франківськ : Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, 2020. 193 с.
5. Mori S., Barth H. G. Size Exclusion Chromatography. Berlin : Springer, 1999. 234 p.
6. Денисюк Р.О. Хімічна технологія : підручник. Житомир : Житомирський державний університет, 2017. 350 с.

**Методичні рекомендації**

У ***всіх питаннях*** семінарського заняття треба розглядати нафтошлами (нафтові шлами). Це складні фізикохімічні суміші з нафтопродуктів, механічних домішок (глини, оксидів металів, піску) і води.

Нафтові шлами утворюються в основному при видобутку, рідше – при переробці й транспортуванні нафти.

Нафтошлами токсичні і становлять велику небезпеку для довкілля, підлягають захороненню або переробці.

Залежно від способу утворення і, відповідно, фізико-хімічного складу, нафтові шлами підрозділяються на кілька груп або видів:

1) придонні, які утворюються на дні різних водойм після розливу нафти;

2) утворені при бурінні свердловин буровими розчинами на вуглеводневій основі;

3) утворені в процесі видобутку нафти, а, точніше, у процесі її очищення (підготовки);

4) резервуарні нафтошлами – відходи, які утворюються при зберіганні й транспортуванні нафти в резервуарах;

5) ґрунтові, які є продуктом з'єднання ґрунту і нафти, що на нього пролилась (причиною цього може бути як технологічний процес, так і аварія).

При тривалому зберіганні нафтошлами з часом поділяються на кілька шарів, з характерними для кожного з них властивостями:

* верхній шар становить собою обводнений нафтопродукт із вмістом до 5% тонкодисперсних механічних домішок і належить до класу емульсій «вода в олії». До складу цього шару входять 7080 % олій, 625 % асфальтенів, 720 % смол, 14 % парафінів;
* середній, порівняно невеликий за обсягом шар, – емульсія типу «олія у воді». Цей шар містить 7080 % води і до 15 % механічних домішок;
* придонний шар являє собою тверду фазу, що включає до 45 % органіки, 5288 % твердих механічних домішок, включаючи оксиди заліза.

Існує кілька методів кінцевої переробки нафтошламів:

* біологічні – мікробіологічне розкладання в ґрунті безпосередньо в місцях зберігання, біотермічне розкладання.
* фізичні – поховання в спеціальних могильниках, фільтрування і фільтрування під тиском;
* хімічні – екстрагування за допомогою розчинників, затвердіння із застосуванням (цемент, рідке скло, глина) органічних (епоксидні й полістирольні смоли, поліуретани та ін.) добавок;
* фізикохімічні – застосування спеціально підібраних реагентів, що змінюють фізико-хімічні властивості, з подальшою обробкою на спеціальному обладнанні;
* термічні – спалювання у відкритих коморах, печах різних типів, отримання бітумінозних залишків.

У ***першому питанні*** треба зауважити, що згідно з «Правилами технічної експлуатації резервуарів», повне обстеження нафтоналивних резервуарів проводиться не рідше одного разу на десять років. Усунення виявлених при обстеженні дефектів перешкоджає втратам палива, забрудненню довкілля і підвищує пожежну безпеку. Перед проведенням такої перевірки необхідно очистити резервуари від донних відкладень. Також бажано проводити регулярне очищення для безперебійної роботи нафтосховищ і трубопровідних систем, для підвищення якості нафтопродуктів. Однак така очистка – досить трудомісткий процес. У нафтошламах може міститись до 60 % нафти і економічно недоцільно виконувати їх утилізацію без попередньої переробки. У Японії розроблена абсолютно нова система для очистки шламів з резервуарів, що забезпечує безпеку процесу, велику економію часу і робочої сили. Це система очищення резервуарів сирою нафтою SKK COWS.

У резервуар, що очищується, встановлюються форсунки високого тиску. Кожна з миючих форсунок може працювати автономно. Поруч з резервуаром монтується система фільтрації та насоси, що підключаються до іншого, допоміжного резервуару, нафту з якого буде використано для очищення, і в який буде зливатись відновлена нафта. Автоцистерна з рідким азотом підключається до бака через випарник, установлюється система моніторингу рівня кисню і вуглеводнів у резервуарі.

Процес очищення починається з наповнення резервуара інертним газом. Робочий вміст кисню в ємності не повинен перевищувати 8 %. Інертний газ використовується, щоб статична електрика всередині бака не привела до вибуху. Система моніторингу контролює склад газів постійно і дає сигнал тривоги при нештатній ситуації. Після цього включаються форсунки високого тиску, які розбивають, розчиняють і вимивають осадові матеріали. При роботі сопла переміщуються автоматично так, щоб не залишалось неочищених зон. Розчинений нафтошлам надходить у сепараційні системи, де відбувається поетапне виділення вуглеводнів.

Суміш обробляється високотемпературним паром під високим тиском, при цьому шлам, що містить нафту, миттєво висушується, розпорошується, і відбувається відділення вуглеводнів від твердих частинок.

У випареному стані суміш проходить через гравітаційний і циклонний сепаратори, де відбувається очищення вуглеводнів від твердих частинок.

Очищені вуглеводні зріджуються в пристрої і у відновленому вигляді надходять у допоміжний резервуар.

Система SKK COWS обладнана вакуумними насосами, які ефективно працюють із сумішшю нафташлам (рис.1). При проходженні через фільтраційну систему нафта очищається від твердих частинок шламу і надходить у допоміжний резервуар. Після повного зливу нафти резервуар промивається з цих же форсунок високого тиску гарячою водою. У сепараційній системі нафта відділяється від води і також надходить у допоміжний резервуар. Послідовність операцій очищення – від сирої нафти і до гарячої води – є однією з найважливіших технологічних особливостей SKK COWS. Остаточний етап – очищення резервуара від нерозчинного осаду (сміття, іржі, піску) – відбувається вже у відкритому, вентильованому бакові. Повністю процес очищення займає 2030 днів, залежно від обсягу резервуара.

Рис.1. Схема утилізаційної установки для переробки нафтошламів

(Модуль A: система, що відновлює, вакуумна система передачі нафти, очищеної від шламу, допоміжний резервуар; Модуль B: система високого тиску, подача нафти на миючу систему).

Система очищення резервуарів сирою нафтою SKK COWS має важливі переваги над традиційними способами очистки резервуарів:

1. Очищення відбувається автоматично, без застосування ручної сили, що підвищує безпеку процесу.

2. Той факт, що дія відбувається в середовищі інертного газу, означає відсутність небезпеки вибуху від статичної електрики.

3. Послідовність процесу не залежить від кількості відкладень у бакові.

4. Система очищення забезпечує максимальний вихід вуглеводнів з шламу, у резервуарному осаді нафта практично відсутня.

5. Захист довкілля від забруднення повітря – викиди вуглеводневих газів у процесі чистки зводяться до мінімуму.

6. Очищення гарячої води, використовуваної для промивання резервуара від нафтопродуктів, істотно скорочує кількість утилізованих промислових відходів.

7. Висока мобільність установки дозволяє мінімізувати логістичні витрати і знизити вартість обробки відходів.

***Друге питання*** повинне розкривати те, що одним із перспективних методів утилізації нафтових відходів є хімічний метод, який припускає капсулювання і нейтралізацію реагентом на основі оксидів лужноземельних металів. Суть методу хімічного капсулювання полягає в хімікомеханічному перетворенні нафтовмісних відходів у порошкоподібний нейтральний для зовнішнього середовища матеріал, кожна частка якого покрита гідрофобною, водонепроникною оболонкою. Вміщені в капсулі вуглеводні не можуть забруднювати довкілля завдяки високій міцності та герметичності капсули. Заповнені рідкими вуглеводнями мікропори оболонки капсули сприяють гідрофобізації її поверхні й багаторазово знижують змочуваність частинок, вплив на них водного середовища, у тому числі ґрунтових вод, кислотних дощів, підвищують стійкість до циклічного промерзання. Можливість переходу вмісту капсули у водний розчин знижується на кілька порядків. З часом (протягом 13 місяців) унаслідок триваючої карбонізації поверхні капсули, міцність оболонки істотно зростає. Капсульований матеріал витримує об'ємний тиск до 5,0 МПа без помітного руйнування. Спосіб заснований на властивостях оксиду мінеральних сорбентів (CaO, MgO та ін.) при гасінні збільшувати питому поверхню в 15-30 разів і перетворюватися в об'ємний зшивач з високою здатністю абсорбувати вуглеводні нафти. Реакція гасіння супроводжується виділенням великої кількості тепла:

CaO + H2O = Ca(OH)2 + 1164 кДж/кг СаО.

Є кілька способів застосування цієї технології.

У спеціалізованій установці: доцільний для утилізації великих обсягів нафтових відходів на об'єктах видобутку нафти з системами електропостачання; актуальний для невеликих обсягів нафтових відходів; утилізація яких економічно доцільна на місці утворення.

У земляних коморах: найбільш зручний для утилізації пастоподібних нафтопродуктів на місці «старих» поривів промислових нафтогонів.

Загалом технологія реагентної нейтралізації нафтовмісних відходів може використовуватись для виконання таких завдань: нейтралізації відходів виробництва, забруднених рідкими вуглеводнями, у технологічному процесі і по закінченні робіт, у тому числі при будівництві свердловин, видобутку, транспортуванні, зберіганні й розподілі вуглеводневих матеріалів; санації ґрунтів і ґрунтів виробничих майданчиків з розливами вуглеводневих матеріалів (масел, палива і т. п.) при будьяких видах виробництва, у тому числі на автотранспортних підприємствах, на трансформаторних підстанціях, на нафтобазах, залізниці.

Перевагою такого методу є висока ефективність процесу переробки нафтових відходів у порошкоподібний гідрофобний матеріал, який може бути використаний під час дорожнього будівництва. Однак цей метод вимагає застосування спеціального устаткування, значної кількості негашеного вапна високої якості, проведення додаткових досліджень.

Продукт, що утворюється в результаті знешкодження нафтошламів хімічним методом, придатний для використання в будівництві, при прокладанні доріг, відсипанні земляних насипів і може бути реалізований сторонніми споживачами. За деякими даними, з економічної точки зору хімічне знешкодження нафтовідходів має нижчу вартість, ніж термічне. За умовами експлуатації технологія хімічного знешкодження нафтошламів також має ряд переваг порівняно з термічним методом, аж до можливості організації пересувних ділянок, що не вимагають будівництва спеціальних споруд.

У ***четвертому питанні*** при вивченні матеріалу треба враховувати принцип роботи установки переробки твердих нафтошламів.

На стадії попередньої підготовки матеріал, що очищають, завантажують у пристрій, де відбувається сортування та видалення частинок розміром більше 100 мм. Потім матеріал направляють у мішалку, де відбувається змішування з підігрітою водою (60-80 0С) і подрібнення великих частин. Далі матеріал надходить у сито, де відбувається відділення каменів розміром більших за 5 мм. Весь відсортований після сита матеріал (великі камені, деревина, промислове сміття) збирається в бункер. Під ситом розташована піддонворонка, де збирається звільнена від каменів розріджена маса. Далі, через шнековий насос, розріджена маса подається в бункер для тимчасового зберігання або безпосередньо для очистки в бункері.

На стадії очистки, одночасно з подачею маси, що очищується в бункер, нагріта вода з багатофункціональної ємності за допомогою відцентрового насоса подається в ежекторгідрозмішувач, що змішує розріджену масу, яка надходить з бункера, з гарячою водою в турбулентному режимі. На цій стадії відбувається процес відмивання частинок ґрунту від нафти і нафтопродуктів.

Далі відбувається процес поділу рідкої і твердої фази. З ежекторагідрозмішувача маса, що очищається, за допомогою відцентрового шламового насоса подається в гідроциклонпісковідділювач, після чого за допомогою відцентрового шламового насоса маса подається в гідроциклонмуловідділювач. Далі, за допомогою системи жолобів, очищена тверда фаза відправляється на розвантаження.

При повторному циклі очищення тверда фаза за допомогою системи жолобів направляється в бункер для повторного очищення.

Варто відзначити, що існує декілька принципових схем роботи комплексу, наприклад, тільки на гідроциклон-пісковідділювач без застосування гідроциклону-муловідділювача і відцентрового шламового насоса або з їх періодичним підключенням. Вибір тієї чи тієї схеми підключення визначається параметрами матеріалу, що завантажується на вході і дозволяє налаштувати установку на оптимальний режим роботи.

На стадії поділу рідкої фази відокремлена рідка фаза, змішана з нафтопродуктами, надходить у багатофункціональну ємність, де відбувається відділення води від нафтопродуктів. Вода потім повертається в цикл очистки, а нафтопродукти відвантажуються. При цьому нафта і нафтопродукти не втрачають своїх споживчих якостей.

**Висновки**

Проблема чистої та інтенсивної утилізації нафтошламів є гострою не тільки для власне нафтової галузі, а й глобальною екологічною проблемою.

Нині у нафтових сховищах різних нафтопереробних підприємств уже накопичені сотні мільйонів тон токсичних нафтошламів. У зв'язку з відсутністю сучасної ефективної технології утилізації нафто шламів, видається реальною загроза токсичного екологічного забруднення ґрунтів, підземних вод, річок і морів у зонах їхнього складування. Спорудження нових сучасних полігонів і сховищ для зберігання нафтошламів дороге і не розв’язує цю проблему по суті.

Існують технології та спеціальне обладнання для переробки нафтових шламів з витяганням залишкової нафти і утилізацією твердих відходів (кеку) в матеріали для дорожнього будівництва. Величезні обсяги сировини, що з’являються в процесі утилізації нафто шламів, дають можливість для виробництва великої кількості сіркоасфальтобетону – довговічного дорожнього покриття високої міцності.

Методом термічного крекінгу (високотемпературна переробка нафти, смол і нафтошламів) отримують легкі моторні й котельні палива, нафтовий кокс.

При переробці нафтошламів методом піролізу на виході також отримують тверді, газоподібні та рідкі продукти різноманітного складу. Вихід і склад рідких продуктів великою мірою залежать від сировини.

Електровогнева технологія утилізації нафтошламів може бути використана для чистого перетворення енергії токсичних нафтошламів у корисні продукти – паливо, тепло та електроенергію.

Найбільш простим способом утилізації рідких нафтошламів з високим вмістом органіки є пряме, без фазового поділу, використання їх у сумішах з торфом, вугільним пилом, тирсою або іншими дешевими горючими речовинами та відходами як брикетованого котельного палива.

**Завдання для попереднього виконання**

1. Охарактеризуйте склад нафти та її похідних.

2. Опишіть вплив нафтопродуктів на здоров’я людини.

3. Наведіть механічні методи очистки довкілля від нафти.

4. Назвіть основні напрями переробки й утилізації нафтошламів.

5. Охарактеризуйте переробку нафтових відходів шляхом фазорозділення нафтошламів.

**Питання для інтерактивної бесіди**

1. Що таке нафтошлами? Які види нафтошламів існують?

2. Які існують методи кінцевої переробки нафтошламів?

3. За допомогою чого очищується нафтошлам у системі SKK COWS?

4. Опишіть основні етапи очищення нафтошламів у системі SKK COWS.

5. Які переваги перед традиційними способами очистки резервуарів має система SKK COWS?

6. Поясніть суть хімічної утилізації нафтошламів.

7. Охарактеризуйте шари, на які поділяються нафтошлами при тривалому зберіганні.

**Тестові завдання**

1. Як називаються методи переробки нафтошламів коли здійснюється поховання в спеціальних могильниках, фільтрування і фільтрування під тиском?

а) хімічні;

б) фізикохімічні;

в) фізичні;

г) фізикобіологічні.

2. Процес ректифікації здійснюється шляхом:

а) багаторазового контакту між нерівноважною рідкою та газоподібною фазами, що рухаються в різних напрямках;

б) використання розділяючого компоненту, що утворює з компонентом зливної води азеотроп з мінімальною температурою кипіння;

в) використання розділяючого компоненту, що утворює з компонентами зливної води азеотропи з максимальною температурою кипіння;

г) багаторазового контакту між нерівноважною рідкою та газоподібною фазами, що рухаються назустріч одна одній.

3. При тривалому зберіганні нафтошлами з часом поділяються на кілька шарів, скільки відсотків води містить середній шар?

а) 1015 %;

б) 6070 %;

в) 720 %;

г) 7080 %.

4. При тривалому зберіганні нафтошлами з часом поділяються на кілька шарів, скільки відсотків твердих механічних домішок містить придонний шар?

а) 5288 %;

б) 2535 %;

в) 1218 %;

г) 9097 %.

5. До первинної переробки нафти відноситься:

а) перегонка;

б) піроліз;

в) гідроочистка;

г) крекінг.

6. Назвіть фізичний спосіб переробки нафти:

а) риформінг;

Б) фракційна перегонка;

В) каталітичний крекінг;

Г) термічний крекінг.

**Тема 5.** Хімічні та біологічні методи очистки зливних вод

## План заняття

1. Склад зливних вод.

2. Основні хімічні методи очистки води.

3. Нові методи очистки води.

*Ключові поняття:* адсорбція, аерація, аеротенки, вибірковість, дезінфекція (знезаражування), експресність, очищення стічних вод.

**Рекомендована література**

1. Зеркалов Д. В. Екологічна безпека та охорона довкілля. Київ : Основа, 2012. 514 с.
2. Федоров А.О. Інформаційні системи в хімічному аналізі : навчальний посібник. Чернівці : Рута, 2004. 169 с.
3. Крусір Г.В., Шевченко Р.І., Русєва Я.П. Технології поводження з відходами харчових виробництв : навчальний посібник. Одеська нацiональна академія харчових технологій. Одеса : Астропринт, 2014. 400 с.
4. Кирильчук А.А, Бонішко О.С.. Хімія ґрунтів. Основи теорії і практикум : навчальний посібник Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2011. 354 с.
5. Промислова екологія [Електорнний ресурс]. – Режим доступу:

<http://pidruchniki.com/1584072041610/ekologiya/promislova_ekologiya>

1. Струтинська А.В.,  Косоголова Л.О.,  Гаркава В.Г.,  Нежанківська В.Є. Сучасні підходи до очищення зливної води біотехнологічних виробництв. Промислова екологія [Електронний ресурс]. Київ: Ековидавництво, 2011. – Режим доступу: http://eco.com.ua/content/suchasni-pidkhodi-ochishchennya-stichnoi-vodi-biotekhnologichnikh-virobnitstv

**Методичні рекомендації**

Під час розгляду ***першого питання*** повинне сформуватись розуміння того, що за фізичним станом забруднення в зливних водах поділяються на:

а) нерозчинні домішки, що знаходяться у воді у вигляді великих зважених часток (частинки діаметром більше десятих часток міліметра) і у вигляді суспензії, емульсії та піни (частинки діаметром від десятих часток міліметра до 0,1 мкм);

б) колоїдні частинки діаметром від 0,1 до 0,001 мкм;

в) розчинні частки знаходяться у воді у вигляді молекулярно дисперсних частинок діаметром менше 0,001 мкм; вони вже не утворюють окремої фази, і система стає однофазною – істинним розчином.

За своєю природою забруднення поділяються на мінеральні, органічні, бактеріальні та біологічні.

До мінеральних забруднень відносяться пісок, глинисті частинки, частинки руди, шлаку, розчини мінеральних солей, кислот і лугів, мінеральні масла, залізо, кальцій, магній, кремній, калій та інші неорганічні речовини.

Органічні забруднення бувають рослинного і тваринного походження. До рослинних належать: залишки рослин, плодоовочів і злаків, папір, масла (рослинні) та ін. Основним хімічним елементом цього виду забруднень є вуглець. До забруднень тваринного походження відносяться фізіологічні виділення людей і тварин, залишки м'язових і жирових тканин тварин, клейові речовини та ін. Вони характеризуються досить значним вмістом азоту. Крім того, у стічних водах міститься фосфор, сірка і водень.

Бактеріальні та біологічні забруднення становлять собою різні мікроорганізми: дріжджові і цвілеві грибки, дрібні водорості й бактерії, у тому числі хвороботворні – збудники черевного тифу, паратифу, дизентерії тощо.

Цей вид забруднень властивий в основному побутовим водам і деяким видам виробничих зливних вод (зливним водам заводів з обробки шкіри, біофабрик). За своїм хімічним складом вони належать до органічних забруднень, але виділяються в окрему групу, зважаючи на особливу взаємодію з забрудненнями інших видів. Приблизне співвідношення забруднень побутових зливних вод – мінеральні речовини в забруднених зливних водах становлять 42 %, а органічні – 58 %.

У ***другому питанні*** треба пояснити, що хімічне очищення використовується як самостійний метод або як попередній перед фізикохімічним і біологічним очищенням. Основними методами хімічної очистки ВСВ є нейтралізація та окиснення. Їх використовують для зниження корозійної активності ВСВ, видалення з них важких металів, очищення стоків гальванічних ділянок, для окиснення сірководню й органічних речовин, для дезінфекції води та її знебарвлення.

Нейтралізація застосовується для очищення стоків гальванічних, травильних та інших виробництв, де використовують кислоти й луги. Нейтралізацію здійснюють шляхом змішування кислих вод з лугами, додавання до СВ реагентів (вапно, карбонати кальцію та магнію, аміак тощо) або фільтруванням через нейтралізуючі матеріали (доломіт, магнезит, крейду, вапняк тощо). Кількість реагенту для нейтралізації СВ (Мр) визначають за формулою:

,

де К – коефіцієнт запасу реагенту; В – кількість активного складника в СВ; Vст – кількість СВ; m – витрата реагенту для нейтралізації активних речовин; Сk – концентрація кислоти та лугу.

Окиснення застосовується для знезараження СВ від токсичних домішок (мідь, цинк, сірководень, сульфіди), а також від органічних сполук. Окисниками є хлор, озон, кисень, хлорне вапно, кальцію гіпохлорит тощо.

Таблиця 1. Умови застосування хімічних методів очищення ВСВ

| **Призначення методу** | | **Метод** | **Механізм методу** | | **Спосіб застосування** | |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | | 2 | 3 | | 4 | |
| Очищення від молекулярно- та іоннорозчинених домішок відбувається за рахунок взаємодії з хімічним реагентом, що призводить до видалення летких, газоподібних, малорозчинних сполук та гідрооксидів металів, карбонатів, сульфатів тощо, або виділення металів методами цементації.  Вибір способу осадження визначається фізико-хімічними властивостями розчинних речовин та утворенням осадів і техніко-економічними міркуваннями. | | Хімічне осадження домішок | Різновид кристалізації твердої фази, але на відміну від неї супроводжується хімічною реакцією. Процес зародження твердої фази в цьому випадку відбувається в результаті пересичення, що виникає внаслідок перебігу хімічної реакції. | | Застосовують у хімічній, нафтохімічній промисловостях тощо | |
| **Приклади:**  1. Осадження сполук заліза, що утворюються при травленні сталі:  6 FeCl2 + O2 + 6Ca(OH)2 2Fe3O4 + 6CaCl2 + 6H2O  FeSO4 + Ca(OH)2 Fe(OH)3 + CaSO4.  2. Осадження алюмінату, що утворюється в результаті травлення або анодування:  2Na[Al(OH)4] + H2SO3 Na2SO4 + 2Al(OH)2 + 2H2O.  3. Осадження фосфатів, що утворюються в міських зливних водах:  2PO43- + Al2(SO4)3 = 2 AlPO4 + 3SO42-  PO43- + FeCl3 = FePO4 + 3Cl-. | | | | | | |
|  | | Виділення металів цементацією | Цементація – процес витіснення з розчинів іонів одного металу іншим, при цьому перший з них переходить з іонного стану в металічний, а другий – з металічного в іонний. З погляду електрохімічної теорії процес осадження ґрунтується на дії електричної пари, яка створює електрорушійну силу залежно від різниці потенціалів металів. Кольорові та благородні метали з мінералізованих вод виділяють методом цементації, який називають ще внутрішнім електролізом, або конкретним виділенням металу | | Застосовують у гірничо-видобувній, металургійній промисловості тощо | |
| **Приклад:**  Cu2+ + Fe0 = Cu0 + Fe2+ | | | | | | |
|  | | Електролі-тичне виділення металів | Електролітичне виділення металів з водних розчинів під дією електричного струму завжди відбувається за більш електронегативного потенціалу, ніж рівноважний потенціал відповідного металу за певних умов. Електрокристалізація здійснюється за такими стадіями: доставка іонів, що розряджаються, з об’єму електроліту до поверхні електрода; перехід іонів на межі фаз від електроліту до металу та перетворенням іонів на адсорбовані іони й атоми; дифузія адсорбованих атомів на поверхні електрода до місця росту та побудови кристалічних решіток | | Застосовують у гірничо-видобув-ній, металургійній промисловості | |
| **Приклад:**  Катод  Cu2+ + 2 e- = Cu0  Анод H2O = 2H++ 2 e- | | | | | | |
|  | | Окисновіднов-ні процеси | | За окисники найчастіше використовують хлор та його сполуки (кальцію і натрію гіпохлорит, хлорне вапно, хлор (IV) оксид). За здатністю брати участь у реакціях заміщення хлорні реагенти розміщуються у такій послідовності: Cl2>HClO>ClO-.  У водних розчинах хлор гідролізує за реакцією:  Cl2+H2O↔HCl+HClO.  Збільшення величини рН водних розчинів призводить до утворення гіпохлорит-іонів – ClO-.  У дуже кислому середовищі домінує молекулярний хлор, за рН = 5 – хлорнуватиста кислота, а за рН = 10 – гіпохлорит іони. Окисна здатність цих сполук різна, про що свідчить величина їхніх електродних потенціалів:  Е0 Cl2 = 1,359;  HClO = 1,5 B;  ClO- = 0,906 B. | | Для знешкодження промислових зливних вод, які містять отруйні ціаніди, сірководень, гідросульфіди, сульфіди, метил мер-каптани тощо. |
| **Приклади:**  1. Окиснення ціанідів хлором проводять лише у лужному середовищі:  СN- + OH- + Cl2 = CNO- + 2Cl- + 2H2O.  Утворювані ціанати можна окиснити до азоту та карбон (IV) оксиду:  2CNO- + 3Cl2 + 4OH- = 2CO2 + 6Cl- + N2 + 2H2O.  2. При наявності амоніаку, амонійних солей або органічних сполук, що містять аміногрупи:  NH3+ HOCl = NH2Cl + H2O  NH2Cl + HOCl = NHCl2 + H2O  NHCl2 + HOCl = NCl3 + H2O | | | | | | |
|  | Нейтралізація | | Реакція нейтралізація – хімічна реакція між речовинами, які характеризуються кислотними чи лужними властивостями. Реакція нейтралізації у водних розчинах відбувається між гідратованими іонами водню та іонами гідроксиду, які містяться в сильних кислотах та лугах:  Н+ + ОН- = Н2О, концентрація кожного з цих іонів стає рівною самій воді (10-7), рН = 7 | | Промислові стічні води, які містять кислоти і луги тощо | |

У ***третьому питанні*** треба знати, що найбільшого застосування набули біофільтри, оскільки вони стійкі до великих перепадів концентрації органічних забруднень у процесі їх очищення. В аеротенках вміст органічних речовин знижується на 8895 %, проте для очищення необхідні аеротенки великої місткості, які вимагають значних капіталовкладень для будівництва.

Для очищення зливних вод дріжджових заводів широко використовують метод безкисневої ферментації, тобто анаеробного зброджування. Але це не забезпечує належного ефекту очищення і цей метод може служити тільки попереднім ступенем очищення.

Очищення зливних вод активним мулом знижує концентрацію органічних забруднень до 40 %, але при дуже тривалому часі аерації.

Альтернативою для реагентних способів очистки зливних вод дріжджової галузі можуть бути різні електрохімічні методи: обробка води змінним електричним струмом, дія надзвичайно високих частот (НВЧ), високих (ВЧ) та низьких частот (НЧ), ультрафіолетове опромінення, ультразвук та магнітна обробка.

Очищення зливних вод фізикохімічними методами відбувається внаслідок перебігу реакцій під дією електричного струму. В електрохімічних процесах багато токсичних речовин змінюються, й утворюються інші, менш токсичні речовини. Іноді сполуки, які утворюються, мають малу розчинність у воді й випадають в осад.

Досі не існує вагомих доказів безпосереднього впливу НВЧполя на мікробну клітину. Проте дослідження за інтегральним ефектом дії НВЧполя на харчові об’єкти вказують, що можливою є пастеризація і стерилізація зливних води. У деяких випадках бактерицидний ефект пояснюють безпосередньою взаємодією електромагнітного поля з життєво важливими елементами клітини. Результатом цього є загибель або пригнічення її життєдіяльності.

Так, у результаті випромінювання спостерігається часткова інактивація мікроорганізмів і зміна їхніх морфологічних властивостей. При цьому відбувається незначне підвищення температури, що пояснюється зміною проникності стінок клітин.

Експериментальна доказовість цього факту ускладнена через труднощі відокремлення одночасної теплової дії електромагнітного поля, яке навіть за малих потужностей може бути значним унаслідок локального виділення енергії, що є результатом дискретних властивостей самої клітини, її оболонки та зовнішнього середовища.

Існує кілька гіпотез про вплив НВЧ-поля на мікроорганізми. Так, при опроміненні клітин електромагнітним полем виділення енергії відбувається як в оболонці, так і внутрішньоклітинній речовині за рахунок миттєвого розповсюдження НВЧенергії по всьому об’єму клітини і визначається величиною падаючого потоку напруги і електричними характеристиками середовища. З іншого боку, є гіпотеза про існування нетеплового ефекту електромагнітного НВЧполя. Вона полягає у тому, що під впливом таких полів всі поляризовані білкові ланцюги макромолекул орієнтуються в напряму електричних силових полів, що може призвести до розриву водневих та інших макромолекулярних зв’язків.

На основі численних досліджень було встановлено, що бактерії в слабких електролітах гинуть при невеликій енергії при частоті електромагнітного поля порядку 1030 МГц, а особливо при 60 МГц. Було висунуто припущення, що летальний вплив НВЧенергії на мікроорганізми слід віднести до теплового фактора. Встановлено, що обробка при низьких температурах не призводить до інактивації мікроорганізмів.

Відомо, що тривалість обробки залежить від потужності НВЧполя. На практиці швидкість НВЧ нагрівання характеризується або теплотою нагрівання, або тривалістю обробки одиниці маси продукту. Так, величини поглинання НВЧенергії більшою мірою залежать від частоти електромагнітного поля і діелектричних витрат обробленого продукту. Це пов’язано з тим, що величина тепла при обробці збільшується пропорційно до росту частоти і залежить від температури продукту та частоти генератора. Аналізуючи викладене, слід зазначити перспективність застосування надзвичайно високих частот, але значна вартість та складність апаратурного оформлення, виникнення температурної неоднорідності у продуктах, необхідність створення рівномірності поля, а також підвищення вимог до кваліфікації обслуговуючого персоналу обмежують застосування способу електромагнітної надвисокочастотної обробки.

При використанні струмів високої частоти (ВЧ) середовище нагрівається і немає контакту з джерелом електроенергії. Основна частина електромагнітної енергії перетворюється на теплову в самому пастеризованому середовищі. При цьому має місце діелектричне нагрівання. ВЧ спостерігається при частотах 0,5100 МГц і при відповідних довжинах хвиль 6003 м.

Застосування цього методу виявилось дорожчим, ніж традиційні методи, та не знайшло широкого практичного застосування.

Великого розповсюдження набуло застосування ультрафіолетового опромінення. Дія ультрафіолетових променів досить вивчена, є простою і відносно дешевою формою біологічно активного опромінення. Максимально ефективними є ультрафіолетові промені з довжиною хвилі 260 нм. Різні види мікроорганізмів мають різну чутливість до впливу ультрафіолетового опромінення, стійкість бактерій визначається їхньою природою та фазою розвитку.

Важливими параметрами для обробки зливних вод є потужність і доза опромінення. Залежно від дози опромінення, можна спостерігати три основних періоди змін, які призводять до загибелі клітини. При дуже малому опроміненні в клітині з’являються вакуолі, які поступово збільшуються.

Друга фаза характеризується появою в плазмі клітин надзвичайно маленьких жирових кульок унаслідок розщеплення ліпопротеїнового комплексу плазми.

Третя фаза наступає при більш тривалому опроміненні, унаслідок чого відбуваються незворотні зміни в клітині. Спостерігається зникнення оболонки, залишається плазматичний вміст, який з’єднується між собою в грубозернисту масу, яка поступово руйнується. Таким чином, ультрафіолетове опромінення прискорює темп життєздатності мікроорганізмів і викликає швидке старіння клітин.

Необхідно відзначити, що ефективність ультрафіолетового опромінення залежить від початкової концентрації мікроорганізмів у зливних водах. Для більш надійної обробки зливних вод необхідно застосувати бактерицидні установки, які обладнані джерелом ультрафіолетового опромінення з великим бактерицидним потоком, а це ускладнює їх впровадження на виробництві.

Застосування ультразвукових хвиль базується на їхній властивості викликати миттєвий розрив клітин. Це спостерігається у тому випадку, коли інтенсивність акустичних коливань є достатньою для утворення кавітаційних бульбашок у середовищі.

За даними багатьох дослідників, у полі ультразвукових хвиль піддаються дезінтеграції грампозитивні, грамнегативні, аеробні та анаеробні бактерії й дріжджі. В основному вибірковість дії ультразвукових хвиль на бактерії зумовлено морфологічними особливостями та їхнім функціональним станом.

Ефективність дії ультразвукових хвиль на мікроорганізми залежить від концентрації клітин в одиниці об’єму зливних вод, а також від рівня частоти ультразвуку. Порівнюючи результати впливу ультразвуку на дріжджі при частоті 0,6, 1 та 2 МГц, можна відмітити, що максимальна загибель мікроорганізмів спостерігається при високій частоті.

Висока концентрація мікроорганізмів у середовищі негативно діє на ефективність ультразвукового впливу. Так, при концентрації клітин 48 тис. в 1 мм3 їх загибель настає після 75 секунд обробки.

Дріжджові клітини дуже чутливі до дії ультразвукових коливань, у результаті яких спостерігається значне ушкодження протоплазми, що супроводжується звільненням великої кількості краплин жиру. Після 11,5 годин ультразвукової обробки кількість кисню, що споживається клітинами дріжджів, знижується на 1012 %.

Недоліками цього методу є обмеження об'єму оброблюваного водного середовища через неоднорідність розподілу інтенсивності ультразвукових коливань в об'ємі пристрою, а для підвищення ефективності обробки потрібне збільшення часу експозиції.

**Висновки**

Проблема чистої води є однією з найактуальніших проблем початку століття. Для збереження місць забору питної води чистими необхідне якісне їх очищення як за хімічними показниками так і бактеріологічними. Існує багато сучасних методів, пристроїв, здатних очищати зливних води. Використання певного з них залежить від складу забруднень у воді, подальшого її використання та виділених речовин. Найбільший інтерес і перспективу мають природні й найдешевші біологічні методи очищення, що становлять собою інтенсифікацію природних процесів розкладання органічних сполук мікроорганізмами в аеробних або анаеробних умовах.

Але оскільки вода у наш час дорожчає, то виникає багато методів, які ґрунтуються на повторному використанні очищеної води у технологічних процесах, створюючи замкнені технологічні цикли.

**Завдання для попереднього виконання**

1. Надайте загальну характеристику біологічного методу очистки зливних вод.

2. Класифікуйте методи очистки зливних вод.

3. Опишіть технологічні схеми процесу очистки.

4. Наведіть основні речовини-забруднювачі.

5. Охарактеризуйте очистку речовин біологічним методом.

**Питання для інтерактивної бесіди**

1. Охарактеризуйте склад зливних вод.
2. Хімічне осадження домішок. Наведіть приклади рівнянь реакцій.
3. Що таке цементація? Де її використовують?
4. Які функціональні групи беруть участь у процесах очищення зливних вод?
5. Які є електрохімічні методи очистки води?
6. Охарактеризувати метод УФ очистки води.
7. Які недоліки використання ультразвукового методу очистки води?

**Тестові завдання**

1. Утворення полісахаридного гелю відбувається …

а) на першій стадії біологічної очистки води;

б) протягом усього процесу очистки води;

в) на третій стадії очистки води;

г) такий процес не відбувається взагалі.

2. (NH4)2CO3 + 3O2 = 2HNO2 + CO2 +3H2O; 2HNO2 + O2 = HNO3

Цей процес відбувається:

а) не відбувається взагалі при біологічному очищенні, а відбувається при хімічному очищенні;

б) на другій стадії біологічної очистки;

в) на першій стадії біологічної очистки;

г) на третій стадії біологічної очистки.

3. Питоме навантаження в 80150 мг/г забезпечує:

а) неповне окиснення;

б) повне окиснення;

в) повне окиснення та нітрифікацію;

г) цього мало взагалі для окиснення.

4. За озоностійкістю до третьої групи відносять:

а) кислоти, феноли, сполуки сульфуру, деякі віруси;

б) альдегіди, кетони, нафтопродукти тощо;

в) сполуки, що містять функціональні групи ОН, SH та NH;

г) пестициди, барвники, спороутворювальні організми.

5. За фізичним станом забруднень зливних вод поділяють на (обрати НЕправильну відповідь):

а) нерозчинні домішки, що знаходяться у воді у вигляді молекул та йонів;

б) колоїдні частинки діаметром 0.1 до 0.001 мкм;

в) розчинні частки з діаметром менше 0.001 мкм;

г) нерозчинні домішки, що знаходяться у воді у вигляді великих зважених часток.

6. Нейтралізація здійснюється за рахунок …

а) змішування кислих вод з лугами;

б) змішування органічних домішок з неорганічними;

в) випадання в осад окремих сполук;

г) ваш варіант\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_.

7. Види хімічної очистки:

а) центрифугування;

б) цементація;

в) електродіаліз;

г) термічне розкладання.

**Тема 6.** Методи очищення ґрунту біоштамами в природних умовах

## План заняття

1. Посилена біоремедіація.

2. Аеробний метод.

3. Анаеробний метод.

4. Біло-червона цвіль.

5. Технологія формування штабелів.

6. Компостування.

*Ключові поняття:*аерація, аеротенки, вибірковість, дезінфекція (знезаражування), сорбенти, чутливість.

**Рекомендована література**

1. Соломон А.М., Казмірук Н.М., Тузова С.Д. Мікробіологія харчових виробництв : навчальний посібник для студентів напряму підготовки Харчові технології. Вінниця : РВВ ВНАУ, 2020. 312 с.
2. Біоремедіація: характеристики, види, переваги та недоліки URL: <https://uk.warbletoncouncil.org/biorremediacion-74>
3. Кобаса І.М., Чебан Л.М., Воробець М.М., Юкало В.Г., Кухтин М.Д. Хімічний та мікробіологічний аналіз харчової продукції : навч. посібник. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2014. 196 с.
4. Fuentes-Leonarte V., Tenias J. M., Ballester F. Environmental factors affecting children's respiratory health in the first years of life: a review of the scientific literature. Eur. J. Pediatr. 2008. 1103-1109 р.

**Методичні рекомендації**

У ***першому питанні*** потрібно приділити увагу поняттю посиленої біоремедіації – процесу руйнування (метаболізму) місцевими або насадженими мікроорганізмами (наприклад, грибками, бактеріями та іншими мікробами) органічних забруднювачів у ґрунті і (або) ґрунтових водах та їх перетворення на нешкідливі кінцеві продукти. Для посилення біоремедіації і десорбції глибинних забруднень можуть використовуватись кисень або інші поліпшувачі.

При відповіді ***на друге питання*** треба пояснити процес, коли за наявності достатньої кількості кисню (аеробне середовище) та інших поживних елементів мікроорганізми, зрештою, починають переробляти органічні забруднювачі в вуглекислий газ, воду і клітинну масу мікроорганізмів.

Посилена біоремедіація ґрунту, як правило, забезпечується за рахунок інфільтрації або ін'єкції ґрунтових чи незаражених вод з домішкою нутрієнтів і насиченням рідким киснем. Іноді також додаються мікроорганізми (біоприріст, біоаугментація) і (або) інше джерело кисню, такий як пероксид водню. Для обробки неглибоких забруднених ґрунтів зазвичай використовується фільтраційна галерея або зрошення, а для більш глибоких шарів – ін'єкційні свердловини.

Незважаючи на те, що in situ біоремедіація проводилась успішно в умовах холодного клімату, відзначено, що процес відновлення проходить повільніше при низьких температурах. Для забруднених ділянок з низькою температурою ґрунту можна використовувати зігрівальне покриття, яке дозволить підвищити температуру ґрунту на поверхні і збільшити ефективність процесу розщеплення.

Посилену біоремедіацію можна віднести до тривалих процесів, оскільки на очищення одного шлейфа може знадобитись кілька років.

У ***третьому питанні*** потрібно звернути увагу на умови, коли за відсутності кисню (анаеробне середовище ) органічні забруднення, зрештою підсумку, будуть перероблені в метан, обмежену кількість вуглекислого газу та незначну кількість газоподібного водню. В умовах зниження вмісту сульфатів сульфати перетворюються в сульфіди або вільну сірку, а в умовах зниження вмісту нітратів виробляється газоподібний молекулярний азот.

Іноді забруднювальні речовини можуть бути розщеплені до проміжних або кінцевих продуктів, які можуть бути менш, рівнозначно або більш небезпечними, порівняно з самими забруднювальними речовинами. Наприклад, трихлоретилен в анаеробних умовах розкладається на стійкий і більш токсичний вінілхлорид. Щоб уникнути подібних наслідків, майже всі проекти біоремедіації проводяться спочатку в умовах in situ. Вінілхлорид може легко бути далі розщепленим за наявності анаеробних умов.

У ***четвертому питанні*** треба зазначити, що біло-червона цвіль здатна розкладати великий спектр органічних забруднювачів завдяки своїм ензимам, розщеплюючи лігніни або руйнуючим деревину. Були протестовані дві різні конфігурації очищення із застосуванням білочервоної цвілі – in situ і з застосуванням біореактора. В біореакторі для досягнення біохімічного розкладання в аеробному середовищі використовувалися зволожене повітря і деревна стружка. Реактор використовувався в лабораторних умовах. У напівпромислових умовах (експериментальний проект) для отримання стружки у відкритій системі використовувався регульований стружковий верстат. Відкрита система аналогічна системі компостування, у якій стружка поміщається на рівну або тверду обмежену поверхню і потім покривається. У таких системах температура не контролюється. Оптимальна температура процесу біохімічного розкладання розщеплення лігнінів із застосуванням цвілі становить 30380 °С (86100 °F). Тепло, що виділяється в результаті реакції біохімічного розкладання, дозволить підтримувати температуру процесу на рівні, близькому до оптимального.

Технології біоремедіації успішно застосовуються для очищення ґрунту, нафтових вуглеводнів, розчинників, пестицидів, консервантів для деревини та інших органічних хімікатів. Лабораторні та експериментальнопромислові дослідження показали ефективність анаеробного процесу розкладання за допомогою мікроорганізмів нітротолуолів, що містяться в ґрунті, забрудненому військовими відходами. Біоремедіація особливо ефективна при відновленні глибинних шарів у поєднанні з видаленням джерела забруднення.

До груп забруднювальних речовин, щодо яких найчастіше ведуться очисні роботи, належать поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ), негалогеновані напівлетючі органічні вуглеводні (за винятком ПАУ), а також бензол, толуол, етилбензол і диметилбензол (BTEX). Об'єкти фонду, на яких зазвичай проводилося очищення із застосуванням технології біоремедіації, піддавались забрудненню в результаті здійснення процесів або утворення відходів, пов'язаних з консервацією деревини, а також переробкою нафти і повторним використанням продуктів переробки. При консервації деревини часто використовується креозот з високою концентрацією ПАУ та інші негалогеновані напівлеткі органічні вуглеводні. Аналогічно для переробки нафти і повторного застосування продуктів переробки часто використовуються BTEX.

Оскільки напівлетючі органічні вуглеці (ПАУ та інші негалогеновані напівлетючі органічні вуглеводні) складають дві групи забруднювальних речовин, щодо яких найчастіше застосовується технологія біоремедіації, то можуть виникнути труднощі у застосуванні цих технологій. Крім того, очищення методами біоремедіації не завжди вимагає підігріву, не вимагає великих вкладень (наприклад, нутрієнти – недорогий компонент), і, як правило, технологія не призводить до утворення відходів, що потребують додаткового їхнього очищення або розщеплення. Так само при проведенні процесу в умовах in situ не потрібно вилучення компонентів, що забруднюють середовище. Порівняно з іншими технологіями, такими як термальна десорбція і спалювання (які вимагають проведення вилучення та нагріву), відновлення з впливом тепла (що вимагає високих температур), хімічна обробка (яка може потребувати придбання досить дорогих хімічних реагентів), а також in situ промивка (у результаті якої може виникнути необхідність подальшої обробки промивних вод), біоремедіація може виявитись менш витратною при очищенні від негалогенованих напівлетючих органічних вуглеводнів.

Незважаючи на те, що методи біоремедіації (і ніякі інші технології рекультивації) не поширюються на забруднення неорганічного походження, з їхньою допомогою можна змінити валентний стан неорганічних речовин і привести до їх поглинання, призупинення впровадження в частинки ґрунту, виділенню, акумуляції і концентрації в мікро або макроорганізми. І хоча подібні технології, в основному, застосовуються на експериментальному рівні, вони обіцяють бути дуже ефективними для стабілізації або видалення неорганічних забруднень з ґрунту.

Обмежувальні фактори:

Фактори, які можуть обмежити застосування і ефективність процесу, включають:

• Цілі очищення можуть бути не досягнуті, якщо ґрунтова матриця не дозволяє встановити взаємодію між забруднювальною речовиною і мікроорганізмами.

• У результаті циркуляції водних розчинів у ґрунті, забруднювальні речовини можуть стати більш мобільними, і може виникнути необхідність у подальшому очищенні ґрунтових вод.

• Через можливу селективну колонізацію ін'єкційних свердловин мікроорганізмами можуть виникнути перешкоди для переміщення нутрієнтів і води.

• Наявність селективних шляхів проникнення може значно скоротити взаємодію між ін'єкційними рідинами і забруднювальними речовинами в масштабах усієї зони забруднення. Ця система не повинна застосовуватись для глинистого, багатошарового або неоднорідного підповерхневого ґрунту через обмежену можливість для розповсюдження кисню (або іншого акцептора електронів).

• Висока концентрація важких металів, хлоровмісних органічних сполук, вуглеводнів з довгим карбоновим ланцюгом або мінеральних солей може стати токсичною для мікроорганізмів.

• Швидкість процесу біоремедіації зменшується при низьких температурах.

• Концентрація перекису водню в ґрунтових водах вище 100200 мг/м3 стримує життєдіяльність мікроорганізмів.

• Можливо, необхідно буде застосування таких систем обробки верхніх шарів ґрунту, як повітряне осушення або адсорбція вугіллям для очищення видобутих ґрунтових вод до їхньої подальшої ін'єкції або видалення.

Багато із зазначених факторів можна контролювати, приділяючи особливу увагу забезпеченню належної інженерно-технічної практики. Час, необхідний для проведення очистки, може варіюватись від 6 місяців до 5 років, залежно від багатьох чинників, характерних для тієї чи тієї ділянки.

Основна перевага процесу in situ полягає в тому, що ґрунт може бути оброблений без необхідності його вилучення і транспортування, що не відбивається на функціонуванні об'єкта. Якщо посилена очистка може бути успішно проведена у відповідний прийнятний термін, то це дозволяє значно скоротити витрати, які виникли б при застосуванні методів, що вимагають вилучення ґрунту і його транспортування. Крім того, можна одночасно провести очистку як ґрунту, так і ґрунтових вод, що дозволить додатково скоротити витрати. Однак процес in situ загалом потребує більше часу. До того ж, ми маємо менший ступінь впевненості в тому, що процес буде протікати за стандартним сценарієм через неоднорідність ґрунту, особливих характеристик водоносного горизонту і складності відстеження самого процесу.

Процес відновлення, як правило, займає роки, головним чином, залежно від ступеня розщеплення певних забруднювальних речовин, характеристик ділянки і кліматичних умов. Для очищення від деяких забруднювачів може знадобитись менше року, однак для очистки від сполук з високою молекулярною вагою потрібно більше часу.

Існує ризик підвищення мобільності забруднювальних речовин та їх проникнення в ґрунтові води. Як правило, регулювальні органи не дозволяють упроваджувати нутрієнти або насаджувати мікроорганізми в забруднений ґрунт. При виборі методів проведення відновлювальних заходів і дій під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій на об'єктах Супер фонду (Фонду боротьби з хімічним забрудненням довкілля) усе частіше розглядаються методи посиленої біоремедіації. Як правило, до нафтових вуглеводнів можна легко застосувати методи біоремедіації шляхом стимуляції місцевих мікроорганізмів нутрієнтами (при цьому витрати будуть відносно низькими).

У ***п`ятому питанні*** треба звернути увагу на очищення ґрунту шляхом формування земляних штабелів (куп), що є комплексною технологією. При застосуванні цього методу вийнятий ґрунт змішують з поліпшувачем ґрунту і укладають в зоні очищення, яка обладнана системою збору лужних відходів та подачі повітря. Цей метод використовується для зниження вмісту нафтових компонентів у вийнятому ґрунті за рахунок процесу біологічного розкладання. Процес біодеградації може бути пришвидшений за рахунок регулювання рівня вологості, тепла, нутрієнтів, кисню і рН.

Зона очищення відділяється непроникним шаром для максимального зниження ризику проникнення забруднювальних речовин у незабруднені ділянки ґрунту. Отримані в результаті дренажу випаровування можна очистити в біореакторі перед тим, як випустити їх у довкілля. Були розроблені спеціальні склади нутрієнтів, добавок і методи заглиблення цих складів у ґрунт для прискорення процесу біодеградації. Склад таких сумішей, як правило, визначається для кожної ділянки окремо, залежно від його характеристик.

Під земляними купами, у ґрунті, зазвичай встановлюється система розподілу повітря для нагнітання повітря в ґрунт за допомогою вакууму або примусового тиску. У таких випадках висота купи може досягати максимум 23 м. Зверху земляні купи покривають поліетиленом для запобігання обвалення і випаровування, а також для ефективного використання природного сонячного нагріву. Якщо в ґрунті містяться летючі органічні сполуки, які здатні потрапити в повітря разом з парами, то такі пари доцільно піддати очищенню, щоб видалити або зруйнувати летючі органічні сполуки до того, як пари потраплять в атмосферу.

Метод формування земляних куп належить до короткодіючих технологій. Тривалість його здійснення може становити від кількох тижнів до кількох місяців. До альтернативних методів очищення належать такі статичні процеси, як формування покладів, земляних камер і куп для біоочищення ґрунту, а також компостування.

Метод формування земляних куп використовується для очищення ґрунту від негалогенованих летючих органічних сполук і вуглеводневого палива. Він також може застосовуватись і щодо галогенованих летючих і напівлетючих органічних сполук і пестицидів, але при цьому може змінюватись ступінь ефективності процесу, і процес може застосовуватись тільки щодо певних сполук цієї групи забруднювальних речовин.

Обмежувальні фактори:

• Потрібен витяг ґрунту.

• Потрібне проведення тестування на предмет можливості очищення. Тестування проводиться, щоб з'ясувати, чи буде метод ефективний щодо певних забруднювачів, а також визначити відповідний рівень окислення і навантаження за поживними речовинами.

• Твердофазні процеси можуть бути неефективними щодо галогенованих сполук і малоефективними при руйнуванні продуктів трансформації вибухових речовин.

• Для формування відсіків однакового розміру потрібно більше часу, ніж для здійснення рідкофазних процесів.

• У результаті статичного процесу ґрунтовий шар може бути менш однорідним порівняно з процесами, які вимагають періодичного змішування.

У ***шостому питанні*** треба пояснити поняття компостування. Це контрольований біологічний процес перетворення органічних забруднювальних речовин (наприклад, поліциклічних ароматичних вуглеводнів) мікроорганізмами (в аеробних і анаеробних умовах) у нешкідливі, стабільні побічні продукти. Як правило, для знешкодження ґрунту, забрудненого небезпечними речовинами органічного походження, методом компостування вимагається підтримка температури на рівні 5465 °C. Високий рівень температури досягається за рахунок тепла, що виробляється мікроорганізмами при руйнуванні органічних відходів. Зазвичай такий ефект досягається завдяки використанню місцевих мікроорганізмів. Витягується і перемішується ґрунт з агентомнаповнювачем і органічними матеріалами (такими, як деревна стружка, гній та рослинні відходи), щоб посилити повітропроникність суміші. Максимальний ефект розкладання досягається при підтримці постійного процесу окислення (наприклад, при щоденному перемішуванні компосту), зрошенні в разі потреби, а також постійному відстеженні рівня вологості й температури.

Існує три способи компостування:

1. вентильований статичний компост у штабелях (формуються компостні штабелі; вентиляція забезпечується за допомогою вентиляційних установок або вакуумних насосів);
2. компостування в закритих реакторах з механічним помішуванням (компост поміщається в реактор, де його з'єднують з реагентами і періодично перемішують);
3. компост у валах (компост укладається в довгі вали, які періодично перемішуються за допомогою спеціального обладнання). Компост у валах вважається найбільш ефективним методом з точки зору витрат. У той же час, він відрізняється найвищим показником неконтрольованих викидів забруднювальних речовин в атмосферу. Тому, якщо в ґрунті наявні леткі й напівлетючі органічні сполуки, то потрібно встановити контроль над випарами, які виділяються.

Процес компостування застосовується щодо ґрунтів і лагунних відкладень, забруднених органічними речовинами, такими, що підлягають біологічному розкладанню. Експериментальні та повномасштабні проекти показали, що за рахунок застосування аеробного та термофільного компостування можна домогтися зниження вмісту вибухових речовин (ТНТ, гексогену і октогену), пікрату амонію і показника токсичності до прийнятного рівня. Аеробне, термофільне компостування також застосовується для знешкодження ґрунтів від ПАУ. Всі матеріали та обладнання, необхідні для процесу компостування, є у вільному продажу.

Компост у валах довів свою ефективність щодо очищення ґрунту від вибухових речовин. Польові випробування, проведені Екологічним центром сухопутних військ США (USAEC) і на хімічному об'єкті в Юматілла (UMDA), показали, що за 40 днів процесу рівень ТНТ знизився на 99,7 %. При цьому велика частина забруднювальної речовини була видалена протягом перших 20 днів. Максимальні показники видалення для гексогену і октогену склали 99,8 % і 96,8 % відповідно. Метод компосту в валах вважається найбільш привабливим з точки зору витрат і технічного виконання завдяки низьким вимогам до обладнання та своїм високим показникам очистки.

Обмежувальні чинники:

• Метод компостування вимагає використання великих площ.

• Потрібно знати склад забрудненого ґрунту, тому що можуть виникати неконтрольовані виділення летючих органічних речовин.

• Компостування призводить до збільшення маси в об'ємі через додавання органічних матеріалів.

• Цей метод не діє стосовно важких металів, хоча і може привести до зниження вмісту металів у ґрунті за рахунок розбавлення. Крім того, деякі важкі метали можуть виявитись токсичними для мікроорганізмів .

**Висновки**

Нині проблема очищення ґрунту гостро постала перед людством , в зв’язку з різними видами забруднення людиною, промисловістю, сільським господарством. Упродовж кількох десятків років учені винаходять конструкції очисних споруд і нові економічні методи очищення ґрунтів.

**Завдання для попереднього виконання**

1. Охарактеризуйте біоремедіацію.

2. Наведіть приклади використання мікроорганізмів і грибів.

3. Наведіть приклади інших поліпшених методів біоремедіації.

4. Розкрийте поняття мікробна деструкція похідних циклічних вуглеводнів (α, β, γгексахлорциклогексанів) у ґрунті.

5. Опишіть біодеградацію нафтозабруднених ґрунтів.

**Питання для інтерактивної бесіди**

1. Роль біоремедіації у відновленні нафтозабруднених ґрунтів.
2. Основні підходи біоремедіації до відновлення нафтозабруднених ґрунтів.
3. Принцип дії аеробного та анаеробного методу .
4. Фактори, які можуть обмежити застосування і ефективність процесу в очищенні ґрунту біло-червоною цвіллю.
5. Очищення ґрунту методом формування штабелів .
6. Компостування як контрольований біологічний процес.
7. Способи компостування.
8. Обмежувальні фактори компостування.

**Тестові завдання**

1. Багатостадійний біотехнологічний процес, що включає фізикохімічні методи детоксикації забруднювача, застосування органічних і мінеральних добавок, використання біопрепаратів:

а) біорекультивація нафтозабруднених ґрунтів;

б) біорекультивація;

в) біоремедіація;

г) рекультивація.

2. Інтродукція мікроорганізмів призводить до:

а) негативних результатів;

б) позитивних результатів;

в) нейтральних результати;

г) стандартних результати.

3. Оптимальна температура процесу біохімічного розкладання розщеплення лігнінів із застосуванням цвілі становить:

а) 30380 С;

б) 5089 С;

в) 110269 С;

г) 50 С.

4. Скількома методами розробляється технологія біоремедіації ґрунтів?

а) двома;

б) п’ятьма;

в) трьома;

г) жодним.

5. Біоремедіація включає в себе два основних підходи:

а) біостимуляція + біодоповнення;

б) рекультивація + біостимуляція;

в) рекультивація + зневоднення;

г) інша відповідь.

6. Для посилення біоремедіації і десорбції глибинних забруднень може використовуватись:

а) кисень;

б) натрій;

в) комплексна сполука;

г) вода.

7. Посилена біоремедіація – це процес…

а) зневоднення;

б) знешкодження;

в) руйнування;

г) нейтралізації.

**ГЛОСАРІЙ**

**Адсорбція –** поглинання компонентів з газів чи рідких сумішей на поверхні твердого тіла чи рідини.

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

**Аеротенки –** величезні резервуари із залізобетону, призначені для штучного біологічного очищення зливних вод за допомогою активного мулу (бактеріїмінералізатори та нижчі організми) і продування повітрям (аерації).

**Біогаз –** газ, що отримується водневим або метановим бродінням біомаси.

**Біодеградація –** руйнування складних речовин у результаті діяльності живих організмів.

**Біомаса –** форма збереженої сонячної енергії.

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

**Біотермічне компостування –** 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.

**Вибірковість –** можливість визначення одного елемента за наявності інших.

**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, утворились при виготовленні готової продукції, або ж повністю чи частково втратили свої споживчі властивості.

**Дезінфекція (знезаражування) –** комплекс заходів щодо знищення у середовищі життєдіяльності людини збудників інфекційних хвороб та їх переносників – комах і гризунів.

**Експресність –** швидкість виконання аналізу. Цій вимозі більше відповідають фізикохімічні та фізичні методи аналізу.

**Іонний обмін –** процес перерозподілу іонів між двома контактувальними фазами.

**Каталітичний нейтралізатор –** пристрій у складі випускної системи, що призначений для зниження викидів шкідливих речовин в атмосферу з відпрацьованими газами.

**Кількісний аналіз –** розділ аналітичної хімії, у якому визначають кількісний склад речовини. Аналіз, у якому кількість або концентрація речовини визначена (оцінена) та виражена як числове значення у відповідних одиницях.

**Коагуляція –** об'єднання часток дисперсної фази колоїдної системи в більші агрегати.

**Колоїдний розчин –** високодисперсні системи, у яких, на відміну від справжніх розчинів, зберігаються поверхні розділу між дисперсійним середовищем та диспергованою речовиною.

**Крекінг –** переробка нафтопродуктів, під час якої великі молекули вуглеводнів розщеплюються на малі.

**Нафтошлами –** складні фізикохімічні суміші, які складаються з нафтопродуктів, механічних домішок (глини, оксидів металів, піску) і води.

**Очищення зливних вод –** оброблення зливних вод з метою руйнування або видалення з них певних речовин, які перешкоджають відведенню цих вод у водні об'єкти відповідно до законодавства або використання їх у виробничому водопостачанні замість свіжої води.

**Переробка відходів –** здійснення будьяких технологічних операцій, пов'язаних зі зміною фізичних, хімічних або біологічних властивостей відходів, з метою підготовки їх до екологічно безпечного зберігання, перевезення, утилізації чи видалення.

**Проба для аналізу –** частка речовини, яка аналізується. Вона повинна бути показовою, тобто її склад повинен максимально відповідати складу всієї речовини.

**Розчинність –** здатність речовини розчинятись у тому чи тому середовищі.

**Сировина** **–** природні, антропогенні або техногенні речовини та матеріали, безпосередньо з яких виробляється продукція.

**Сорбенти –** тверді тіла або рідини, що вибірково поглинають з довкілля гази, пари або розчинені речовини.

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

**Цетанове число** – характеристика займистості дизельного пального, що визначає період затримки займання суміші (проміжок часу від уприскування пального в циліндр до початку його горіння).

**Чутливість –** мінімальна концентрація чи кількість компонента, яку можна ідентифікувати або визначити за допомогою певного методу чи аналітичної реакції.

Навчально-методичне видання

(українською мовою)

Луганська Ольга Василівна

Синяєва Ніна Петрівна

Омельянчик Людмила Олександрівна

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ХІМІЧНОЇ НАУКИ

Методичні вказівки до семінарських занять для здобувачів ступеня вищої освіти магістра спеціальності «Хімія»

Рецензент Н.В. Капелюш

Відповідальний за випуск О.А. Бражко

Коректор Ю.Ю. Петруша

Для нотаток