

В.В. Курятников, А.Я. Співак, А.М. Кільян

**КОНСТРУЮВАННЯ ТА ІНЖЕНЕРНО-ФІЗИЧНІ ПРИНЦИПИ
СИСТЕМ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ**

Конспект лекцій

Одеса 2019

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

В.В. Курятников, А.Я. Співак, А.М. Кільян

**КОНСТРУЮВАННЯ ТА ІНЖЕНЕРНО-ФІЗИЧНІ ПРИНЦИПИ
СИСТЕМ ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ**

Конспект лекцій

«Рекомендовано методичною радою ОДЕКУ
Міністерства освіти і науки України як
конспект лекцій (прот. № 9 від 31.05.2019)»

Одеса 2019

К 93
УДК 539.16

В.В. Курятников, А.Я. Співак, А.М. Кільян. Конструювання та інженерно-фізичні принципи систем захисту довкілля: конспект лекцій / Одеса: ОДЕКУ, 2019. 60 с.

Конспект лекцій з дисципліни “Конструювання та інженерно-фізичні принципи систем захисту довкілля” призначений для студентів третього року навчання, рівня вищої освіти «бакалавр» за спеціальністю «Технології захисту навколишнього середовища».

Конспект лекцій спрямований на поліпшення засвоєння студентами матеріалів спеціальної дисципліни.

В конспекті розглядаються питання інженерно-фізичних принципів захисту довкілля, методів і заходів зниження рівня забруднення навколишнього середовища, технологій та апаратів очищення об'єктів навколишнього середовища, сучасні інженерні задачі екологічної безпеки і захисту довкілля від енергетичних дій, зокрема від радіації.

Конспект допомагає засвоїти методи розрахунків ступеня очищення об'єктів навколишнього середовища в сучасних технологічних установках, розрахунків доз і потужностей доз випромінювання в умовах підвищеної радіаційної безпеки. Він допомагає здійснювати обробку результатів вимірювання, необхідних студентам для адекватного аналізу небезпечних екологічних ситуацій та побудування достовірного прогнозу.

© В.В. Курятников, А.Я. Співак,
А.М. Кільян, 2019
© Одеський державний екологічний
університет, 2019

Зміст

	стор.
Вступ	4
1 Вступ в дисципліну. Методологічні засади, основні принципи і поняття сучасних технологій захисту навколишнього середовища . .	5
Тема 1.1 Методи та заходи зниження рівня забруднення навколишнього середовища.	5
Тема 1.2 Захист атмосфери. Способи очищення газових викидів. Інженерно-фізичні принципи очищення повітря від аерозольних домішок. Осадження частинок в електричному полі. Термодифузійфорез частинок аерозолів.	7
Тема 1.3 Мокре газоочищення. Абсорбція газових домішок. Схеми абсорбційних процесів. Каталітичні методи очищення газових викидів	12
Тема 1.4. Конструювання та інженерні принципи створення систем очищення повітря. Очищення повітря від аерозольних домішок	15
2 Очищення гідросфери і літосфери	21
Тема 2.1 Класифікація вод. Класифікація промислових відходів. Класифікація способів очищення стічних вод.	21
Тема 2.2 Захист (очищення) гідросфери. Гідромеханічні способи очищення стічних вод. Фізико-хімічні методи очищення стічних вод. Флотаційне очищення.	23
Тема 2.3 Фільтрування стічних вод. Очищення стічних вод адсорбцією. Зворотний осмос та ультрафільтрація в розчинах стічних вод домішок, електрохімічні методи очищення стічних вод .	25
Тема 2.4 Фільтрування осадів стічних вод. Відцентрове фільтрування осадів стічних вод.	27
Тема 2.5 Термічні методи знешкодження мінералізованих стоків. Методи захисту літосфери.	30
3 Енергетичне забруднення навколишнього середовища	35
Тема 3.1 Промислові випромінювання. Теплові випромінювання. Методи захисту довкілля від енергетичних дій.	35
Тема 3.2 Звукові випромінювання.	37
Тема 3.3 Електромагнітні випромінювання.	39
Тема 3.4 Радіоактивність, радіаційний фон. Дози випромінювань . . .	40
Тема 3.5 Захист від випромінювань. Методи захисту навколишнього середовища від промислових забруднювальних речовин.	47
Тема 3.6. Методи захисту довкілля від енергетичних дій. Екологічні прилади та системи захисту об'єктів навколишнього середовища від зовнішніх збурень та енергетичних дій. Захист від радіації	52
Література.	57
Методичне забезпечення дисципліни.	59

Вступ

Навчальна дисципліна “Конструювання та інженерно-фізичні принципи систем захисту довкілля ” є обов’язковою, професійно орієнтованою для спеціальності 183 “Технології захисту навколишнього середовища бакалаврського рівня вищої освіти.

Конспект допомагає засвоїти знання інженерно-фізичних принципів захисту об’єктів навколишнього середовища, знання інженерних принципів конструювання елементів та систем захисту довкілля, розуміти наукові підходи до ліквідації наслідків забруднення довкілля та до організації безпечної життєдіяльності людей в умовах підвищеного екологічного ризику.

Мета конспекту полягає у формуванні у студентів здатності застосовувати адекватні до умов галузі сучасні технології захисту екосистем.

Конспект лекцій з дисципліни, що читається для студентів за спеціальністю навчання, є основним допоміжним матеріалом для самостійної роботи студентів.

Після вивчення матеріалу дисципліни студент запов’язаний:

Знати:

- інженерно-фізичні принципи захисту навколишнього середовища;
- інженерні принципи конструювання елементів та систем захисту довкілля;
- новітні технології (геоінформаційні технології, нанотехнології, біотехнології та ін.) для захисту екосистем;
- науково - обґрунтовані підходи до ліквідації наслідків забруднення навколишнього середовища;

Вміти:

- оцінювати рівень небезпеки забруднення навколишнього середовища;
- застосовувати адекватні до умов галузі сучасні технології захисту екосистем;
- розробляти схеми аналізу шляхів забруднення природних середовищ і екосистем;
- організовувати життєдіяльність в умовах радіоактивного забруднення, яка забезпечує мінімізацію дозових навантажень.

1. Вступ в дисципліну Методологічні засади, основні принципи і поняття сучасних технологій захисту навколишнього середовища.

Тема 1.1 Методи та заходи зниження рівня забруднення навколишнього середовища

Технологічний процес є обов'язковим елементом у ряду дій на шляху реалізації науково-технічної ідеї у вигляді розробленого технічного об'єкта.

При цьому відбувається трансформація наукової ідеї в технічні інженерні об'єкти - технічне обладнання, технологічні промислові процеси.

Трансформація й безперервний розвиток стосується і технічних об'єктів і технологічних процесів, які постійно удосконалюються. Відбувається заміна їх на більш ефективні, більш економічні, безпечні, що відповідають сучасним вимогам енергозберігання, безвідходного виробництва та ін. Так відбувається розвиток технологій, створення та втілення сучасних технологій у господарську діяльність.

Будь-які технологічні процеси можуть бути пов'язані з антропогенним навантаженням на навколишнє середовище. Відбувається забруднення об'єктів навколишнього середовища, змінюється екологічний стан довкілля.

Антропогенні забруднення умовно можна поділити на матеріальні та енергетичні. До матеріальних належать викиди в атмосферу, стічні води, тверді відходи.

До енергетичних антропогенних забруднень належать теплові викиди, шум, вібрація, ультразвук, електромагнітні поля, світлове, лазерне, інфрачервоне, ультрафіолетове випромінювання, радіація.

На жаль, сьогодні спостерігаються антропогенні забруднення, які належать до навмисних. Разом із такими забрудненнями як А) потепління в результаті «парникового ефекту», Б) руйнування озонового шару, В) висихання боліт, озер, морів, Г) випадання кислотних дощів та ін. спостерігається цілеспрямоване знищення лісів, використання родючих земель і пасовиськ під забудову. В Україні – незаконні вирубки лісу в Карпатах, видобуток бурштину призводять до тяжких екологічних наслідків. Це є навмисні антропогенні забруднення.

Задача дисципліни - розглянути заходи зниження рівня забруднення навколишнього середовища, зокрема заходи захисту навколишнього середовища від промислових забруднювальних речовин.

Вдосконалення і використання методів захисту навколишнього середовища пов'язані з розробкою конкретних програм дій із запобігання забруднення навколишнього середовища, розвитку ресурсо-енергозберігаючих і маловідходних технологій, зниження газових викидів і

рідинних скидів, переробки та утилізації господарських відходів, зменшення енергетичного впливу на навколишнє середовище.

Методи захисту навколишнього середовища можна умовно поділити на активні та пасивні методи.

Активні методи захисту навколишнього середовища - це технологічні рішення щодо створення ресурсозберігаючих і маловідходних технологій.

Пасивні методи захисту навколишнього середовища передбачають раціональне розміщення джерел забруднення і локалізацію цих джерел.

Раціональне розміщення знижує навантаження на навколишнє середовище, а локалізація досягається застосуванням різних захисних технологій і по суті є засобом зниження викидів та скидів.

Сукупність взаємопов'язаних хімічних і фізичних процесів широко застосовується в природоохоронних технологіях (пило- та газоуловлюванні, очищенні стічних вод та ін.).

В основі багатьох методів із захисту навколишнього середовища лежать фізичні та хімічні явища і відповідні закони, які їх описують.

У фізичних явищах змінюються лише фізичні властивості речовин, їх будова і хімічний склад зберігаються. Фізичні процеси спостерігаються при дробленні, роботі млинів, в різних способах обробки металів, при сушінні і в інших випадках. Фізичні методи знешкодження забруднення, очищення об'єктів навколишнього середовища поділяються на механічні, теплові, електричні та ін., в залежності від того, які закони керують тим чи іншим технологічним процесом. Механічні процеси розподіляються на гравітаційні, інерційні та ін., в залежності від характеру діючих в цих процесах сил.

Хімічні процеси змінюють фізичні властивості вихідної сировини і її хімічний склад. Хімічні явища в технологічних процесах найчастіше набувають розвитку під впливом зовнішніх умов (тиск, об'єм, температура і т.д.), в яких реалізується процес. При цьому мають місце перетворення одних речовин на інші, зміна їх поверхневих, міжфазних властивостей і ряд інших явищ змішаного (фізичного і хімічного) характеру.

В технологіях захисту навколишнього середовища використовуються також загальні закони фізичної та колоїдної хімії, термодинаміки, гідро - і аеродинаміки, біології, зокрема у еко-біозахисних технологіях.

В рамках дисципліни розглядаються питання енергетичного забруднення навколишнього середовища внаслідок звукових, теплових, електромагнітних та ядерних випромінювань. Виділено процеси захисту від енергетичних дій, які в основному базуються на принципах поглинання надлишкового енергетичного випромінювання при проходженні крізь екрануючу речовину. Розглядаються питання радіоактивності, радіаційного фону, питання, які стосуються доз випромінювань і захисту від радіації.

Технології захисту навколишнього середовища зараз важко уявити собі без сучасних інженерних споруд і систем, які можуть запобігти забрудненню та сприяти очищенню елементів довкілля. Тому зміст дисципліни містить у собі питання елементів конструювання, а студенти, які вивчають дисципліну, повинні не тільки мати уявлення про це, але і вміти провести певний аналіз умов експлуатації апаратів, споруд і пристроїв із врахуванням ступеня забруднення об'єктів довкілля. Це циклони для очищення атмосферного повітря, скрубери, фільтри, очисні споруди для стічних вод, екрани для захисту від енергетичних випромінювань тощо.

ЛІТЕРАТУРА

1, 2, 9, 16

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Які Ви знаєте активні методи захисту навколишнього середовища?
2. Що передбачають пасивні методи захисту навколишнього середовища?
3. Що являє собою енергетичне забруднення?
4. Які Ви знаєте фізичні методи захисту навколишнього середовища?

Тема 1.2 Захист атмосфери. Способи очищення газових викидів. Інженерно-фізичні принципи очищення повітря від аерозольних домішок. Осадження частинок в електричному полі. Термодифузіофорез частинок аерозолів

Газоподібні і пилові домішки розсіюються в атмосфері турбулентними вітровими потоками. Відповідно, механізм перенесення домішок двоякий: конвективний перенос осереднений рухом і дифузний - турбулентними пульсаціями. Домішки зазвичай вважають пасивними в тому сенсі, що присутність їх не робить помітного впливу на кінематику і динаміку руху потоків. Таке припущення може виявитися занадто грубим для аерозольних частинок великих розмірів. Розподіл концентрації C домішки описують рівняння нерозривності потоку домішки та рівняння дифузійно-конвективного переносу.

Наближено вважають, що сили, які пов'язані з наявністю градієнта температури по висоті атмосфери, не породжують усередненого руху по вертикалі, але істотно впливають на структуру турбулентності, тобто на розміри і інтенсивність пульсацій турбулентних вихорів. Тоді, якщо вісь x орієнтована за напрямком вітру, то на рівній місцевості можна знехтувати членом, що враховує дифузію домішки в напрямку осі x , тому що дифузне перенесення в цьому напрямку значно слабкіше від конвективного.

Вважається, що конвективний потік домішки від точкового джерела дорівнює його інтенсивності. Очевидний також факт зменшення концентрації з віддаленням від джерела.

Способи очищення газових викидів. Перш за все потрібно розглянути засоби очищення газових викидів сухими пиловловлювачами. Потрібно розібрати фізичні основи технологічних процесів пиловловлювання та у зв'язку з різними фізичними явищами надати класифікацію методів і засобів пиловловлювання: 1) Гравітаційне осадження частинок; 2) Інерційне осадження частинок; 3) Відцентрове осадження частинок; 4) Дифузійне осадження частинок. 5) Осадження частинок за рахунок зачеплення.

Інженерно-фізичні аспекти очищення повітря від аерозольних домішок пов'язані з фізичними законами гравітаційного, інерційного та відцентрового осадження частинок.

Принцип дії пристроїв для очищення повітря пов'язаний із фізичними законами осадження твердих частинок.

Такими пристроями є пиловловлюючі і сепараційні системи. У них застосовуються такі способи відділення завислих частинок від повітря (газу), як *осадження в гравітаційному полі, осадження під дією відцентрових сил, фільтрування, мокре газоочищення, осадження в електричному полі і ін.*

Робота *гравітаційних* пиловловлювальних пристроїв ґрунтується на законах гравітаційного осадження, тобто осадження пилових частинок під дією сили тяжіння.

$$F_{\Gamma} = \frac{1}{6} \rho g \pi d^3, \quad (1.1)$$

де d – діаметр частинки, м, g - прискорення вільного падіння, м/с².

Сила Стокса F_c визначається в'язкістю μ_0 , діаметром d та швидкістю осадження частинки $W_{ч}$:

$$F_c = 3 \pi \mu_0 d W_{ч} \quad (1.2)$$

Переміщення частинки в броунівському русі Δx відповідно до рівняння Ейнштейна:

$$\Delta x = \sqrt{2DT_0} \quad (1.3)$$

де D - коефіцієнт дифузії частинки, що характеризує інтенсивність броунівського руху, м² / с; T_0 – час переміщення частинки, с.

Використання інших сил, зокрема *відцентрових*, дозволяє підвищити ефективність процесу очищення. Явища осадження мають місце також в апаратах, дія яких, головним чином, базується на використанні *відцентрової сепарації*,

Метод відцентрового очищення повітря від частинок аерозолів значно ефективніший, ніж метод гравітаційного осадження. В методі відцентрового очищення виникає відцентрова сила, яка у багато разів більша, ніж сила тяжіння.

Метод відцентрового очищення повітря шляхом відцентрової сепарації може застосовуватися по відношенню до дрібніших частинок.

Швидкість відцентрового осадження кульової частинки можна визначити, прирівнявши відцентрову силу F_c , що виникає при обертанні пилогазового потоку, силі опору середовища згідно із законом Стокса.

Таким чином, швидкість осадження завислих частинок у відцентрових пиловловлювачах прямо пропорційна квадрату діаметра частинки.

Ефективність очищення газів від пилу залежить від правильності вибору методів і засобів пиловловлювання в залежності від дисперсних характеристик пило-газового потоку.

З класифікацію методів та засобів пиловловлювання пов'язана класифікація технологічного обладнання для сухого й мокрого очищення газів від пилу. Це - пилоосаджувальні камери, інерційні пиловловлювачі, циклони. Види циклонів і загальна характеристика конструкції циклонів будуть надані в наступних темах конспекту. Це - циклони загального призначення, прямоточні циклони, групові і батарейні циклони. Вихрові та динамічні пиловловлювачі.

Студенти мають знати й вміти проводити розрахунки конструкцій технічних засобів для очищення газових викидів сухими пиловловлювачами. Знати вихрові та динамічні пиловловлювачі.

Вміти визначати розміри пилоосаджувальної камери. Проводити технологічні розрахунки циклонів і визначення їх конструктивних розмірів.

Для тонкого очищення газів від частинок і крапельної рідини застосовують процес фільтрування, електрофорез і термодифузіофорез.

Фільтрування полягає в пропущенні аерозолі крізь фільтрувальні перегородки, які допускають проходження повітря, але затримують аерозольні частинки.

Метод фільтрування застосовують у випадках необхідності очищення повітря від дуже дрібних частинок і крапель рідини.

Метод фільтрування полягає у затриманні аерозольних домішок на фільтрувальних ґратах при проходженні крізь них забрудненого повітря.

Волокнисті перегородки фільтра затримують завислі частинки на своїй зовнішній поверхні та в порах. Очищене повітря вільно проходить крізь фільтр домішок.

У фільтр надходить забруднений газ, частинки домішок осідають на вхідній частині волокнистої перегородки (фільтроелемента) і затримуються в порах між волокон.

Засоби сухого очищення газових викидів від пилу фільтруванням. Це - тканинні фільтри, волокнисті фільтри, зернисті фільтри, фільтри для очищення радіоактивних викидів.

Електроосадження. Осадження завислих в газі твердих і рідких частинок під дією електричних поля має переваги в порівнянні з іншими способами осадження. Дія електричного поля на заряджену частинку визначається величиною її електричного заряду. При електроосадженні частинкам невеликих розмірів вдається віддати значний електричний заряд і, завдяки цьому, здійснити процес осадження дуже малих частинок, який неможливо провести під дією сили тяжіння або відцентрової сили.

Принцип електричного очищення повітря (газів) від завислих частинок полягає у зарядці частинок з подальшим їх виділенням під впливом електричного поля.

Фізична сутність електроосадження полягає в тому, що газовий потік, що містить завислі частинки, попередньо іонізують, при цьому частинки, які містяться в газі, набувають електричного заряду. Зарядження частинок в полі коронного розряду відбувається при високих напругах під впливом електричного поля і внаслідок дифузії іонів.

При цьому частинки, які містяться в газі, електризуються. Максимальна величина заряду частинок розміром більшим за 0,5 мкм пропорційна квадрату діаметра частинок, а частинок розміром меншим ніж 0,2 мкм - діаметру частинок.

Спосіб уловлювання завислих в газі твердих і рідких частинок за допомогою електричних полів має суттєві переваги. Згідно із законом Кулона сила дії електричного поля на заряджену частинку пропорційна величині її електричного заряду.

Електричні властивості. У частинок аерозолів переважно відсутній подвійний електричний шар, однак, за відповідних умов вони можуть набувати певного електричного заряду.

Найчастіше частинки аерозолію заряджаються внаслідок адсорбції на їх поверхні іонів газу, які виникають під дією на нього космічних променів, фону природної радіоактивності або тонізуючого випромінювання.

Для одержання заряджених аерозолів не завжди використовують штучні способи іонізації, оскільки багато процесів утворення аерозолів пов'язані з розподілом електричних зарядів. Зокрема, при одержанні аерозолів розпиленням порошків відбувається взаємне тертя частинок, що призводить до виникнення на них заряду. Розпилення рідин також супроводжується одержанням заряджених частинок, оскільки рідини майже завжди містять електроліти і тому на поверхні сорбуються іони того чи іншого знаку. Виникнення заряду може також відбуватися внаслідок орієнтації диполів молекул дисперсної фази в частинці.

Аерозолі, частинки яких мають однаковий за знаком заряд, називають *уніполярними*, різні заряди - *біполярними*. Зрозуміло, що уніполярні аерозолі стійкіші, ніж біполярні.

Для аерозолів характерні такі специфічні кінетичні явища, як *термофорез* і *термопреципітація*.

Конструктивні особливості електрофільтрів. Технологічні розрахунки електрофільтрів.

Суть магнітного очищення газових викидів пов'язана із дією на заряджені частинки магнітного поля.

Класифікація технологічного обладнання:

- Електромагнітні фільтри з осердям-насадкою.
- Багатополюсні фільтри з відділеними електромагнітами.
- Фільтри з відділеними постійними магнітами.

Термофорезом називають явище руху дисперсних частинок в полі температурного градієнта.

Термофорез пов'язаний з явищем відштовхування частинок нагрітими тілами. Відбувається під дією сил з боку газоподібної фази на завислі в ній нерівномірно нагріті частинки. Дія сил в значній мірі залежить від відношення розміру частинок до середньої довжини вільного пробігу молекул газу.

Переміщення аерозольних частинок, тобто їх рух у напрямку зниження температури, є термофорезом.

Термофоретичний рух відбувається під дією сил з боку газоподібної фази на завислі в ній нерівномірно нагріті частинки. Термофоретичні сили залежать від розміру частинок та середньої довжини вільного пробігу молекул газу.

Молекулярно-кінетичною теорією термофорез пояснюється більшою швидкістю молекул газу від нагрітого боку частинки, ніж від холодного. Термофоретична сила виникає в результаті того, що молекули газу надають частинці імпульс у напрямку зниження температури, тобто проти її градієнта.

Термофорез зумовлений тим, що на частинки з "гарячого боку" діють більш швидкі молекули газу, що призводить до їх зміщення в "холодний бік". Для великих частинок механізм термофорезу складніший, оскільки градієнт температури виникає і в самій частинці. Коли поверхня частинки нагріта нерівномірно, то вздовж неї у напрямку нижчих температур виникає потік газу - так званий *тепловий плин газу*. Цей потік породжує силу, яка діє вздовж поверхні у тому самому напрямку. Тому тепловий плин на поверхні частинки зумовлює її рух у "холодний бік".

Термофоретична сила виникає внаслідок того, що від більш нагрітого боку частинки молекули газу відлітають з більшою швидкістю, ніж від менш нагрітого боку, і таким чином надають частинці імпульс в напрямі зниження температури.

Фотофорез є окремим випадком термофорезу. Він пов'язаний з рухом частинок аерозолі під час однобічного освітлення. Частинки дисперсної фази аерозолів, залежно від їх здатності вбирати світлове випромінювання та від тиску газу, можуть рухатися як у напрямку світлового променя, так і назустріч йому, отже, фотофорез може бути як позитивним,

так і негативним. Ця обставина має важливе значення для пояснення поведінки аерозолів у стратосфері. У нижній стратосфері, де тиск повітря відносно високий, фотофорез має від'ємний знак, і частинки дисперсної фази рухаються до Сонця. Однак у міру їх підняття та падіння тиску знак фотофорезу змінюється, і частинки починають рухатися у протилежному напрямку. Таким чином, вони ніби "замкнені" в тонкому шарі, де відбувається зміна знаку фотофорезу. Внаслідок цього в певних ділянках стратосфери формуються стійкі аерозольні шари. Це сприяє накопиченню аерозолів в атмосфері, що впливає на прозорість стратосфери і в кінцевому результаті - на клімат Землі. Термо- і фотофорез істотно впливають і на процеси утворення хмар, туману і на їх рух в атмосфері.

Дифузіофорезом називають явище руху дисперсних частинок в полі градієнта концентрацій речовини.

Дифузіофорез пояснюється молекулярно-кінетичною теорією більшою концентрацією молекул газу з одного боку частинки, ніж від другого. Дифузіофоретична сила виникає в результаті того, що частинка отримує з одного боку більшу кількість ударів молекул газу ніж з іншого. Молекули надають частинці імпульс у напрямку зниження концентрації, тобто проти її градієнта

Термопреципітація - це явище осідання частинок аерозолу на холодній поверхні, наприклад, осадження пилу на стінах і стелі навпроти ламп, на поверхні теплих труб тощо. Вона пояснюється зменшенням кінетичної енергії частинок після осідання.

ЛІТЕРАТУРА

1, 2, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 16

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. На яких фізичних законах ґрунтується робота гравітаційних пиловловлюючих пристроїв?
2. Які два принципових конструктивних рішення можуть застосовуватися в апаратах, заснованих на використанні відцентрової сепарації?
3. Який принцип дії циклонів?
4. Яке явище називається термофорезом?
5. Яке явище називається дифузіофорезом?
6. Що називається термопреципітацією?
7. Які переваги має електроосадження малих частинок?
8. У чому полягає фізична сутність електроосадження?

Тема 1.3 Мокре газоочищення. Абсорбція газових домішок. Схеми абсорбційних процесів. Каталітичні методи очищення газових викидів

В основу дії пиловловлюючих і сепараційних пристроїв покладено певний фізичний механізм. Процес **мокрого пиловловлювання** ґрунтується

на контактi запиленого газового потоку з рiдиною, яка захоплює завислi частинки та виносить їх з апарату у виглядi шламу.

Метод *мокрого пиловловлювання* базується на взаємодiї забрудненого потоку газу з рiдиною, у якiй завислi частинки захоплюються рiдиною та виносяться з апарату у виглядi шламу.

Робота газоочисних пристроїв, що працюють за методом *мокрого пиловловлювання*, базується на таких фiзичних явищах:

- 1) налипання твердих частинок пилу краплями рiдини, що рухаються крiзь рiдину;
- 2) налипання частинок пилу при ударi газових струменiв на поверхнi твердої або рiдкої фази;
- 3) осадження на плiвках поверхнi рiдини у поверхневих явищах;
- 4) осадження в газових мiшурах, якi пiднимаються в рiдинi.

Очищення атмосферного повітря від газових джерел забруднення потребує вирішування багатьох проблем, пов'язаних з тим, що у викидах містяться також багатокомпонентні домішки, для яких потрібні різні методи очищення.

Технологічний аналіз, що веде до розробки моделей функціонування газоочисних пристроїв, базується на уявленнях про механізми фізичних процесів. Це основні варіанти контактів газ - рідина, при яких відбувається видалення частинок з газу:

- 1) уловлювання краплями рiдини, що рухаються крiзь газ;
- 2) уловлювання цилiндрами (зазвичай твердими, типу дротiв);
- 3) уловлювання плiвками рiдини (зазвичай текучими по твердих поверхнях);
- 4) уловлювання в мiшурах газу (зазвичай пiднимаються в рiдинi);
- 5) вловлювання при ударi газових струменiв по рiдкiй або твердiй поверхнi.

При очищенні викидів від газових забруднень доводиться вирішувати одночасно ряд проблем, пов'язаних з тим, що у викидах, що містять шкідливі пари і гази, містяться також аерозолі - пил, сажа; викиди в ряді випадків нагріті до високих температур, забруднювальні речовини, що містяться в них, багатокомпонентні і їх необхідно піддавати різним методам очищення.

Засоби мокрого очищення газових викидів від пилу та класифікація обладнання для мокрого пиловловлювання.

Це - порожнисті газопромивачі, насадкові газопромивачі, пінні пиловловлювачі, ударно-інерційні газопромивачі, газопромивачі відцентрової дії, швидкісні газопромивачі.

При очищенні викидів використовуються барботери. При барботуванні створюється велика міжфазна поверхня на межі «рідина-газ», що сприяє інтенсифікації теплообмінних процесів, масообмінних процесів, більш повної хімічної взаємодії газів з рідинами.

Технологічні розрахунки пінних пиловловлювачів можна надати на прикладі пінних пиловловлювачів.

При очищенні викидів застосовується **абсорбція газових домішок**. Деякі рідини і тверді речовини при контакті з багатоконпонентним газовим середовищем здатні вибірково витягувати з неї окремі інгредієнти і поглинати (сорбувати) їх.

Абсорбцією називається перенесення компонентів газової суміші в об'єм конденсованої фази. При абсорбції відбувається вибіркоче поглинання одного або декількох компонентів з газової суміші рідкими поглиначами.

Адсорбцією називають процес вибіркового поглинання компонента газу, пари або розчину за допомогою адсорбентів - пористих твердих матеріалів з великою питомою поверхнею.

Фізико-хімічні основи очищення газів від газо- й пароподібних забруднювальних речовин абсорбційним методом лежать в основі абсорбційного методу очищення газових викидів.

Суть абсорбційного методу очищення газових викидів і засоби для абсорбційного очищення газових викидів від газо- й пароподібних речовин базуються на фізико-хімічних основах очищення газів від газо- й пароподібних забруднювальних речовин. Потрібно згадати кінетику процесу абсорбції, рівновагу й швидкість адсорбції, надати характеристику адсорбентів.

Класифікація технологічного обладнання для абсорбційного очищення газових викидів. Це - поверхневі насадкові абсорбери, барботажні абсорбери, розпилювальні абсорбери, механічні розпилювальні газопромивачі.

Як приклад, можна розібрати технологічні розрахунки розпилювальних пустотілих форсункових абсорберів, технологічні розрахунки насадкових адсорберів.

Класифікація технологічного обладнання для адсорбційного очищення газових викидів.

- 1) Адсорбери з нерухомим шаром адсорбенту;
- 2) Адсорбери з рухомим шаром адсорбенту;
- 3) Адсорбери з киплячим шаром адсорбенту;
- 4) Адсорбери з віброкиплячим шаром адсорбенту.

Як приклад, можна розібрати технологічні розрахунки адсорбера періодичної дії з нерухомим шаром адсорбенту.

Каталітичне очищення газових викидів. Це питання потрібно розпочати з огляду фізико-хімічних основ каталітичного очищення газових викидів. Суть каталітичного методу полягає у використуванні спеціальних речовин – каталізаторів для очищення газових викидів.

Характеристика каталізаторів. Засоби для каталітичного очищення газових викидів.

Класифікація апаратів для каталітичного очищення газів. Це - апарати з фільтрувальним шаром, терموкаталітичні реактори з фільтрувальним шаром, апарати з киплячим шаром каталізатора, реактор з пілеподібним каталізатором. Як приклад - розрахунок реакторів з фільтрувальним шаром.

При очищенні викидів застосовується явище **абсорбції газових домішок**. Деякі рідини і тверді речовини при контакті з багатокомпонентним газовим середовищем здатні вибірково витягувати з нього окремі інгредієнти і поглинати (сорбувати) їх.

Ультразвукові апарати використовують для підвищення ефективності роботи циклонів або рукавних фільтрів. Ультразвук сприяє адгезії і закріпленню часточок пилу. Ці апарати ефективні у разі високої концентрації пилу в очищуваному газі. Для збільшення ефективності роботи апарата його зрошують водою. Такі апарати в комплексі з циклоном застосовують для уловлювання сажі, туману різних кислот тощо.

ЛІТЕРАТУРА

1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 16

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Назвіть новітні технології теперішнього часу, які широко втілюються у життя.
2. Які існують механізми процесів мокрої очистки?
3. Що називається абсорбцією?
4. Чим адсорбція відрізняється від абсорбції?
5. Як називаються апарати, у яких здійснюють процес абсорбції?
6. Що являє собою метод абсорбції?
7. Що являє собою метод хемосорбції?
8. Назвіть апарати для каталітичного очищення газів.

Тема 1.4. Конструювання та інженерні принципи створення систем очищення повітря. Очищення повітря від аерозольних домішок

У пиловловлювачах і сепараційних пристроях знаходять застосування наступні способи відділення завислих частинок від середовища, тобто повітря (газу): осадження в гравітаційному полі, осадження під дією сил інерції, осадження в відцентровому полі, фільтрування, осадження в електричному полі, мокре газоочищення і ін.

Робота гравітаційних пиловловлюючих пристроїв базується на законах гравітаційного осадження, тобто осадження пилових частинок під дією сили тяжіння.

Інженерно-фізичні аспекти очищення повітря від аерозольних домішок пов'язані з фізичними законами гравітаційного, інерційного та відцентрового осадження частинок.

Принцип дії пристроїв для очищення повітря пов'язаний із фізичними законами осадження твердих частинок.

Пристроями для очищення повітря від аерозольних домішок є пиловловлюючі і сепараційні системи. У них застосовуються такі способи відділення зважених частинок від повітря (газу), як *осадження в гравітаційному полі, осадження під дією відцентрових сил, фільтрування, мокре газоочищення, осадження в електричному полі і ін.*

В апаратах, заснованих на використанні **відцентрової сепарації**, можуть застосовуватися два різних принципи роботи:

- потік аерозолу рухається в обертовому роторі;
- корпус апарата залишається нерухомим, а потік аерозолу обертається в ньому.

Перше рішення застосоване в циклонах, друге - в ротаційних пиловловлювачах.

Швидкість відцентрового осадження кульової частинки можна визначити, порівнявши відцентрову силу $F_{ц}$, що виникає при обертанні пилогазового потоку, силі опору середовища згідно із законом Стокса

Таким чином, швидкість осадження завислих частинок у відцентрових пиловловлювачах прямо пропорційна квадрату діаметра частинки.

Запилене повітря надходить в циклон через патрубок, очищений - видаляється через вихлопну трубу. Залежно від способу підведення повітря до циклону розрізняють циклони з тангенціальним і спіральним підведенням повітря. За інших рівних умов циклони зі спіральним підведенням мають вищу ефективність очищення. Потік запиленого повітря входить в корпус циклону зазвичай зі швидкістю 14 ... 20 м / с.

Застосовують циклони праві (обертання потоку запиленого повітря за годинниковою стрілкою, якщо дивитися зверху) і ліві (обертання проти часової стрілки).

Швидкість газу у вільному перерізі циліндричної частини циклонів повинна лежати в межах 2,5 ... 3,5 м / с. У звичайних умовах оптимальною вважається швидкість 3,5 м / с, а швидкість 2,5 м / с рекомендується приймати при роботі з абразивним пилом.

Запилені гази подаються в циклони через тангенціальні або аксіальні завихрувачі і роблять всередині апаратів складний обертально-поступальний рух. На частинки в потоці усередині циклону діє сила інерції, яка прагне змістити їх з криволінійних ліній струму по дотичних, спрямованих під деяким кутом вниз і до стінки корпусу.

Частинки, що стикаються з внутрішньою поверхнею стінки, під дією сил тяжіння, інерції опускаються вниз і потрапляють в пилезбірник (бункер). Частинки, які не досягли стінки, продовжують рух по криволінійних лініях струму і можуть виноситись з циклону газовим

поток, який може захопити і деяку кількість частинок, що осіли в бункер.

Спрощено вважаючи, що траєкторії руху частинок близькі до кіл, можна визначити величину сили інерції.

Для тонкого очищення газів від частинок і крапельної рідини застосовують процес **фільтрування**.

Метод фільтрування застосовують у випадках необхідності очищення повітря від дуже дрібних частинок і крапель рідини.

Метод фільтрування полягає у затриманні аерозольних домішок на фільтрувальних ґратах при проходженні крізь них забрудненого повітря.

Волокнисті перегородки фільтра затримують частинки на своїй зовнішній поверхні та в порах. Очищене повітря вільно проходить крізь фільтр домішок.

Метод **мокрого пиловловлювання** реалізується завдяки використанню барботерів.

У барботажних апаратах запилений газ пропускають крізь рідину (воду). Їх доцільно використовувати для очищення гарячих газів з часточками пилу розміром понад 5 мкм. Барботаж використовують також у пінних апаратах. Для створення піни у воду додають ПАР. Ефективність очищення в цих апаратах досягає 97-99 %.

Недоліком мокрого очищення газів є те, що вловлений пил перетворюється на мокрий шлам. Для видалення останнього потрібно будувати шламову каналізацію, що здорожує конструкцію.

В апаратах інерційного пиловловлювання різко змінюється напрямок потоку. Частинки пилу за інерцією ударяються об поверхню, осаджуються і через розвантажувальний пристрій видаляються з апарата. В середині апаратів розміщені пластини або кільця, об які ударяється газ. Зверху апарати можуть зрошуватися водою. Тоді пил з них видаляється у вигляді шламу.

Відцентрова сепарація може застосовуватися по відношенню до більш дрібних частинок.

В апаратах, заснованих на використанні відцентрової сепарації, можуть застосовуватися два принципових конструктивних рішення:

- потік аерозолу обертається в нерухомому корпусі апарату;
- потік рухається в обертовому роторі.

Перше рішення застосоване в циклонах, друге - в ротаційних пиловловлювачах.

Методи очищення викидів в атмосферу

З метою зменшення забруднення атмосферного повітря пилом та іншими шкідливими домішками потрібно на всіх промислових підприємствах організувати ефективне очищення газових викидів. Усі методи очищення можна розподілити на три групи: механічні, фізико-хімічні та хімічні (Рис.1.1).



Рис. 1.1 – Методи очищення газових викидів

Механічні методи очищення

Вибір методу очищення залежить від кількості відхідних газів та їхнього складу. Механічні методи застосовують для очищення вентиляційних та інших газових викидів від грубодисперсного пилу. В них пил відокремлюється під дією сили гравітації, інерції або відцентрової сили.

Вибираючи систему пиловловлювання, слід враховувати швидкість газового потоку, вміст пилу та його фізико-хімічні властивості, розмір частинок і наявність водяної пари. Існує два види пиловловлювання: сухе і мокре. З екологічного й економічного погляду досконалішими є сухі пиловловлювачі. Вони дають змогу повернути у виробництво вловлений пил, тоді як при мокрому утворюються водяні суспензії, переробка яких потребує більших матеріальних затрат.

Недоліком сухого пилоочищення є те, що воно забезпечує високий ступінь очищення тільки у разі малої запиленості відхідних газів.

Механічне сухе пиловловлювання здійснюють в осаджувальних камерах, циклонних сепараторах, механічних та електричних фільтрах. В осаджувальних камерах очищають гази з грубодисперсними частинками пилу розміром від 50 до 500 мкм і більше. Ефективнішою є осаджувальна камера Говарда, в якій газовий потік розбивається горизонтальними пластинами на окремі секції. Незважаючи на незначний аеродинамічний опір і невисоку вартість, ці апарати застосовують рідко через труднощі їх очищення. З них відхідні гази направляють в інші, ефективніші апарати для подальшого очищення.

Значно поширеніші циклонні сепаратори. У них запилений газ, обертаючись за спіраллю, відкидає частинки пилу на стінки апарата, звідки вони потрапляють у пилоосаджувальну камеру. Циклонні сепаратори ефективно очищають гази, що містять частинки розміром не меншим як 25 мкм. Коефіцієнт корисної дії циклонів залежить від концентрації пилу і розмірів його частинок. Середня ефективність знепилення газів у циклонах становить 78-86 % для пилу розміром 30-40 мкм. Основний недолік циклонів – значне абразивне спрацювання частин апарата пилом. Тому ці частини вкривають синтетичними матеріалами або зносостійкими сплавами, що здорожчує конструкцію апарата. Циклони використовують для очищення запилених газів і повітря з великими частинками в різних галузях промисловості.

У фільтрах газовий потік проходить крізь пористий матеріал різної щільності й товщини. Очищення від грубодисперсного пилу здійснюють у фільтрах, заповнених коксом, піском, гравієм, насадкою різної природи й форми. Для очищення від тонкодисперсного пилу використовують фільтрувальний матеріал типу паперу, повсті або тканини різної цупкості. Папір використовують для очищення атмосферного повітря або газів з низьким вмістом пилу. В промислових умовах застосовують тканини або рукавні фільтри. Вони мають форму барабана, тканинних мішків або кишень, що працюють паралельно. Їх очищують струшуванням або продуванням повітрям.

Останнім часом як фільтрувальні тканини широко використовують синтетичні матеріали та скловолокно, що можуть витримувати температуру 150-250 °С, вони хімічно і механічно стійкіші і менш вологоємні порівняно з шерстю та бавовною. Останні дають змогу очищати гази з температурою не вищою за 100 °С. Головною перевагою рукавних фільтрів є висока ефективність очищення, яка досягає 99 % для всіх розмірів частинок. Для тонкого очищення застосовують керамічні фільтри, фільтри з пластмас або скла. Ефективність пиловловлювання в них може досягати 99,99 %, а температура очищуваного газу – 500 °С.

Для тонкого очищення газів від пилу використовують електрофільтри. Крім пилу вони можуть також очищати гази від аеро- та гідрозолів, тобто вловлювати більш дисперговані частинки.

Для підвищення ефективності роботи електроди інколи змочують водою. Такі електрофільтри називають мокрими. У мокрих пиловловлювачах запилений газ зрошується рідиною або контактує з нею. Найпростішою конструкцією є промивна башта, заповнена кільцями Рашіга, скловолокном або іншими матеріалами. До апаратів такого типу належать скрубери і труби Вентурі. Часто для видалення шламів, що утворюються, труби Вентурі доповнюють циклонами. Скрубери працюють за принципом протитечії: газ рухається знизу вгору, а поглинальна рідина (частіше вода) розпилюється форсунками згори вниз. Скрубери можна застосовувати для холодних і гарячих газів, які не містять токсичних речовин (кислот, хлору тощо), оскільки вони видаляються в атмосферу разом з очищеним газом у вигляді туману.

Засоби термічного знешкодження газових викидів. Суть термічного знешкодження газових викидів. Класифікація пристроїв для термічного знешкодження газових викидів. Камерні печі. Регенеративні установки термічного знешкодження промислових газових викидів. Комбіновані установки знешкодження газових викидів. Факельні установки.

ЛІТЕРАТУРА

1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 16

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Які фізичні механізми покладені в основу дії пиловловлюючих і сепараційних пристроїв?
2. Назвіть основні способи очищення газових викидів.
3. Які Ви знаєте методи й засоби очищення повітря?
4. На яких фізичних законах базується робота гравітаційних пиловловлюючих пристроїв?
5. Які два принципових конструктивних рішення можуть застосовуватися в апаратах, заснованих на використанні відцентрової сепарації?
6. Який принцип дії циклонів?

2. Очищення гідросфери та літосфери

Тема 2.1 Класифікація вод. Класифікація промислових відходів

Особливості систем водовідведення на промислових підприємствах. Надати визначення понять: Системи водовідведення. Роздільне та сумісне відведення стоків. Умови випуску стічних вод. Надати загальну характеристику стічних вод промислових підприємств – категорії стічних вод.

Питання включають до себе умови утворення та склад забруднювальних речовин промислових стічних вод, їх кількісну та якісну характеристики, особливості хімічного складу стічних вод промислових підприємств. Розрахунок витрат і комунікацій стічних вод.

Схеми очищення включають:

- засоби каналізування та очищення, методи очищення;
- методи механічного очищення промислових стічних вод (гравітаційне відстоювання, відстоювання у полі відцентрових сил);
- основні типи очисних споруд.
- укрупнення (флокуляція) частинок завислих речовин;
- очищення вод методом фільтрування;
- роботу напірних зернистих фільтрів, сітчасті фільтри;
- апарати очищення промислових стічних вод: гідроциклони, центрифуги;
- методи фізико-хімічного очищення (методи флотації та коагуляції);
- установки для флотації та коагуляції;
- методи й схеми хімічного очищення стічних вод (нейтралізація, електрохімічні методи);
- основні засоби регенеративного очищення та деструктивні методи очищення стічних вод. Вилучення забруднювальних речовин у вигляді товарних продуктів. Абсорбція і адсорбція. Екстракція. Біохімічне очищення стічних вод від органічних речовин. Обладнання для біохімічного очищення.

Існує декілька класифікацій стічних вод:

- за походженням (сільськогосподарські, промислові, води від виробничих і комунальних об'єктів, побутові, атмосферні опади);
- за ступенем їх забруднення;
- за впливом на водойму та її екосистему (або утримуючі завислі нерозчинні домішки, тобто ті, що скаламучують воду, або отруйні – ті, які знищують водну біоту та ін.).

З точки вибору методу очищення стічні води класифікують за характером властивостей забруднювальної речовини – гетерогенний та гомогенний.

Гетерогенний характер мають 1) двофазні забруднені стічні води, у яких містяться завислі тверді частинки із розміром більшим за 1 мкм (суспензії, емульсії, планктон), 2) колоїдні розчини – домішки високомолекулярного органічного походження розміром до 1 мкм.

Гомогенні – однофазні суміші: 1) молекулярні (розчинені гази і молекули); 2) істинні – молекули дисоційовані на іони.

Класифікуючи методи очищення стічних вод, можна виділити:

- фізичні методи, фізико-хімічні, хімічні, біохімічні.

Фізичні методи використовують для очищення води від твердих частинок. Ці методи в залежності від властивостей брудної води (концентрації і розчину), включають до себе відділення твердих частинок в полі дії відцентрових сил, відстоювання, фільтрування, проціджування.

Відстоювання ґрунтується на здатності осадження важких твердих речовин в рідині.

Осадженням називається поділ рідких неоднорідних систем шляхом виділення з рідкої фази твердих або рідких завислих частинок під дією сили тяжіння, відцентрової сили.

Осадження відстоюванням відбувається під дією сили тяжіння.

Очищення забруднених вод здійснюється у відстійниках.

Фільтрування забруднених вод призначено для очищення їх від дисперсних твердих частинок мікронних розмірів.

Проціджування здійснюється для виділення із забрудненої води нерозчинних домішок з частинками розміром до 25 мм, а також волокнистих забруднювальних речовин.

Для цього забруднена вода пропускається крізь спеціальні ґрати.

Серед фізичних методів використовується також метод евапорації. Забруднювальні речовини випаровують, а пар направляють в накопичувальну камеру, де відбувається його очищення.

В основі біохімічних методів лежить здатність мікроорганізмів руйнувати різні хімічні сполуки. Біохімічні реакції, які викликають мікроорганізми, відбуваються у присутності ферментів вироблених ними.

Мікроорганізми бувають двох типів: аеробними, які потребують кисень, та анаеробними. Обидва типи використовуються для очищення стічних вод.

Для очищення стічних вод використовуються також різні хімічні та фізико-хімічні методи. До хімічних методів відносяться методи підкислення, пом'якшення та опріснення. Оксидом кальцію, гашеним вапном і іншими здійснюється нейтралізація кислот. До фізико-хімічних методів відносяться методи екстракції, виморожування, дистиляції.

Очищення стічних вод екстракцією застосовують для очищення стічних вод із вмістом фенолів, органічних кислот, іонів металів.

Очищення стічних вод екстракцією можна уявити у вигляді трьох стадій процесу.

Спочатку на першій стадії змішують стічну воду з екстрагентом (органічним розчинником). При цьому утворюються дві рідкі фази.

Друга стадія - поділ екстракту і рафінаду. Третя стадія - регенерація екстрагента з екстракту і рафінаду.

На останніх стадіях очищення такі води проходять бактерицидну обробку (хлорування, озонування або опромінення ультрафіолетовим промінням).

Система, яка складається з рідини та твердих дисперсних частинок у цій рідині, називається суспензією.

Система, яка складається з 2-х рідин, одна з якої змішується з другою у вигляді дисперсних крапель, називається емульсією.

Скидання нагрітих стічних вод у водойм – це фізичне забруднення.

ЛІТЕРАТУРА

1, 2, 3, 4, 9, 13, 14, 15, 16

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Які Ви знаєте методи та засоби очищення питної води?
2. Які фізичні механізми покладені в основу очищення рідини від твердої фази?
3. Як називається поділ рідких неоднорідних систем шляхом виділення з рідкої фази твердих або рідких завислих частинок під дією сили тяжіння, відцентрової сили.
4. Під дією якої сили відбувається осадження відстоюванням?
5. Назвіть основні способи очищення рідини.
6. Як проводять відстоювання стічних вод?
7. Як називається система, яка складається з 2-х рідин, одна з якої змішується з другою у вигляді дисперсних крапель?

Тема 2.2 Захист (очищення) гідросфери. Гідромеханічні способи очищення стічних вод. Фізико-хімічні методи очищення стічних вод. Флотаційне очищення.

Гідромеханічні методи є найбільш поширеними способами очищення стічних вод. Для видалення завислих частинок із стічних вод використовують періодичні і безперервні гідромеханічні процеси проціджування, гравітаційного і відцентрового відстоювання і фільтрування. Вибір методу залежить від розміру частинок домішок, фізико-хімічних властивостей, концентрації завислих частинок, витрати стічних вод і необхідного ступеня очищення.

Перед більш тонкою очищенням стічні води направляють на процежування через решітки і сита, які встановлюють перед відстійниками з ціллю вилучення з них великих домішок. Методи очищення води пов'язані з переходом на безвідходні технології.

Методи очистки, які супроводжуються одночасним протіканням хімічних і фізичних процесів, називаються фізико-хімічними.

До фізико-хімічних методів обробки забрудненої води належать методи коагуляції, флоатації, хлорування та озонування, опромінення ультразвуком та ультрафіолетовими випромінюваннями.

Для очищення води від маслопродуктов використовують гідроциклони, фільтри, флоатаційні апарати, де залежно від їх складу і концентрації води здійснюється її очищення (відстоюванням, відділення твердих домішок у циклонах, фільтрація).

Коагуляція - це процес налипання дрібних дисперсних частинок і об'єднання в агрегати в результаті їх взаємодії.

За законом Стокса швидкість осадження частинок зростає зі збільшенням розміру частинок. Тому, для прискорення відстоювання використовують явище коагуляції частинок. За допомогою коагулянтів, які вводяться в суспензію, під дією молекулярних сил відбувається злипання дрібних частинок в великі конгломерати (пластівці, флокули).

Ефективність процесу коагуляції є максимальною при видаленні з води колоїдних частинок, тобто частинок розміром від одного до ста мкм.

Флокуляцією називається процес агрегації дисперсних завислих у розчині частинок у присутності високомолекулярних сполук. Ці високомолекулярні сполуки називаються флокулянтами. Флокуляція відрізняється від коагуляції тим, що при флокуляції процес агрегації відбувається в результаті взаємодії молекул високомолекулярних сполук - флокулянтів, адсорбованих на поверхні дисперсних частинок.

Флоатація – це процес на поверхні розділу газу і рідини, при якому здійснюється налипання дисперсних завислих частинок на поверхневій плівці на межі між газом і рідиною. Тобто флоатація зумовлена поверхневими явищами та молекулярними силами на поверхні поділу двох фаз.

Флоатацію застосовують у випадках, коли методи механічного відділення нерозчинних домішок при очищенні стічних вод не дають бажаного результату. Наприклад, в результаті великого ступеня дисперсності частинок стічні води погано відстоюються. Це може бути також при видаленні розчинених речовин, наприклад, поверхнево-активних речовин (ПАР).

Адсорбція – явище відділення газової фази з поверхні твердої фази. Метод адсорбції застосовуються на кінцевій стадії біохімічного очищення. Ці методи застосовуються у випадках, коли концентрація забруднювальних органічних речовин у стічній воді невелика, або біологічне очищення не дає результатів.

Коагуляція і флокуляція забруднень стічних вод

Коагуляція - це процес укрупнення дисперсних частинок в результаті їх взаємодії і об'єднання в агрегати.

Швидкість осадження частинок буде зростати зі збільшенням розміру частинок. Для прискорення відстоювання використовують коагуляцію частинок, тобто збільшення їх за допомогою коагулянтів, які вводяться в суспензію в результаті чого під дією молекулярних сил відбувається злипання дрібних частинок у великі конгломерати (пластівці, флокули).

Коагуляція найбільш ефективна для видалення з води колоїднодисперсних частинок, тобто частинок розміром 1 ... 100 мкм.

Флокуляція - це процес агрегації завислих частинок при додаванні в стічну воду високомолекулярних сполук, які називаються флокулянтами. На відміну від коагуляції при флокуляції агрегація відбувається не тільки при безпосередньому контакті частинок, але і в результаті взаємодії молекул адсорбованого на частинках флокулянта.

Флотація - процес молекулярного налипання частинок до поверхні поділу газу і рідини, зумовлений надлишком вільної енергії поверхневих межових шарів.

Флотацію застосовують для видалення зі стічних вод нерозчинних дисперсійних домішок, які погано відстоюються, а також для видалення розчинених речовин, наприклад, поверхнево-активних речовин (ПАР).

ЛІТЕРАТУРА

1, 2, 3, 4, 9

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Які фізичні механізми покладені в основу очищення рідини від твердої фази?
2. Як називається поділ рідких неоднорідних систем шляхом виділення з рідкої фази твердих або рідких завислих частинок під дією сили тяжіння, відцентрової сили.
3. Під дією якої сили відбувається осадження відстоюванням?
4. Назвіть основні способи очищення рідини.
5. Що називається коагуляцією?
6. Що називається флокуляцією?
7. Що називається флотацією?

Тема 2.3 Фільтрування стічних вод. Очищення стічних вод адсорбцією. Зворотний осмос та ультрафільтрація в розчинах стічних вод домішок, електрохімічні методи очищення стічних вод.

Адсорбційні методи широко застосовуються для глибокого очищення стічних вод від розчинених органічних речовин після біохімічного очищення, а також в локальних установках, якщо концентрація цих речовин в воді невелика і вони біологічно не розкладаються.

Апарати, у яких здійснюють процес абсорбції, називають абсорбери.

Вивчаючи електрохімічні методи очищення студенти мають розуміти ряд понять електрики та електрохімії, поняття осмосу.

Так, процес розкладу речовини під дією електричного струму при відсутності або недостатності кисню, називається електроліз.

Зворотний осмос та ультрафільтрація в розчинах стічних вод

Зворотним осмосом і ультрафільтрацією називають процеси фільтрування розчинів крізь напівпроникні мембрани, які вибірково пропускають розчинник і повністю або частково затримують молекули розчинених у них речовин під тиском, що перевищує осмотичний тиск.

В основі цих способів лежить явище осмосу - переходу розчинника (води) в розчин крізь напівпроникну мембрану.

Тиск π в розчині, що змушує розчинник переходити крізь мембрану, називають осмотичним. Створивши над розчином тиск p_1 , рівний осмотичному, осмос припиняється і настає стан рівноваги. Якщо над розчином створити надлишковий тиск p_2 , що перевищує осмотичний тиск π на величину Δp , то перехід розчинника буде здійснюватися в зворотному напрямку і тоді процес називають зворотним осмосом.

Величина осмотичного тиску π (в Па) для розчинів визначається за рівнянням Вант-Гоффа

$$\pi = \beta R T C / M,$$

де $\beta = (1 + \alpha)$ - коефіцієнт Вант-Гоффа; α - ступінь дисоціації розчиненої речовини; R - газова стала; T - абсолютна температура розчину, К; C - концентрація розчиненої речовини, г / дм^3 ; M - молекулярна маса розчиненої речовини, г / моль.

Механізм фільтрування крізь пористу мембрану пояснюється тим, що пори такої мембрани досить великі, щоб пропускати молекули розчинника, але занадто малі, щоб пропускати молекули розчинених речовин. При зворотному осмосі відокремлюються частинки (молекули, гідратовані іони), розміри яких не перевищують розмірів молекул розчинника.

При ультрафільтрації розмір відокремлюваних частинок $d_{\text{ч}}$ на порядок більший. В процесі ультрафільтрації мембраною затримуються високомолекулярні речовини, а низькомолекулярні речовини і розчинник вільно проходять пори мембрани. При зворотному осмосі мембраною затримуються як високомолекулярні речовини, так і велика частина низькомолекулярних речовин, а проходить пори мембрани тільки майже чистий розчинник.

Умовні межі застосування цих процесів: зворотний осмос: $d_{\text{ч}} = 0,0001 \dots 0,001$ мкм; ультрафільтрація: $d_{\text{ч}} = 0,001 \dots 0,02$ мкм; макрофільтрація: $d_{\text{ч}} = 0,02 \dots 10$ мкм.

Від звичайної фільтрації такі процеси відрізняються відділенням частинок менших розмірів. Тиск, необхідний для проведення процесу зворотного осмосу (6 ... 10 МПа).

Електрохімічні методи очищення стічних вод. Для очищення стічних вод від різних розчинних і диспергованих домішок застосовуються процеси анодного окислення і катодного відновлення, електрокоагуляції, електрофлокуляції і електродіаліз. Всі ці процеси протікають на електродах при проходженні крізь стічну воду постійного електричного струму. Електрохімічні методи дозволяють отримувати від стічних вод цінні харчі при простій технологічній схемі очищення, без використання хімічних реагентів. Основним недоліком цих методів є велика витрата електроенергії. Очищення стічних вод електрохімічними методами можна проводити періодично або безперервно.

При проходженні стічної води крізь міжелектродний простір електролізера відбувається електроліз води, поляризація частинок, електрофорез, окислювально-відновні процеси, взаємодія продуктів електролізу один з одним.

Ефективність електрохімічних методів оцінюється густиною струму, напругою, коефіцієнтом корисної використання напруги, виходом по струму, виходом по енергії.

Густина струму - це відношення струму до поверхні електрода (A / m^2 , A / cm^2). Напруга електролізера складається з різниці електродних потенціалів і падіння напруги в розчині:

$$U = e_a - e_k + \Delta e_a + \Delta e_k + \Delta U_{el} + \Delta U_{diaf},$$

де e_a і e_k - рівноважні потенціали анода і катода; Δe_a і Δe_k - величина анодної і катодної поляризації; ΔU_{el} і ΔU_{diaf} - падіння напруги в електроліті і діафрагмі.

ЛІТЕРАТУРА

1, 2, 3, 4, 9

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Назвіть основні способи очищення рідини.
2. Що називається адсорбцією?
3. Як здійснюється фільтрування стічних вод?
4. Як здійснюється очищення стічних вод адсорбцією?

Тема 2.4 Фільтрування осадів стічних вод. Відцентрове фільтрування осадів стічних вод.

Фільтрування осадів стічних вод. Фільтрування застосовують для виділення із стічних вод тонкодисперсних твердих або рідких речовин.

Поділ проводять за допомогою пористих або зернистих перегородок, що пропускають рідину, і затримують дисперсну фазу. Процес йде під

дією гідростатичного тиску стовпа рідини, підвищеного тиску над перегородкою або вакууму після перегородки.

Вибір перегородок залежить від властивостей стічної води, температури, тиску при фільтруванні та конструкції фільтра.

У якості перегородок використовують металеві перфоровані листи і сітки, тканинні перегородки з природного, штучного і синтетичного волокна. Фільтрувальні перегородки повинні мати мінімальний гідравлічний опір, механічну міцність, хімічну стійкість, вони не повинні набухати і руйнуватися при заданих умовах фільтрування.

Різницю тисків по обидва боки фільтрувальної перегородки створюють різними способами.

Або простір над суспензією поєднують з джерелом стисненого газу або простір під фільтрувальною перегородкою поєднують з джерелом вакууму, то тоді відбувається процес фільтрування при постійній різниці тисків.

При цьому швидкість процесу зменшується в зв'язку зі збільшенням опору шару осаду зростаючої товщини.

Якщо суспензію подають на фільтр поршневым насосом з постійною продуктивністю, то здійснюється процес фільтрування, при якому різниця тисків збільшується внаслідок збільшення опору шару осаду зростаючої товщини.

Якщо суспензію подають на фільтр відцентровим насосом, продуктивність якого зменшується при зростанні опору осаду, який зумовлює підвищення різниці тисків, то проводиться процес фільтрування при змінних різницях тисків і швидкості.

Фільтрування проводять при таких різницях тиску:

- під вакуумом - $5 \cdot 10^4 \dots 9 \cdot 10^4$ Па;
- під тиском стисненого повітря - не більше $3 \cdot 10^5$ Па;
- при подачі поршневым або відцентровим насосом - до $5 \cdot 10^5$ Па;
- під гідростатичним тиском - до $5 \cdot 10^4$ Па.

Процес фільтрування проводять з утворенням осаду на поверхні фільтрувальної перегородки або із закупоркою пір фільтрувальної перегородки.

Фільтрування з утворенням осаду спостерігається при досить високій концентрації твердої фази в суспензії (більше 1% об'ємно.).

Фільтрування із закупорюванням пір фільтрувальної перегородки називається висвітленням, воно відбувається при концентрації твердої фази меншій ніж 0,7 об'ємних %

При поділі суспензій з невеликою концентрацією тонко дисперсної твердої фази часто застосовують фільтрувальні допоміжні речовини, які перешкоджають проникненню твердих частинок в пори фільтрувальної перегородки. В якості допоміжних речовин використовують

тонкодисперсні або тонковолокнисті матеріали: діатоміт, перліт, азбест, целюлозу, активоване вугілля, деревне борошно.

Осадження відстоюванням відбувається під дією сили тяжіння.

Розрахунок відстійників. Відстоювання стічних вод проводять в апаратах, так званих відстійниками або згущувачі. Розрізняють горизонтальні, радіальні, вертикальні, трубчасті, пластинчасті відстійники з похилими перегородками. Горизонтальні відстійники являють собою прямокутні резервуари, що мають два або більше одночасно працюючих відділення. Вода рухається з одного кінця відстійника до іншого.

Глибина відстійника дорівнює 1,5 ... 4 м, довжина 12 ... 48 м, ширина коридору 3 ... 6 м. Горизонтальні відстійники застосовують при витраті стічної води понад 15000 м³ / д. Ефективність відстоювання досягає 60%.

Відстійники проектується в розрахунку на осадження найдрібніших частинок, що знаходяться в стічній воді. Тому час перебування стічної води в апараті має бути більший від часу осадження крейдових частинок або в межі дорівнює часу, необхідному для обмеженого осадження частинки меншого розміру на дно апарату із заданої висоти.

Продуктивність відстійника по освітленій воді $Q_{осв}$ (м³ / с) Виражається рівнянням

$$Q_{осв} = v_n B H,$$

де v_n - швидкість потоку стічної води уздовж апарату, м / с; B - ширина відстійника, м; H - висота шару освітленої води, м.

Швидкість поділу неоднорідних систем в полі відцентрових сил вища в порівнянні зі швидкістю поділу цих систем в полі сили тяжіння. Відношення відцентрової сили до сили тяжіння можна зробити порівнянням прискорень частинки домішок в відцентровому і гравітаційному полях, тому що стосовно до частинки певної маси сили пропорційні прискоренням.

Фактор поділу є важливою характеристикою гідроциклонів і центрифуг.

Для очищення стічних вод використовують напірні і відкриті гідроциклони.

В процесі очищення стічних вод доводиться мати справу з великою кількістю води, тому застосовують фільтри, для роботи яких не потрібний високий тиск. Виходячи з цього, використовують фільтри з сітчастими елементами (мікрофільтри і барабанні сітки) і фільтри з фільтруючим зернистим шаром.

Поля фільтрації це очисні споруди, які людство використовувало для очищення води вже більше п'яти сторіч.

Поля фільтрації являють собою ділянки землі площею від декількох квадратних метрів до 1,5-2 га з ухилом до 0,02, обваловані дамбами.

Ці ділянки землі влаштовуються на пісках, супісках, або легких суглинках.

До недоліків полів фільтрації відноситься заняття великих площ, можливість забруднень підземних вод і атмосферного повітря газоподібними продуктами розкладання стічних вод.

Різновидом полів фільтрації є поля підземної фільтрації, у яких на глибині 0,5-1,8 м укладаються дренажні труби.

По них очищена вода видаляється з полів фільтрації і використовується для зрошення сільськогосподарських угідь.

У процесі фільтрації води крізь породи відбувається її додаткове механічне і частково фізико-хімічне очищення.

ЛІТЕРАТУРА

1, 2, 3, 4, 9

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Назвіть основні способи очищення рідини.
2. Що називається адсорбцією?
3. Як проводять відстоювання стічних вод?

Тема 2.5 Термічні методи знешкодження мінералізованих стоків. Методи захисту літосфери

Вивчаючи тему захисту літосфери, потрібно звернути увагу на питання переробки твердих відходів, а також утилізації сміття.

Механічна переробка твердих відходів

Утилізація твердих відходів призводить до необхідності або їх розділення на компоненти з подальшою переробкою сепарованих матеріалів різними методами, або надання їм певного виду.

Після подрібнення та фракціонування, відходи перетворюються в продукти, готові для подальшого використання. Твердий матеріал можна подрібнити до частинок бажаного розміру роздавлюванням, розколюванням, розламуванням, різанням, розпилюванням, стиранням і різними комбінаціями цих способів.

Студентам потрібно розглянути проблему металобрухту в навколишньому середовищі, причини забруднення металом і його утилізацію, способи утилізації.

При цьому слід звернути увагу на питання методів знешкодження та захоронення твердих промислових відходів, на класифікацію токсичності всіх твердих промислових відходів в залежності від їх впливу на ґрунти, підземні ґрунтові води, атмосферу й здоров'я людини.

Потрібно показати, що низькотемпературний та високотемпературний піроліз є перспективними напрямками термічної обробки твердих промислових відходів, що дає можливість з успіхом

використовувати піролізні продукти в якості сировини для виробництва органічного синтезу або палива.

Потрібно розглянути питання методів і принципів захисту літосфери, пов'язуючи їх з питаннями фізики ґрунтів та фізики гранульованих систем.

Це питання пов'язане із багатьма питаннями забруднення ґрунту промисловими та побутовими відходами, питаннями побудови сміттєпереробних комбінатів, хімічним та радіаційним забрудненням внаслідок аварій на підприємствах хімічної промисловості та ядерних технологій.

З метою утилізації спочатку здійснюється **механічна переробка твердих відходів**.

Методи механічної переробки: розколювання, розламування, роздавлування та ін.

Після подрібнення та фракціонування, відходи перетворюються в продукти, готові для подальшого використання.

Захист сільськогосподарських земель включає до себе ряд методів і засобів, пов'язаних із внеском різноманітних типів добрив, засобів сільськогосподарської обробки ґрунтів (наприклад, орання плугом із передплужником переміщує забруднювальну речовину на глибину більшу від метра). Це, суттєво знижує, наприклад, радіоактивність забрудненого радіонуклідами ґрунту.

Одним із засобів очищення ґрунту, забрудненого в зоні Чорнобильської АЕС, був метод вирощування та скошування трави, яка потім знищувалася. Обробка ґрунту здійснювалася фізичними і хімічними методами за допомогою поверхнево-активних та різних хімічних речовин.

Одним з методів є зняття і видалення ґрунту з подальшим його захороненням.

Питання захисту літосфери пов'язані у цьому конспекті із питанням дезактивації та реабілітації забруднених територій, якому присвячена окрема дисципліна спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища».

ПОВОДЖЕННЯ З МУНІЦИПАЛЬНИМИ ВІДХОДАМИ

Перелік питань, що стосується поводження з муніципальними та промисловими відходами, який визначає сучасний стан сфери поводження з відходами.

Склад, властивості та класифікація відходів. Джерела утворення відходів. Принципи та організаційна структура управління відходами. Правове регулювання у сфері поводження з відходами. Законодавча та нормативна бази, нормативно-правові акти Європейського Союзу у сфері поводження з відходами. Розроблення схем санітарної очистки міст та програм поводження з побутовими відходами. Нормування об'ємів утворення і розміщення відходів. Екологічний контроль у системі

поводження з відходами. Основні характеристики відходів, що містить класифікаційний каталог відходів.

Поводження з побутовими відходами. Методи збирання та транспортування, організації системи збирання побутових відходів. Роздільне збирання побутових відходів - організація та супроводження. Методи переробки та утилізації побутових відходів. Порядок проведення процесів перероблення відходів пластмас, скла, паперу та картону, що є у складі твердих побутових відходів, на підприємствах сортування та перероблення твердих побутових відходів. Порядок проведення процесів біологічного перероблення органічної речовини, що є у складі побутових відходів (компостування, використання компосту).

Технології переробки твердих побутових відходів. Сучасні технології пакування, утилізації та знешкодження побутових відходів. Поводження з небезпечними відходами. Шляхи поведження з небезпечними відходами. Управління потоками специфічних відходів (відходи упаковки, відходи електричного та електронного устаткування, використані батареї, відходи медичних закладів). Визначення основних термінів та понять. Екологічні проблеми, що виникають під час поведження зі специфічними відходами. Особливості управління потоками специфічних відходів в Україні та країнах світу. Об'єми накопичення твердих побутових відходів. Способи знешкодження твердих побутових відходів. Основні положення проектування полігонів для знешкодження і поховання твердих побутових відходів, експлуатація полігонів та організація моніторингу в зоні захоронення відходів. Промислові технології санітарної очистки міст і населених пунктів. Закриття полігона, рекультивация і передача ділянки під подальше використання.

Основні напрямки та принципи управління у сфері поведження з відходами. Промислові методи підготовки переробки відходів. Характеристика технологічного обладнання для подрібнення відходів. Промислові методи підготовки переробки відходів. Промислові технології переробки твердих побутових відходів.

Система фінансового управління ТПВ. Максимізація фінансового важеля від наближення до ЄС: міжнародні гранти та позики. Муніципальні асоціації. Професійні мережі. Співпраця на проектній основі. Віртуальні та спільні підрозділи.

Сучасні тенденції в рішенні проблеми утилізації відходів. Способи підвищення ефективності у сфері поведження з ТПВ. Розрахунок можливого доходу від впровадження системи збору, переробки та транспортування відходів. Етапи створення самоокупної екобезпечної системи щодо збору – транспортування – сортування – утилізації твердих побутових відходів.

Надання послуг з вивезення твердих побутових відходів. Правила надання послуг з вивезення побутових відходів. Механізм надання послуг

з вивезення побутових відходів. Обсяг надання послуг. Норми надання послуг з вивезення побутових відходів. Критерії якості надання послуг та контроль якості послуг.

Частота збирання, обладнання для збирання, кількість і якість транспортних засобів. Збирання “від дверей”. Збирання двох фракцій. Система пунктів збирання. Сортивальні центри. Мінімізація утворення відходів.

Характеристика об'єкта поводження з твердими побутовими відходами. Повітряне середовище. Водне середовище. Геологічне середовище та ґрунти. Рослинний і тваринний світ.

Оцінювання впливу об'єкта поводження з твердими побутовими відходами на навколишнє природне середовище. Порядок оцінювання впливу об'єкта поводження з ТПВ на навколишнє середовище. Аналіз впливу об'єкта поводження з ТПВ на навколишнє середовище.

Заходи та технології щодо запобігання або зменшення негативного впливу об'єкта поводження з твердими побутовими відходами на навколишнє природне середовище. Заходи запобігання впливу забруднюючих речовин на повітряне, водне й геологічне середовище, на ґрунти, рослинний і тваринний світ від об'єктів поводження з ТПВ. Орієнтовні напрямки шкідливого впливу об'єктів поводження з ТПВ на природне середовище.

ПОВОДЖЕННЯ З ПРОМИСЛОВИМИ ВІДХОДАМИ

Сучасний стан проблеми промислових відходів. Визначення основних термінів і понять. Законодавча та нормативна бази у сфері поводження з відходами. Сучасні проблеми, які пов'язані з промисловими відходами. Основні закономірності утворення промислових відходів, методи їх переробки і розміщення. Державна стандартизація в сфері поводження з відходами. Суб'єкти в сфері поводження з відходами. Ліміти на утворення й розміщення ТПВ. Плата за забруднення навколишнього природного середовища. Нормативно-методичне забезпечення санітарного очищення міст і населених пунктів.

Джерела утворення відходів, класифікація й методи їх переробки. Джерела утворення відходів. Класифікація промислових відходів. Методи переробки промислових відходів. Основні напрями поводження з промисловими відходами. Технології розміщення твердих промислових відходів. Гідравлічний спосіб розміщення відходів. Сухий спосіб розміщення відходів. Полігони промислових відходів. Терикони. Зберігання і видалення промислових відходів. Технологія складування твердих промислових відходів. Полігони токсичних промислових відходів.

Утилізація відходів паливно-енергетичного комплексу. Відходи видобування вугілля. Відходи збагачення вугілля. Золошлакові відходи. Радіоактивні відходи ядерно-паливного циклу. Утилізація відходів металургійного комплексу. Відходи видобування залізної руди. Відходи

збагачення залізної руди. Металургійні шлаки. Пил і шлами металургії. Утилізація відходів машинобудівного комплексу. Відходи гальванічних виробництв. Горіла формувальна земля. Лом і відходи чорних і кольорових металів. Утилізація відходів хімічного виробництва. Відходи виробництва фосфору, фосфорної кислоти і фосфорних добрив. Відходи виробництва калійних добрив. Відходи виробництва кальцинованої соди. Відходи виробництва сульфатної кислоти. Відходи коксохімічного виробництва. Відходи виробництва і споживання пластмас. Відходи виробництва і споживання гуми. Відходи, що містять нафтопродукти. Утилізація відходів переробки деревини. Матеріали з відходів деревини на основі мінеральних в'язучих. Матеріали з відходів деревини на основі органічних сполучних і без застосування сполучних. Використання відходів деревини в різноманітних напрямках. Утилізація відходів виробництва будівельних матеріалів. Будівельне сміття. Регламент щодо поводження з будівельним сміттям. Повторне використання перероблених відходів. Коротка характеристика основних будівельних матеріалів, для виробництва яких використовують відходи. Керамічні матеріали та вироби. В'язучі речовини. Штучні кам'яні матеріали на основі в'язучих речовин.

ЛІТЕРАТУРА

1,2, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Які фізичні механізми покладені в основу очищення ґрунту?
2. Яка вибірна здатність ґрунту?
3. Назвіть основні фізичні властивості ґрунтів
4. Які водні властивості та водний режим ґрунту?
5. Походження і склад мінеральної та органічної частини ґрунту
6. Яка загальна схема ґрунтоутворного процесу?
7. Назвіть основні водні властивості ґрунтів
8. Водний режим ґрунту, закон Дарсі.
9. Теплові властивості й тепловий режим ґрунту
10. Повітряні властивості та повітряний режим ґрунту
11. Походження і систематика ґрунтів.
12. В чому полягає проблема сміття у містах України?
13. Як утилізують відходи паливно-енергетичного комплексу?

3. Енергетичне забруднення навколишнього середовища

Тема 3.1 Промислові випромінювання. Теплові випромінювання Методи захисту довкілля від енергетичних дій.

До енергетичних антропогенних забруднень належать теплові викиди, шум, вібрація, ультразвук, електромагнітні поля, світлове, лазерне, інфрачервоне, ультрафіолетове, радіація.

Окремим розділом дисципліни є захист довкілля від енергетичних дій.

Під енергетичними діями будемо розуміти дії від механічних і акустичних коливань, від теплових випромінювань, електромагнітних полів і випромінювань. До енергетичних дій також можна віднести дію радіації.

Основним з методів захисту довкілля від енергетичних дій є захист відстанню. Тобто джерело випромінювання повинно розташовуватися від об'єкта випромінювання на достатньо великій відстані. Зрозуміло, що такий метод не завжди є зручним, або його взагалі неможливо застосувати у певних умовах. Тоді користуються іншими методами. Серед таких методів потрібно відмітити метод екранування. Між джерелом випромінювання та об'єктом, який потрібно захистити, розташовується екран, який поглинає випромінювання. Властивості матеріалу екранів, товщина екранів залежить від виду і потужності випромінювання. Тому, для застосування екранів потрібно проводити обов'язково певні розрахунки. Екрани можуть бути простими плитами, являти собою ємності з наповнювачами, наприклад, гранульованими матеріалами, або бути елементами одягу, скафандрами та ін..

Теплові апарати, які використовуються на підприємствах, є джерелами інфрачервоного випромінювання. За фізичною природою інфрачервоне випромінювання являє собою електромагнітні хвилі та потік квантових фотонів.

Ефект дії інфрачервоного випромінювання на людину залежить від довжини хвилі.

- **короткохвильове інфрачервоне випромінювання** з довжиною хвилі від 0,76 до 1,4 мкм має більшу здатність проникати через шкіру;
- **довгохвильове інфрачервоне випромінювання** з більшою довжиною хвилі поглинається в основному в епідермісі;
- **видиме** – кров'ю у шарах дерми та підшкірною жирковою клітковиною.

Поглинання інфрачервоних променів різними шарами шкіри призводить до їх нагрівання. Внаслідок цього можливе порушення теплового балансу організму людини. Інфрачервоне випромінювання негативно впливає на функціональний стан центральної нервової системи, виникають зміни у серцево-судинній системі.

Вплив інфрачервоного випромінювання на очі нерідко викликає кон'юнктивіти, помутніння рогівки, спазм зіниць, помутніння кришталика, опік сітчатки, «снігову» сліпоту. Під час опромінення очей випромінюванням інтенсивністю $4,2 \text{ кВт/м}^2$ температура рогівки може досягати 40°C і більше. Постійна дія такого випромінювання на очі викликає професійне захворювання – катаракту.

Під дією інфрачервоного випромінювання виникають гострі та хронічні захворювання. Відчуття розслабленості і зниження уваги працівників, які знаходяться в зоні дії теплового променевого потоку, можуть бути непрямою причиною виробничого травматизму.

Тепловий ефект впливу інфрачервоного випромінювання на людину залежить від багатьох чинників, серед яких:

- Ø температура джерела випромінювання,*
- Ø його площа, кут падіння променів,*
- Ø площа опромінюваної поверхні,*
- Ø тривалість опромінювання,*
- Ø вид одягу.*

Згідно ГОСТ 12.1.005-88, інтенсивність теплового опромінювання працівників від нагрітих поверхонь технологічного устаткування, освітлювальних приладів, інсталяції на постійних і не постійних робочих місцях не повинна перевищувати:

- 35 Вт/м^2 у разі опромінювання 50 % поверхні тіла і більше;
- 70 Вт/м^2 – якщо величина опромінювання від 20 до 50 %;
- 100 Вт/м^2 – коли опромінюється більше 25 % його поверхні.

За наявності теплового опромінювання температура повітря:

- на постійних робочих місцях не повинна перевищувати вказані в ГОСТ 12.1.005-88 верхні межі оптимальних значень для теплового періоду року ($20 - 25^\circ\text{C}$ – залежно від важкості виконуваної роботи);
- на постійних робочих місцях – верхні межі допустимих значень для постійних робочих місць ($19 - 28^\circ\text{C}$ – залежно від періоду року та важкості виконуваної роботи).

Для виключення теплових травм температура зовнішніх поверхонь технологічного устаткування чи огорожувальних пристроїв повинна бути не більше 45°C .

У гарячих цехах підприємств громадського харчування використовуються плити, відкрита поверхня для смаження яких нагрівається під час роботи до температури в межах $350 \dots 450^\circ\text{C}$. При експлуатації цих плит необхідно вживати заходи щодо захисту працівників від опромінювань.

ЛІТЕРАТУРА

1, 2, 3, 4, 5, 18, 29, 30

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Назвіть види шкідливих енергетичних випромінювань.
2. Що називається радіацією?
3. Що називається питомою радіоактивністю?
4. Як пов'язана небезпечність електромагнітних випромінювань з його частотою?
5. Які Ви знаєте дози випромінювання?
6. Які гази здійснюють функцію захисту від ультрафіолетового випромінювання Сонця?
7. Що здійснює функцію захисту від заряджених частинок космічного випромінювання?
8. Які основні властивості та різновиди іонізуючих випромінювань?
9. Радіометричні та дозиметричні вимірювання.
10. Які засоби для вимірювань радіоактивності?
11. Спектрометри іонізуючого випромінювання. Функція відгуку
12. Як здійснюється захист від гамма-випромінювання.
13. На яких принципах базується робота приладів, що реєструють іонізуюче випромінювання

Тема 3.2 Звукові випромінювання

Механічні коливання з частотою від 16 Гц і до 20000 Гц є джерелом звуку. Механічні коливання з частотою менше 16 Гц є причиною інфразвуку, який не сприймається людським вухом.

Але відомі негативні наслідки інфразвукових коливань на здоров'я живих організмів.

Наприклад, шум вітрових млинів створює низькочастотні коливання, які відлякують птахів. Інфразвукові коливання, резонуючи з коливаннями власного біоритму людини, призводять до її захворювань.

Звукове випромінювання – коливальний рух частинок пружного середовища, що поширюється у вигляді хвиль.

Фізичними параметрами звукових хвиль є інтенсивність, спектр і частотні характеристики. У біологічному аспекті звук є специфічним подразником слухового аналізатора людини і тварин.

Вище 20 кГц – ультразвукові хвилі.

Багато тварин використовують у слуховому спілкуванні звук. коливання з частотою, яка значно перевищує 20 кГц. Наприклад, собаки здатні чути звуки частотою до $4,4 \times 10^4$ Гц, щури – до $7,2 \times 10^4$ Гц, кажани – до $11,5 \times 10^4$ Гц. У природі джерелами ультразвуку можуть бути землетруси, виверження вулканів тощо. Ультразвук техногенного походження виникає при роботі ракетних двигунів, деяких типів механізмів. Випромінювання ультразвукового діапазону справляє на біологічні системи комплексний вплив – тепловий, механічний, хімічний,

електрофізіологічний. Розрізняють два основних види звукових сигналів як подразників слухового аналізатора: тони (звукові коливання постійної частоти або частоти, яка строго змінюється; у природі чисті тони бувають рідко) і шуми (хаотичне поєднання різних за силою і частотою звуків). Шум має певну частоту, або спектр (виражається у Гц), та інтенсивність (вимірюється у децибелах – дБ). При частоті інфразвукових шумів, нижчій ніж 20 Гц, виникають помітні порушення життєдіяльності організмів. Давно відома біологічна дія інфразвуку, що супроводжує деякі природні явища, – це відчуття психологічного дискомфорту, розвиток безпричинного відчуття страху, виникнення паніки серед тварин напередодні виверження вулканів, при землетрусах, перед штормами.

Подібну реакцію у тварин спричиняють звуки важких вертольотів, машин, пресів та ін. механізмів, робота яких супроводжується шумом, до спектра якого входять інфразвукові частоти.

Шум є одним із найпоширеніших несприятливих фізичних факторів середовища, що набувають соціально-гігієнічного значення у зв'язку з урбанізацією, а також механізацією та автоматизацією технологічних процесів, розвитком дизелебудування, реактивної авіації, транспорту.

Постійний шум середовища коливається в межах 35–60 дБ. Фізіологічно допустимі норми шуму 45 дБ уночі і 60 дБ удень.

Звук від транспорту, багаторазово відбиваючись від стін будівель, досягає рівня бл. 80–82 дБ. Якщо рівень шуму становить 70–80 дБ, людина починає відчувати втому, а коли перевищує межу 120–140 дБ, людині загрожує травма з незворотним ураженням органів слуху.

Високе шумове навантаження у містах призводить до зростання захворюваності на серцево-судинні, нервові та ін. хвороби. Високу здатність затримувати і поглинати значну частину звук. енергії, зокрема звуки високої частоти, мають рослини. ВООЗ розробила програму зниження шуму в містах, а також зарахувала деякі види фізичного забруднення середовища (шумове, електромагнітне випромінювання та ін.) до найважливіших екологічних проблем сучасності.

ЛІТЕРАТУРА

1,2, 3, 4, 9, 10, 29

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Назвіть види шкідливих енергетичних випромінювань.
2. Як здійснюється захист від звукових випромінювань?
3. На яких принципах ґрунтується робота приладів, що реєструють іонізуюче випромінювання?

Тема 3.3 Електромагнітні випромінювання.

Електромагнітні випромінювання – найбільш поширені випромінювання у навколишньому середовищі. Воно складається з природного випромінювання, наприклад, космічного, а також штучного, антропогенного випромінювання, наприклад, від ліній електропередач (ЛЕП), трансформаторів, радіо-і телевізійних мереж, мобільних телефонів, промислових підприємств, тощо.

При вивченні цього розділу потрібно розглянути питання біологічного впливу енергетичних дій електромагнітних хвиль.

Відома біологічна дія високих частот електромагнітних хвиль. Так, наприклад цю дію використовують у медицині для локального розігріву органічної тканини.

У побутових пічках мікрохвилі ми використовуємо для приготування їжі.

У багатьох випадках ця дія є негативною. Наприклад радіохвилі з довжиною хвилі порядку 1 см є небезпечними для людини. Негативний вплив зростає із збільшенням інтенсивності хвиль.

Залишається відкритим питання дії електромагнітних хвиль, створених мобільними телефонами.

Електромагнітне випромінювання (англ. *electromagnetic radiation*) — взаємопов'язані коливання електричного (**E**) і магнітного (**B**) полів, що утворюють електромагнітне поле а також, процес утворення вільного електромагнітного поля при нерівномірному русі та взаємодії електричних зарядів. Розповсюдження випромінювання здійснюється за допомогою електромагнітних хвиль. Електромагнітні хвилі, випромінюються зарядженими частинками, атомами, молекулами, антенами та іншими випромінювальними системами. Електромагнітне випромінювання являє собою потік фотонів, який тільки при великій їх (фотонів) кількості можна розглядати як неперервний процес.

Розрізняють вимушені (під впливом зовнішніх джерел) і власні електромагнітні коливання. У необмеженому просторі або в системах з втратами енергії можливі електромагнітні коливання з неперервним спектром частот. Просторово обмежені системи мають дискретний спектр частот причому кожній частоті відповідає один або кілька незалежних типів коливань (мод).

Представлення коливань у вигляді суперпозиції мод з неперервним або дискретним спектром можливе для довільної складної системи провідників та діелектриків, якщо поля, струм або заряди в них зв'язані між собою лінійними співвідношеннями.

Багато питань, зокрема питання впливу радіації на здоров'я людини, залишаються ще не вивченими.

Гранично допустимі рівні Електромагнітного випромінювання визначаються відповідно до Державних санітарних норм і правил захисту населення від впливу електромагнітних випромінювань, затверджених наказом Міністерства охорони здоров'я України від 01 серпня 1996 року № 239, зареєстрованих у Міністерстві юстиції України 29 серпня 1996 року за № 488/1513.

Вони стосуються напруженості поля E В/м, потужності поля Вт/м², частотних характеристик, Гц.

Несприятливу дію на організм людини мають *електромагнітні випромінювання* радіочастотного діапазону, джерелами яких є телевізійні і радіомовні станції, пристрої стільникового радіозв'язку, апарати високочастотного нагрівання і навіть побутова апаратура.

ЛІТЕРАТУРА

1, 2, 3, 4, 29, 30

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Назвіть види шкідливих енергетичних випромінювань.
2. Як пов'язана небезпечність електромагнітних випромінювань з його частотою?
3. Які гази здійснюють функцію захисту від ультрафіолетового випромінювання Сонця?
4. Як пов'язана небезпечність електромагнітних випромінювань з його інтенсивністю?

Тема 3.4 Радіоактивність, радіаційний фон. Дози випромінювань.

У цьому розділі студенти знайомляться з поняттями:

1) радіоактивність; 2) дози випромінювання. Перше поняття характеризує радіоізопад, а друге - взаємодію іонізуючого випромінювання з речовиною.

Радіоактивністю називається спонтанне перетворення одних атомних ядер в інші, що супроводжується висиланням елементарних частинок. Такі перетворення перетерплюють тільки нестабільні ядра. До числа радіоактивних процесів відносяться: 1) α -розпад, 2) β -розпад (у тому числі електронне захоплення), 3) γ -випромінювання, 4) спонтанний поділ важких ядер, 5) протонна радіоактивність.

Радіоактивність, що спостерігається у ядер, які існують у природних умовах, називається природною. Радіоактивність ядер, отриманих за допомогою ядерних реакцій, називається штучною. Між штучною і природною радіоактивністю немає принципового розходження. **Закон радіоактивного перетворення.** Окремі радіоактивні ядра

розпадаються незалежно один від одного. Тому можна вважати, що кількість ядер dN , що розпадаються за малий проміжок часу dt , пропорційна як числу наявних ядер N , так і проміжку часу dt :

$$dN = -\lambda N dt. \quad (3.1)$$

Тут λ - характерна для радіоактивної речовини константа, що називається сталою розпаду. Знак мінус узятий для того, щоб dN можна було розглядати як збільшення числа ядер, що не розпалися.

Інтегрування виразу (3.1) приводить до співвідношення

$$N = N_0 \cdot e^{-\lambda t}, \quad (3.2)$$

де N_0 —кількість ядер у початковий момент, N —кількість атомів, що не розпалися у момент часу t . Формула (3.2) виражає закон радіоактивного перетворення. Цей закон дуже простий: число ядер, що не розпалися, убуває за експонентою.

Час, за яке розпадається половина первісної кількості ядер, називається періодом піврозпаду $T_{1/2}$. Період піврозпаду для відомих у даний час радіоактивних ядер знаходиться в межах від $3 \cdot 10^{-7}$ с до $5 \cdot 10^5$

років.

$$T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \quad (3.3)$$

Часто буває, що виникаючі в результаті радіоактивного перетворення ядра нові продукти розпаду у свою чергу виявляються радіоактивними. У результаті виникає цілий ряд радіоактивних перетворень. У природі існують три радіоактивних ряди (чи сімейства), родоначальниками яких є U^{238} (ряд урану), Th^{232} (ряд торію) і U^{235} (ряд актиноурану). Кінцевими продуктами у всіх трьох випадках є ізотопи свинцю.

Природна радіоактивність була відкрита в 1896 р. французьким вченим А. Беккерелем. Великий внесок у вивчення радіоактивних речовин внесли Пьер Кюрі і Марія Склодовська-Кюрі. Було виявлено, що є три види радіоактивних випромінювань. Одне з них, що отримало назву α -випромінювання, відхиляється під дією магнітного поля в той же бік, у який відхилявся б потік позитивно заряджених частинок. Друге, що назване β -випромінюванням, відхиляється магнітним полем у протилежний бік, тобто так, як відхилявся б потік негативно заряджених частинок. Третє випромінювання, що ніяк не реагує на магнітне поле, було названо γ -випромінюванням. γ -промені являють собою електромагнітне випромінювання дуже малої довжини хвилі (від 10^{-3} до 1 А).

Альфа-розпад. Альфа-випромінювання являє собою потік ядер гелію, які називаються α – частинками. Розпад протікає за наступною схемою:



де X - хімічний символ елемента, що розпадається, (материнського ядра).

У-хімічний символ дочірнього ядра. Альфа-розпад супроводжується випромінюванням дочірнім ядром γ -променів. Зі схеми розпаду видно, що атомний номер дочірньої речовини на 2 одиниці, а масове число на 4 одиниці менше, ніж у вихідної речовини. Прикладом може бути розпад ізотопу урану, що протікає з утворенням торію.

Швидкості, з якими α -частинки вилітають з ядра, що розпалося, дуже великі (10^7 м/с); кінетична енергія - декілька МеВ. Пролітаючи через речовину, α -частинка поступово утрачає свою енергію, затрачаючи її на іонізацію молекул речовини, і, зрештою, зупиняється. На утворення однієї пари іонів у повітрі витрачається в середньому 35 еВ. Таким чином, α -частинка утворить на своєму шляху приблизно 10^5 пар іонів. Чим більша густина речовини, тим менший пробіг α -частинок до зупинки. Так, у повітрі при нормальному тиску пробіг складає кілька сантиметрів, у твердій речовині пробіг має величину порядку 10^{-3} см (α -частинки цілком затримуються звичайним листом паперу).

Кінетична енергія α -частинок виникає за рахунок надлишку енергії спокою материнського ядра над сумарною енергією спокою дочірнього ядра й α -частинки. Енергії (швидкості) α -частинок, що випромінюються даною радіоактивною речовиною, виявляються строго визначеними. У більшості випадків радіоактивна речовина випромінює кілька груп α -частинок близької, але різної енергії. Це зумовлено тим, що дочірнє ядро може виникати не тільки в нормальному, але й у збуджених станах. На Рис.3.1 наведена схема, що пояснює виникнення різних груп α -частинок (виникнення тонкої структури α -спектра), які випромінюються при розпаді ядер Bi^{212} (вісмут-212). Ліворуч на схемі зображені енергетичні рівні дочірнього ядра Tl^{208} (таллій-208). Енергія основного стану взята за нуль. Надлишок енергії спокою материнського ядра над енергією спокою α -частинки і дочірнього ядра в нормальному стані складає 6,203 МеВ. Якщо дочірнє ядро виникає в незбудженому стані, уся ця енергія виділяється у виді кінетичної енергії, причому на долю α -частинки приходить 6,086 МеВ. Якщо ж дочірнє ядро виникає в збудженому стані, енергія якого на 0,617 МеВ перевищує енергію нормального стану, то енергія, що виділяється, складає $6,203 - 0,617 = 5,586$ МеВ, і α -частинка отримає 5,481 МеВ. Подібно тому як фотон не існує в готовому вигляді в надрах атома і виникає лише в момент випромінювання, α -частинка також виникає в момент радіоактивного розпаду ядра. Залишаючи ядро, α -частинці доводиться переходити через потенціальний бар'єр, висота якого перевершує повну енергію α -частинки, рівну в середньому 6 МеВ. Зовнішня сторона бар'єра зумовлена кулонівським відштовхуванням α -частинки і дочірнього ядра. Внутрішня сторона бар'єра зумовлена ядерними силами. Досліди з розсіювання α -частинок важкими α -радіоактивними ядрами показали, що висота бар'єра помітно перевищує енергію α -частинок, що вилітають при розпаді.

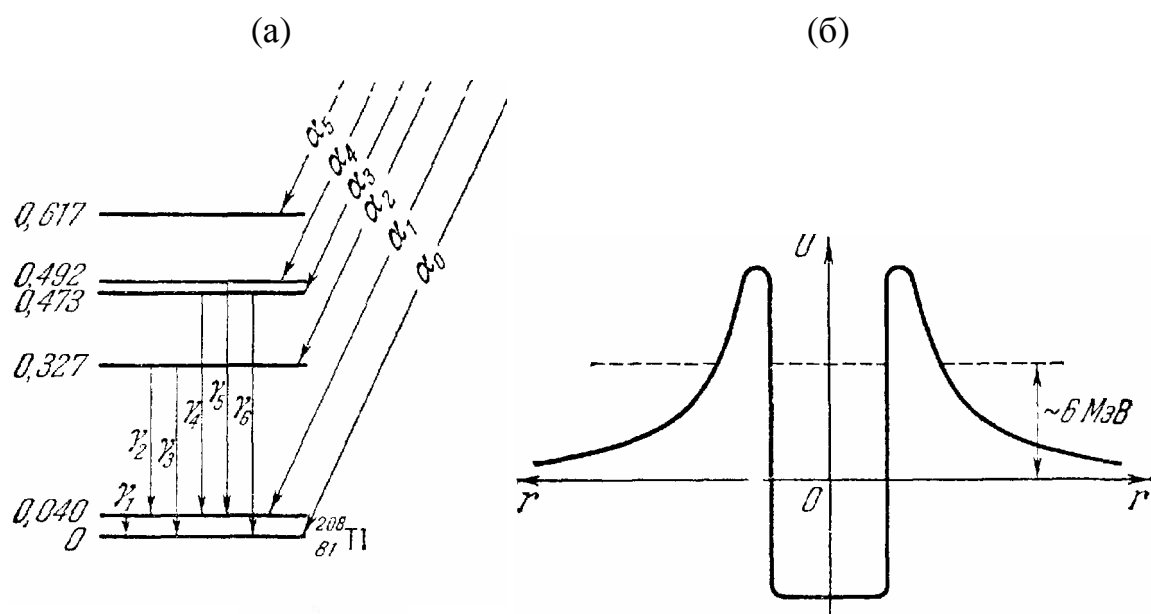
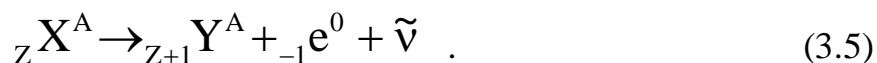


Рис. 3.1 – Характеристики α -розпаду ($^{212}\text{Bi} \xrightarrow{\alpha} ^{208}\text{Tl}$): (а) – виникнення тонкої структури α -спектра ^{212}Bi та енергетичні переходи при утворенні дочірнього ядра ^{208}Tl ; (б) – потенціальна яма для пояснення ефекту тунелювання під час α -розпаду, на прикладі ^{212}Bi .

Згідно з класичними уявленнями подолання частинкою потенціального бар'єра при зазначених умовах неможливо. Однак відповідно до квантової механіки є відмінна від нуля імовірність того, що частинка просочиться через бар'єр, як би пройшовши в бар'єрі по тунелю. Це явище називається тунельним ефектом. Теорія α -розпаду, що ґрунтується на уявленні про тунельний ефект, веде до результатів, які добре узгоджуються з даними досліду.

Бета-розпад. Існують три різновиди β -розпаду. В одному випадку ядро, що розпадається, висилає електрон, у другому - позитрон, у третьому випадку, що називається електронним захопленням, ядро поглинає один з електронів К-оболонки, значно рідше L- чи M-оболонки (відповідно говорять про К-захоплення, L-захоплення чи M-захоплення).

Перший вид розпаду (електронний розпад) протікає за схемою



Зі схеми (3.5) видно, що дочірнє ядро має атомний номер на одиницю більший, ніж у материнського ядра, масові числа обох ядер однакові.

Поряд з електроном висилається також антинейтрино $\tilde{\nu}$.

Бета-розпад може супроводжуватися випромінюванням γ -променів.

Другий вид розпаду (позитронний розпад) протікає за схемою



Як приклад можна привести перетворення азоту ${}^{13}\text{N}$ у вуглець ${}^{13}\text{C}$.



Зі схеми (3.6) видно, що атомний номер дочірнього ядра на одиницю менше, ніж материнського. Процес супроводжується висиланням позитрона $+e$ і нейтрино ν , можливо також виникнення γ -променів. Позитрон є античастинкою для електрона. Процес β -розпаду протікає так, ніби один з протонів вихідного ядра перетворюється на нейтрон, утворивши при цьому позитрон і нейтрино:

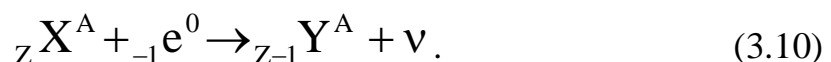


Для вільного протона такий процес неможливий з енергетичних розумінь, тому що маса протона менше маси нейтрона. Однак протон у ядрі може запозичати необхідну енергію від інших нуклонів, що входять до складу ядра.

Третій вид β -розпаду (електронне захоплення) полягає в тім, що ядро поглинає один з K-електронів (рідше один з L- чи M-електронів) свого атома, у результаті чого один з протонів перетворюється на нейтрон, випромінюючи при цьому нейтрино:



Ядро може виявитися в збудженому стані. Переходячи потім у більш низькі енергетичні стани, воно випромінює γ -фотони. Схема процесу виглядає так:



. Електронне захоплення легко виявляється завдяки супровідному його рентгенівському випромінюванню. Прикладом електронного захоплення може бути перетворення калію K^{40} в аргон Ar^{40} .

Спонтанний поділ важких ядер. У 1940 р. радянськими фізиками Г.Н.Флеровим і К.А.Петржаком був виявлений процес спонтанного поділу ядер урану на дві приблизно рівні частини. Згодом це явище спостерігалось і для багатьох інших важких ядер. По своїх характерних рисах спонтанний поділ близький до вимушеного поділу.

Протонна радіоактивність. При протонній радіоактивності ядро перетворюється, випромінюючи один чи два протони. Цей вид радіоактивності спостерігався вперше в 1963 р. групою радянських фізиків під керівництвом Г. Н. Флєрова.

Активність радіоактивної речовини. Активністю радіоактивного препарату називається число актів розпаду, що відбувається в препараті за

одиницю часу. Якщо за час dt розпадається dN ядер, то активність дорівнює

$$A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N .$$

Активність радіоактивного препарату дорівнює добутку сталої розпаду на кількість наявних у препараті ядер, що не розпалися.

У міжнародній системі одиниць (СІ) одиницею активності є 1 Бк. (Бекерель). 1 Бк = 1розпад/с. Допускається застосування позасистемних одиниць розпад/хв і кюрі (Ки). Одиниця активності, що називається кюрі, визначається як активність такого препарату, у якому відбувається $3,700 \cdot 10^{10}$ актів розпаду за секунду.

Згідно норм радіаційної безпеки НРБУ-97 за радіаційно-гігієнічними регламентами четвертої групи для техногено підсилених природних джерел контрольний рівень середньорічної ЕРОА радона-222 у повітрі приміщень складає 100 Бк/м³.

Елементи дозиметрії. На відміну від радіометрії, метою якої є визначення кінетичних характеристик радіоактивної речовини, тобто швидкості її радіоактивного розпаду, дозиметрія – це сукупність методів та засобів визначення енергетичних характеристик взаємодії іонізуючого випромінювання з речовиною, крізь яку воно проходить.

Для кількісної оцінки іонізуючого випромінювання існує поняття "доза". Розрізняють поглинуту, експозиційну, еквівалентну та ефективну дози.

а) Поглинута доза D_p - це енергія, поглинута одиницею маси речовини. Одиниця дози в системі SI - 1 Грей.

$$1 \text{ Гр} = \frac{1 \text{ Дж}}{1 \text{ кг}} .$$

Позасистемна одиниця поглинутої дози 1 рад. 1 Гр. = 100 рад.

б) Експозиційна доза X - це кількість заряду, що утворився в одиниці маси речовини при проходженні іонізуючого випромінювання. Одиниця експозиційної дози в системі SI - 1 Кл/кг, внесистемна одиниця - 1 Рентген.

$$1 \text{ Р} = 2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг} .$$

в) Еквівалентна доза H_T - це добуток поглинутої дози на ваговий коефіцієнт випромінювання k (стара назва k – коефіцієнт якості випромінювання), який показує у скільки разів біологічна дія даного випромінювання більша за дію рентгенівського. Одиниця дози в системі SI - 1 Зіверт.

$$1 \text{ Зв} = 100 \text{ бер} .$$

Еквівалентна доза

$$H_T = D_p \cdot k .$$

Експозиційна доза в 1 Рентген відповідає поглинутій дозі 8,8 мГр, або 0,88 рад, або еквівалентній дозі фотонного випромінювання 8.8 мЗв. (Коефіцієнт якості для фотонного випромінювання $k = 1$).

г) Доза ефективна (E). Міжнародна комісія з радіологічного захисту (МКРЗ) як міру радіаційного впливу на живий організм ввела ефективну дозу E, яка є сумою добутоків еквівалентних доз H_T в окремих органах і тканинах на відповідні тканеві зважувачі фактори, w_T . Ця доза визначається формулою

$$E = \sum w_T H_T, \quad (3.11)$$

де H_T - середня еквівалентна доза в T-м органі чи тканині організму; w_T - зважувачий коефіцієнт; w_T визначає внесок даного органа чи тканини в ризик несприятливих стохастичних ефектів для організму в цілому при рівномірному його опроміненні.

$$\sum w_T = 1$$

Доза випромінювання залежить від часу опромінення; з часом доза накопичується, зміна дози в одиницю часу називається потужністю дози.

Потужність дози - це відношення отриманої дози випромінювання до часу перебування в зоні випромінювання t.

$$P = dD / dt,$$

де dD – зміна дози за час dt.

Згідно нормам радіаційної безпеки (НРБ) існують середня річна ефективна доза і гранично допустима доза (ГДД).

За міжнародними нормами прийнято, що річна ефективна доза дорівнює 10 мЗв., а тижнева гранично допустима доза (ГДД) відповідає 100 мР на тиждень, або 5 бер за один квартал.

Згідно норм радіаційної безпеки НРБУ-97 за радіаційно-гігієнічними регламентами четвертої групи для техногенно підсилених природних джерел контрольний рівень середньорічної ЕРОА радона-222 у повітрі приміщень складає 100 Бк/м³.

На теперішній час використання ядерної енергії стало з одним із альтернативним видом добування електроенергії відносно палінню нафтопродуктів, газу та вугілля. Тому в деяких країнах світу споживання цього виду електроенергії складає більш 50% від загального обсягу усієї електроенергії.

Але при цьому виді діяльності створюються радіоактивні відходи (далі - РАВ), які шкідливо впливають на здоров'я населення та навколишнє природне середовище.

В Україні діють Рівненська, Хмельницька, Запорізька, Південноукраїнська атомні електростанції, які є основними джерелами створення радіоактивних відходів.

В Харківській, Дніпропетровській, Одеській, Київській областях існують спеціалізовані підприємства, які здійснюють збір, переробку та захоронення РАВ.

Тому для професійній підготовці студентів вивчення питань схову, переробки та утилізації джерел іонізуючих випромінювань є предметом окремої дисципліни, метою якої є ознайомлення студентів з правилами, нормами та стандартами, прийнятими в Україні, при поводженні з РАВ. Знайомство з діяльністю спеціальних організацій, які здійснюють утилізацію та захоронення радіоактивних відходів, для студентів ОДЕКУ здійснюється на базі Українського державного підприємства «Радон».

Підприємство «Радон» є одним із спец комбінатів України із захоронення радіоактивних відходів.

Питання переробки та утилізації радіоактивних відходів на пунктах захоронення стосуються розташування пунктів захоронення радіоактивних відходів, вимог до розміщення та обладнання пунктів захоронення. Радіаційний контроль на пунктах захоронення.

ЛІТЕРАТУРА

1, 2, 3, 4, 29, 30

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Назвіть види іонізуючих випромінювань.
2. Що називається радіацією?
3. Що називається питомою радіоактивністю?
4. Які Ви знаєте дози випромінювання?
5. Які Ви знаєте одиниці доз випромінювання?
6. Які основні властивості іонізуючих випромінювань?
7. Радіометричні та дозиметричні вимірювання.
8. Які засоби для вимірювань радіоактивності?

Тема 3.5 Захист від випромінювань. Методи захисту навколишнього середовища від промислових забруднень.

Принципи і методи захисту від енергетичних впливів. Захист від акустичних і механічних коливань. Захист від шуму. Захист від вібраційних коливань. Захист від електромагнітних полів і випромінювань. Захист від теплових і оптичних випромінювань. Захист від іонізуючих випромінювань.

Захист навколишнього середовища від механічних і акустичних коливань.

Вібрація і шум є пружними коливаннями твердих тіл, газів і рідин. Вібрація являє собою механічні коливальні рухи гармонійного виду в механічну систему. Причиною вібрації є невірноважені силові дії при роботі машин і механізмів. Основними параметрами вібрації є: частота (Гц); амплітуда зсуву (м або см); віброшвидкість (м / с); віброприскорення (м / с²); період коливань (с).

У практиці віброакустики весь діапазон частот вібрації розбивається на октавні діапазони. У кожному октавному діапазоні верхня гранична частота в два рази вище нижньої, а середня частота діапазону дорівнює квадратному кореню з добутку верхньої і нижньої частот. Середні геометричні частоти октавних діапазонів нормовані і знаходяться в інтервалі від 1 до 2000 Гц (всього 12 середньо частотних діапазонів).

За способом передачі прийнято розрізняти локальну вібрацію, яка передається через руки, і загальну вібрацію, яка передається через опорні поверхні, де сидить або стоїть людина.

Найбільш небезпечні для людини частоти коливань 6 ... 9 Гц, так як вони збігаються з власною частотою коливань внутрішніх органів людини. Розрізняють гігієнічне та технічне нормування виробничих вібрацій. При гігієнічному нормуванні вібрації проводиться обмеження параметрів виробничої вібрації робочих місць і поверхонь контакту вібронебезпечних механізмів з руками працюючого, виходячи з фізіологічних вимог; у другому випадку здійснюється обмеження рівня вібрацій з урахуванням технічно досяжного рівня захисту від вібрацій.

Нормовані параметри локальної та загальної вібрацій - середні квадратичні значення віброшвидкості і віброприскорення. Загальна вібрація нормується з урахуванням властивостей джерел її виникнення і ділиться на транспортну, транспортно-технологічну та технологічну вібрації.

Вібраційні системи складаються з елементів маси, пружності і демпфірування. У такій системі діють сили інерції, тертя, пружності і змушують.

Сила інерції дорівнює добутку маси M на її прискорення dv / dt :

$$F_M = - M dv / dt, \quad (3.12)$$

де v - віброшвидкість.

Сила F_M спрямована в бік, протилежний прискоренню.

Сила дії пружного елемента напрямлена в протилежний бік і дорівнює

$$F_G = Gx, \quad (3.12)$$

де G - коефіцієнт жорсткості пружного елемента, Н / м; $x = (x_1 - x_0)$ - зміщення кінця пружного елемента, м.

При вібрації пружних систем відбувається розсіювання енергії в навколишнє середовище, а також в матеріалі пружних елементів і в місцях з'єднань деталей конструкції. Ці втрати викликаються силами тертя (дисипативними силами), на подолання яких є незворотнім розсіювання енергії джерела вібрації.

Якщо розсіювання енергії відбувається в елементі демпфірування, тобто в середовищі з в'язким опором, то дисипативна демпфуюча сила F_s

прямо пропорційна віброшвидкості v :

$$F_s = S v, \quad (3.13)$$

де S - імпеданс (опір) елемента демпфування, Нм / с.

Імпеданс вібросистеми складається з імпедансів елемента демпфірування, маси і пружності. Імпеданс вібросистеми має мінімальне значення в резонансній області, де він визначається опором елемента демпфірування. Поза резонансної області імпедансом S можна знехтувати.

У діапазоні високих частот рух визначається віброуючою масою, M а в діапазоні низьких частот - жорсткістю системи G .

Коефіцієнт втрат енергії з урахуванням імпедансу складе

$$\eta = \omega \cdot S / G. \quad (3.14)$$

Захист від вібрації у промисловості здійснюється впливом на джерело вібрації, шляхом зниження вібрації на шляху її поширення з використанням таких методів:

- 1) Зниження вібрації шляхом зменшення або ліквідації збуджуючих сил. Це досягається шляхом виключення можливих ударів і різких прискорень.
- 2) Зміна частоти власних коливань джерела (машини або установки) для виключення резонансу з частотою вимушених коливань.
- 3) вібропоглинання (вібродемпфірування) шляхом перетворення енергії коливань системи в теплову енергію (використання матеріалів з великим внутрішнім тертям: дерево, гума, пластмаси).
- 4) Віброгасіння шляхом введення в коливальну систему додаткових мас або збільшення жорсткості системи шляхом установки агрегатів на фундамент.
- 5) Метод віброізоляції шляхом введення в систему додаткового пружного зв'язку для ослаблення передачі вібрації об'єкту захисту (суміжному елементу конструкції або робочому місцю).

До основних характеристик віброзахисних систем відносяться власна частота системи, механічний імпеданс і коефіцієнти, що визначають процеси загасання вібрацій і розсіювання енергії.

Вільна вібрація ($F_t = 0$) за відсутності сил тертя ($F_s = 0$).

За умови $F_M + F_G = 0$ визначається власна частота.

Коефіцієнт втрат енергії з врахуванням імпедансу складає

$$\eta = \omega \cdot S / G. \quad (3.15)$$

Захист від електромагнітних полів та випромінювань

У виробничих умовах на працюючих впливає широкий спектр електромагнітного випромінювання (ЕМВ). Залежно від діапазону довжин хвиль розрізняють: електромагнітні випромінювання радіочастот ($10^{-4} \dots 10^7$ м), інфрачервоне випромінювання ($7,5 \cdot 10^{-7} \dots <10^{-4}$ м), видиму

область ($4 \cdot 10^{-7} \dots 7,5 \cdot 10^{-7}$ м), ультрафіолетове випромінювання ($<4 \cdot 10^{-7} \dots 10^{-9}$ м), рентгенівське випромінювання і гамма-випромінювання ($<10^{-9}$ м) і ін.

Джерелами електромагнітних випромінювань радіочастот (ЕМВ РЧ) є пристрої індукційного нагріву металів і напівпровідників, пристрої діелектричного нагріву, телевізійні і радіолокаційні станції, антени радіозв'язку, прилади дефектоскопії.

Одиницями ЕМВ є: частота f (Гц), напруженість електричного поля E (В / м), напруженість магнітного поля H (А / м), щільність потоку енергії ППЕ (Вт / м²). У ЕМІ існують три зони, які розрізняються по віддалі від джерела ЕМВ.

Зона індукції (ближня зона) має радіус, рівний

$$R = \lambda / 2\pi, \text{ де } \lambda - \text{довжина хвилі ЕМВ.}$$

У цій зоні на людину діють незалежно один від одного напруженість електричного і магнітного полів.

Зона інтерференції (проміжна зона) має радіус

$$\lambda / 2\pi < R < 2\pi\lambda.$$

У цій зоні одночасно впливають на людину напруженість електричного і магнітного поля, а також щільність потоку енергії.

Зона власного випромінювання (далека зона) характеризується повністю електромагнітної хвилею. У цій зоні на людину діє тільки енергетична складова ЕМІ - щільність потоку енергії (ППЕ).

Радіус далекої зони становить $R \geq 2\pi\lambda$.

Оцінка впливу ЕМІ РЧ на людину здійснюється за значеннями інтенсивності ЕМВ і з енергетичної експозиції, яка визначається інтенсивністю ЕМІ і часом його впливу на людину.

В діапазоні частот 30 кГц ... 300 МГц інтенсивність ЕМВ РЧ оцінюється значеннями напруженості електричного поля E (В / м) і напруженістю магнітного поля H (А / м). У діапазоні частот 300 МГц ... 300 ГГц інтенсивність ЕМВ РЧ оцінюється значеннями щільності потоку енергії ППЕ (Вт / м², мкВт / см²).

Енергетична експозиція EE в діапазоні частот 30 кГц ... 300 МГц визначається як добуток квадрата напруженості електричного або магнітного поля на час впливу на людину:

$$EEE = E^2 \cdot T \text{ [(В / м)}^2 \cdot \text{год]};$$

$$EEN = H^2 \cdot T \text{ [(А / м)}^2 \cdot \text{год]}.$$

В діапазоні частот ЕМІ РЧ 300 МГц ... 300 ГГц енергетична експозиція визначається як добуток щільності потоку енергії на час впливу на людину

$$EE_{ппе} = ППЕ \cdot T \text{ [(Вт / м}^2 \cdot \text{год)], [(мкВт / см}^2 \cdot \text{год]}.$$

Незалежно від тривалості впливу інтенсивність ЕМВ не повинна перевищувати нормованих максимальних значень (наприклад 1000 мкВт / см² для діапазону частот 300 МГц ... 300 ГГц).

Захист працюючих і населення від ЕМВ РЧ здійснюється шляхом проведення організаційних та інженерно-технічних, лікувально-профілактичних заходів, а також використання коштів індивідуального захисту.

До організаційних заходів належать: вибір раціональних режимів роботи обладнання; обмеження місця і часу перебування персоналу в зоні впливу ЕМІ (захист відстанню і часом).

Студенти мають звернути увагу на основні засоби захисту від випромінювань – екранування, відбиття екранами, поглинання випромінювання, віддалення від джерел випромінювання, використання маніпуляторів.

Серед цих питань ключовими є питання:

- екологічні прилади та системи захисту об'єктів навколишнього середовища від зовнішніх збурень та енергетичних дій;
- багатоканальні аналізатори імпульсів, гамма-спектрометри та їх характеристики.

Студенти повинні знати методи комп'ютерної обробки спектрів, а також спеціалізовані комп'ютерні пакети для обробки спектрів. Вивчення цього розділу програми доцільно починати з розгляду роботи багатоканального амплітудного аналізатора. Сучасні аналізатори мають сотні і тисячі каналів. Кожний з зареєстрованих імпульсів знаходиться в пристрій, що їх запам'ятає. Блок детектування, до якого входить детектор іонізуючого випромінювання і фотоелектронний помножувач, розміщується у свинцевому будиночку.

Аналоговий цифровий перетворювач (АЦП), що призначений для перетворення аналогових сигналів у цифрові коди, розміщується в одному блоці з аналізатором імпульсів. Інтерфейс забезпечує зв'язок і узгодження АЦП з оперативною пам'яттю комп'ютера, на який виводяться дані вимірювань.

У комп'ютері на програмному рівні здійснюється обробка інформації, яка надходить з АЦП, побудова спектра і його аналіз, здійснюється виведення інформації на екран і принтер, забезпечується збереження інформації.

Спектрометричні програмні пакети (наприклад сімейства ЛСРМ), призначені для програмної підтримки гамма-спектрометричного аналізу за допомогою сцинтиляційних детекторів на базі багатоканальних аналізаторів, що сполучені з ЕОМ типу ІВМ РС і їх вітчизняних аналогів.

Програмні модулі, що входять до складу пакета, виконують наступні функції:

- 1) обмін даними між аналізатором і ЕОМ;
- 2) первинна обробка спектральної інформації - пошук піків і розрахунки їхніх параметрів;
- 3) ідентифікація радіонуклідів і розрахунок їх активності;

4) градування спектрометра по ефективності реєстрації. Пакет може бути доповнений програмними модулями, що дозволяють організувати банк даних результатів вимірів.

Пакет організований на основі "меню" різних рівнів. Головне "меню" включає три основних режими: 1) Вимірювання і обробка спектра; 2) Архів результатів вимірів; 3) Побудова кривої ефективності.

Для вимірювання невідомої проби вертаються в програмний модуль вимірювань. Для цього використовується файл бібліотеки і починається набір спектра. Для надійної ідентифікації радіонуклідного складу проби потрібно набрати певну (відповідну необхідній точності) кількість імпульсів. При досягненні цього значення можна зупинити процес вимірювання і обробити отриманий спектр.

ЛІТЕРАТУРА

1, 2, 3, 4, 29, 30

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Які гази здійснюють функцію захисту від ультрафіолетового випромінювання Сонця?
1. Що здійснює функцію захисту від заряджених частинок космічного випромінювання?
2. Як здійснюється захист від гамма-випромінювання.

Тема 3.6. Методи захисту довкілля від енергетичних дій. Екологічні прилади та системи захисту об'єктів навколишнього середовища від зовнішніх збурень та енергетичних дій. Захист від радіації.

Захист від радіації. Окремо потрібно проаналізувати питання захисту від радіації. При цьому потрібно мати на увазі, що різні види іонізуючого випромінювання мають різні властивості. Альфа-випромінювання, наприклад, має дуже малу довжину пробігу частинок і тому затримується тонкими екранами. Однак, дія його на біологічну тканину перевищує дію, наприклад, бета-випромінювання.

Серед цих питань ключовими є питання:

- екологічні прилади та системи захисту об'єктів навколишнього середовища від зовнішніх збурень та енергетичних дій;
- багатоканальні аналізатори імпульсів, γ -спектрометри та їх характеристики.
- прилади та системи контролю характеристик зовнішніх збурень та енергетичних дій, зокрема, контролю радіації: радіометри, дозиметри, гамма-спектрометри, багатоканальні аналізатори імпульсів та їх характеристики.

При вивченні цього розділу потрібно розглянути питання біологічного впливу енергетичних дій, зокрема впливу енергетичних дій на здоров'я людини. Студенти мають звернути увагу на основні засоби захисту – екранування, поглинання випромінювання, віддалення від джерел випромінювання, використання маніпуляторів.

Знати методи комп'ютерної обробки спектрів, а також спеціалізовані комп'ютерні пакети для обробки спектрів. Вивчення цього розділу програми доцільно починати з розгляду роботи багатоканального амплітудного аналізатора. Сучасні аналізатори мають сотні і тисячі каналів. Кожен із зареєстрованих імпульсів знаходиться в пристрої, що їх запам'ятає. Блок детектування, до якого входить детектор іонізуючого випромінювання і фотоелектронний помножувач, розміщується у свинцевому будиночку.

Проведення радіаційного моніторингу – це комплекс заходів, які включають до себе:

- отримання надійної інформації, даних вимірювань;
 - розрахунки статистичних характеристик поля забруднення за даними радіаційного моніторингу на території радіаційного об'єкта;
 - аналіз адекватності радіаційного стану середовища встановленим на Україні нормативам;
 - *статистичний аналіз надійності методів і засобів радіаційного контролю середовища при значеннях параметрів, що контролюються, порядку фонових.*

Для реєстрації ядерних частинок широко застосовуються іонізаційні методи. Іонізаційні методи базуються на здатності ядерних частинок і квантів гамма-випромінювання іонізувати атоми та молекули речовини.

На цьому методі заснована робота лічильників Гейгера-Мюлера. Лічильник Гейгера-Мюлера – це циліндричний конденсатор, поміщений у скляну трубку, наповнену газом при тиску порядку 100 мм, рт. ст.. Одним електродом служить металева нитка, іншим – провідний шар, нанесений на внутрішню поверхню трубки. Оскільки газ у трубці є діелектриком, то при напрузі, недостатньої для його пробою, і відсутності радіоактивного випромінювання струму в ланцюзі лічильника немає. Частинка, що виникає в процесі радіоактивного розпаду, попадає в простір між електродами лічильника і викликає іонізацію атомів газу. Електрони, що утворилися, і іони під дією поля спрямовуються на електроди. У ланцюзі лічильника виникає короткочасний імпульс струму.

Максимальне значення струму в імпульсі не завжди пропорційно напрузі на лічильнику, тобто не визначається законом 0ма , а залежить від режиму роботи лічильника.

За характером окремих ділянок вольт-амперної характеристики лічильника можна визначити різні режими його роботи.

Зона Гейгера є найбільш зручною в роботі для визначення кількості частинок іонізуючого випромінювання, що досліджується.

У цій області напруга досягає такого значення, що самостійний розряд починається лише при влученні в молекулу газу частинки іонізуючого випромінювання. Для того, щоб зафіксувати наступну частинку необхідно погасити виниклий розряд, підготувати тим самим лічильник до подальшої роботи. Існує два методи гасіння розряду:

а) не самогаснучі лічильники – у коло лічильника включається опір порядку 10^9 Ом, на якому відбувається спадання напруги, потенціал анода зменшується і лічильник гасне.

б) лічильники, що самогасяться – лічильник заповнюється спеціально підібраними сумішами багатоатомних газів, дія яких приводить до припинення розряду.

Гасіння лічильника здійснюється протягом деякого часу 10^{-3} - 10^{-4} с. У цей проміжок часу лічильник не реагує на частинки, що попадають в нього. Такий час називається «мертвим часом» лічильника. Величина, зворотна до «мертвого часу», називається розрізнявальною здатністю лічильника.

Залежність кількості імпульсів від прикладеної напруги при постійній дії джерела радіоактивного випромінювання називається лічильною характеристикою.

Сцинтиляційні методи ґрунтуються на здатності іонізуючого випромінювання збуджувати атоми і молекули середовища. Перехід атомів і молекул зі збудженого стану в основний супроводжується випусканням світла (видимого, ультрафіолетового). У сцинтиляційних детекторах відбувається перетворення енергії випромінювання на світловий спалах.

Сцинтиляційні детектори класифікуються за різними ознаками.

• *За механізмом виникнення світлових спалахів.* У деяких сцинтиляційних детекторах світловий спалах виникає в момент проходження випромінювання через них, тобто в дуже короткий проміжок часу (10^{-3} - 10^{-6} с). Це явище називається флуоресценцією. Для поліпшення флуоресценції в неорганічні сцинтиляційні детектори вводять атоми інших речовин, які називаються активаторами (Тl, Сl, І й ін.). Активатори вказуються в дужках після символічного позначення сцинтилятора: CsI (Тl) т.п. Активатор не є сцинтилятором, а лише утворює центри флуоресценції.

В інших сцинтиляційних детекторах під дією іонізуючого випромінювання збуджені атоми і молекули знаходяться в метастабільному (збудженому) стані тривалий час, поки не одержать додаткову енергію ззовні. Тільки додаткова енергія, що отримана, наприклад, у вигляді ультрафіолетового випромінювання, дозволяє збудженим атомам перейти в основний стан з випусканням світлових

спалахів. Це явище зветься фосфоресценцією, а речовини, у яких спостерігається ефект фосфоресценції - спалахуючими сцинтиляторами.

Сцинтиляційні детектори розрізняють:

- *За природою* - неорганічні ZnS, NaI, CsI, CaWO₄ і органічні (антрацен, стильбен, нафталін, терфеніл і ін.). C₁₄H₁₀, C₁₄H₁₂...C₁₈H₁₄.

- *За способом виготовлення.* Сцинтиляційні детектори виготовляються у виді монокристалів, які заполімеризовані у прозорій пластмасі, чи нанесені тонким шаром на скло, органічну плівку чи інший прозорий для світла матеріал. Монокристали органічних і неорганічних речовин мають найкращі параметри, але бувають складними у виготовленні, крихкі, поглинають вологу з повітря. Для збільшення терміну служби кристали поміщають у герметичні алюмінієві контейнери з оптичним виходом. Однак при наявності контейнера ускладнюються виміри випромінювань малої проникної здатності і невеликих енергій. Для реєстрації м'якого випромінювання і випромінювання з малою проникною здатністю готують рідкі сцинтилятори, розчинні в будь-якому розчиннику.

- *За агрегатним станом* сцинтилятори поділяються на тверді, рідкі і газоподібні. Прикладом газоподібного сцинтилятора є чистий ксенон, що застосовується для реєстрації уламків поділу.

- *За видом випромінювань, що реєструються:* β (м'які і тверді) сцинтилятори, γ - сцинтилятори.

Достоїнства сцинтиляційних детекторів. Сцинтиляційні детектори в даний час набули широкого застосування в дозиметрії, і роз'яснюється це наступними причинами: вони мають високу ефективність реєстрації іонізуючого випромінювання, мають пропорційність залежності яскравості світлового спалаху від енергії випромінювання, малий часом розділення, що дозволяє вимірювати великі потоки випромінювання, прості у виготовленні й експлуатації.

Сцинтиляційний лічильник – це сукупність сцинтиляційного детектора з фотоелектронним помножувачем (ФЕП), який призначений для перетворення спалахів світла, що виникають у сцинтиляторі під дією випромінювання, в електричний сигнал.

Під дією випромінювання в сцинтиляційному детекторі виникають спалахи світла, що попадають на чуттєвий шар (найчастіше сурм'яно-цезієвий) фотокатода і вибивають з нього фотоелектрони. За допомогою фокусуєчого електрода фотоелектрони попадають на перший диод, з якого вони вибивають у результаті вторинної емісії додаткові електрони.

Напівпровідникові методи засновані на здатності напівпровідникових матеріалів змінювати свою провідність під дією ядерних частинок і квантів гамма-випромінювання.

Разом із сцинтиляційними методами напівпровідникові методи найбільш широко застосовують у детекторах іонізуючого випромінювання у гамма-спектрометрії.

ЛІТЕРАТУРА

1, 2, 3, 4, 5, 29, 30

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Які гази здійснюють функцію захисту від ультрафіолетового випромінювання Сонця?
2. Що здійснює функцію захисту від заряджених частинок космічного випромінювання?
3. Як здійснюється захист від гамма-випромінювання?
4. Що являють собою сцинтиляційні детектори?
5. На яких властивостях базуються напівпровідникові методи реєстрації іонізуючого випромінювання?

ЛІТЕРАТУРА

1. Герасимов О.І. Теоретичні основи технологій захисту навколишнього середовища : Навчальний посібник. Одеса: ТЕС, 2018. 228 с.
2. Курятников В.В. Інженерно-фізичні аспекти захисту навколишнього середовища : Конспект лекцій. Одеса: ОДЕКУ, 2017. 51 с.
3. Герасимов О.І., Кільян А.М. Елементи фізики довкілля: Радіоекологія : Конспект лекцій. Одеса: ОДЕКУ, 2003. 134 с.
4. Герасимов О.І. Елементи фізики довкілля : Навчальний посібник. Одеса: ТЕС, 2004. 144 с.
5. Герасимов О.І. Радіоекологія за галузями : Підручник. Одеса: ТЕС, 2016. 100 с.
6. Ратушняк Г.С. Теоретичні основи технології очищення газових викидів. Вінниця: ВДТУ, 2002. 96 с.
7. Ратушняк Г.С., Лялюк О.Г. Засоби очищення газових викидів. Навчальний посібник. Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. 207 с.
8. Ветошкин А.Г. Процессы и аппараты пылеочистки : уч. пособ. Пенза: Изд-во Пенз. гос. Ун-та, 2005. 210 с.
9. Ветошкин А.Г., Таранцева К.Р. Технологии защиты окружающей среды. (Теоретические основы) : Учебное пособие. Пенза, 2004. 249 с. <http://window.edu.ru/resource/888/36888/files/stup114.pdf>
10. Батлук В. А. Акустичні пиловловлювачі. Львів: Афіша, 2000. 208 с.
11. Качан В. Н., Акишина А. Г. Теоретические основы очистки воздуха. Макеевка: Дон РАСА, 2003. 130 с.
12. Природоохоронні технології. навчальний посібник. Ч.2: методи очищення стічних вод / Петрук В.Г., Северин Л.І., Васильківський І.В., Безвозюк І.І. Вінниця: ВНТУ, 2014. 254 с.
13. Гомеля М.Д., Радовенчик В.М., Шаблій Т.О. Основи проектування очисних споруд: Навч. посіб. К.: ТОВ „Інфодрук”, 2013. 175 с.
14. Клименко Л.П. Техноэкология. Симферополь: Таврия, 2000. 542 с.
15. Лялюк О.Г., Ратушняк Г.С. Моніторинг довкілля. Вінниця: ВДТУ, 2004. 140 с.
16. Рыбаков Ю.С. Процессы и аппараты защиты окружающей среды: конспект лекций. Екатеринбург, 2005. 196 с. Електронне - <http://www.twirpx.com/file/1472984/>
17. Кузьмина Р.И. Техника защиты окружающей среды. Изд-во Саратовского университета, 2010. 105 с.
18. Машкевич В.П., Кудрявцева А.В. Защита от ионизирующих излучений. М.: Энергоатомиздат, 1982. 562 с.
19. Шейн Е.В. Курс физики почв : Учебник. М.: Изд-во МГУ, 2005. 432 с.
20. Кобзарь И.Г., Козлова В.В. Процессы и аппараты защиты окружающей среды: Курс лекций. Ульяновск: УлГТУ, 2007. 68 с. Електронне - <http://venec.ulstu.ru/lib/disk/2007/140.pdf>

21. Герасимов О.І. Фізика гранульованих матеріалів : Монографія. Одеса: ТЕС, 2015. 264 с.
22. Управління та поводження з відходами: підручник / Шаніна Т.П., Губанова О.Р., Клименко М.О., Сафранов Т.А., Коріневська В.Ю., Бедункова О.О., Волков А.І. За ред. Т.А.Сафранова, М.О. Климента. Одеса: Вид-во Екологія, 2012. 270 с.
23. Управління та поводження з відходами. Частина 2. Тверді побутові відходи. Навчальний посібник / В. Г. Петрук, І. В. Васильківський, С.М. Кватернюк, П.М. Турчик, В.А. Іщенко, Р.В. Петрук. Вінниця: ВНТУ, 2015. 100 с.
24. Управління та поводження з відходами. Частина 3. Полігони твердих побутових відходів: навчальний посібник / Петрук В. Г., Васильківський І. В., Іщенко В. А. Петрук Р.В. Вінниця : ВНТУ, 2016. 137 с.
25. Управління та поводження з відходами. Частина 4. Технології переробки твердих побутових відходів: навчальний посібник / Петрук В. Г., Васильківський І. В., Іщенко В. А. Петрук Р.В. Вінниця : ВНТУ, 2016. 234 с.
26. Петрук В. Г. Зведений звіт про стан організації інтегрованого управління та поводження з твердими побутовими відходами у м. Вінниці та Вінницькій області / В. Г. Петрук, О. В. Мудрак. Вінниця, 2006. 64 с.
27. Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 8 листопада 2017 р. № 820-р.
28. Радовенчик В.М., Гомеля М.Д. Тверді відходи: збір, переробка, складування. К.: Кондор, 2010. 549 с.
29. Широков Ю.М., Юдин Н.П. Ядерная физика. М.: Наука, 1980. 728 с.
30. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97) : Державні гігієнічні нормативи. К.: Відділ поліграфії Українського центру держсанепіднагляду МОЗ України, 1997. 121 с.
31. Репозитарій ОДЕКУ - <http://eprints.library.odku.edu.ua/>

Методичне забезпечення дисципліни

1. Курятников В.В., Співак А.Я., Кільян А.М. Конструювання та інженерно-фізичні принципи систем захисту довкілля : Методичні вказівки до практичних робіт. Одеса: ОДЕКУ, 2019. 54 с.
2. Курятников В.В., Співак А.Я., Кільян А.М. Конструювання та інженерно-фізичні принципи систем захисту довкілля : Методичні вказівки до СРС. Одеса: ОДЕКУ, 2019. 58 с.

В.В. Курятников, А.Я. Співак, А.М. Кільян. Конструювання та інженерно-фізичні принципи систем захисту довкілля: конспект лекцій. Одеса: ОДЕКУ, 2019, 60 с. укр. мова.

Підп. до друку
Умовн. друк. арк.

Формат
Тираж

Папір друк.
Зам №

Одеський державний екологічний університет
65016, м.Одеса, вул. Львівська, 15
Надруковано з готового оригінал-макета