

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

**ТЕХНОЛОГІЯ ЗНЕШКОДЖЕННЯ І УТИЛІЗАЦІЯ ГАЗОВИХ І
ТВЕРДИХ ВІДХОДІВ У НЕОРГАНІЧНИХ ВИРОБНИЦТВАХ**

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до вивчення дисципліни для вивчення студентами спеціальності 05130101
«Хімічні технології неорганічних речовин»
хіміко-технологічного факультету

(електронне видання)

Київ 2010

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

**ТЕХНОЛОГІЯ ЗНЕШКОДЖЕННЯ І УТИЛІЗАЦІЯ ГАЗОВИХ І
ТВЕРДИХ ВІДХОДІВ У НЕОРГАНІЧНИХ ВИРОБНИЦТВАХ**

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до вивчення дисципліни для вивчення студентами спеціальності 05130101
«Хімічні технології неорганічних речовин»
хіміко-технологічного факультету

(електронне видання)

Затверджено Методичною радою НТУУ «КПІ»

Київ 2010

Методичні рекомендації до вивчення дисципліни «Технологія знешкодження і утилізація газових і твердих відходів у неорганічних виробництвах» для студентів спеціальності 7.05130101 - "Хімічні технології неорганічних речовин" хіміко-технологічного факультету / Уклад.: О.М. Синюшкін, Ю.В. Князєв – К.: НТУУ "КПІ", 2010. – 84 с.

Гриф надано Методичною радою НТУУ “КПІ”

(Протокол № _____ від _____)

Н а в ч а л ь н е в и д а н н я

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до вивчення дисципліни «Технологія знешкодження і утилізація газових і твердих відходів у неорганічних виробництвах»

(електронне видання)

для студентів спеціальності 7.05130101
“Хімічні технології неорганічних речовин”
хіміко-технологічного факультету

Укладачі:

Ю.В Князєв, кандидат технічних наук, доц.
О.М. Синюшкін, кандидат технічних наук, доц.

Відповідальний редактор
професор.

І.М.Астрелін, доктор технічних наук,

Рецензент
доцент.

Б.В. Черняєв, кандидат хімічних наук,

За редакцією укладачів

ЗМІСТ

1. Загальні відомості.....	5
2. Мета і завдання дисципліни.....	5
3. Лекції.....	6
Розділ 1. <i>Технологія знешкодження газових відходів</i>	6
Розділ 2. <i>Технологія знешкодження твердих відходів</i>	27
4. Самостійна робота студентів.....	53
5. Практичні заняття.....	54
6. Контрольна робота.....	61
7. Навчально-методичні матеріали.....	63
8. Додатки.....	64

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Дисципліна “Технологія знешкодження і утилізація газових і твердих відходів в неорганічних виробництвах” займає важливе місце в підготовці інженерів-технологів по спеціальності 7.05130101 ХТНР.

Вона формує еколого-технологічний світогляд фахівців, готує їх до грамотного виконання робіт з розробки екологічних процесів та технологічних схем, їх експлуатації та проектування.

Особлива увага у курсі приділяється методам та технологічним схемам санітарної очищення газових відходів і технологічним схемам переробки твердих відходів виробництва неорганічних речовин.

Дисципліна базується на курсах: “Процеси і апарати хімічної технології”, “Загальна хімічна технологія”, “Хімічна технологія неорганічних речовин”.

МЕТА І ЗАВДАННЯ ДИСЦИПЛІНИ

Метою даного курсу є вивчення джерел забруднення атмосфери та літосфери газовими та твердими відходами хімічної промисловості, класифікації відходів, характеристики відходів, та способів їх переробки.

Курс надає студентам основу для виконання курсових і дипломних проектів з технології неорганічних речовин з аргументованою розробкою екологічних заходів на засадах безвідходних виробництв.

Знання студентів закріплюються, а вміння розвиваються на практичних заняттях та при виконанні курсової роботи та модульних контрольних робіт і завдань на самостійну роботу в позанавчальний час.

Після вивчення курсу студент повинен **знати**: основні джерела забруднення та шкідливого впливу на навколишнє середовище – енергетичні пристрої, що спалюють тверде рідке та газоподібне паливо; підприємства металургії, хімічна та нафтопереробна промисловість, сільське господарство. Зокрема знати загальну характеристику методів технологічної і санітарної очищення газових викидів, способи очищення газу від оксидів азоту, сірковмісних сполук, оксидів вуглецю та вуглеводнів, галогенів та їх сполук, ртуті тощо. Окрім того, студенти повинні знати основні джерела забруднень твердими викидами хімічних та сумісних виробництв та засоби їх утилізації, тобто - піритні недогарки сірчаноокислотних підприємств та їх використання, утилізацію фосфогіпсу та відходів виробництва термічної фосфорної кислоти, переробку шламів виробництв глинозему і коагулянтів, відходів виробництва калійних добрив, кальцинованої соди, відходів нафтопереробних заводів.

Студенти повинні **вміти**: розрахувати приземну концентрацію оксиду сірки (IV), провести термодинамічні та кінетичні розрахунки екологічного спалювання природного газу на каталізаторах, зробити розрахунки карбамідного очищення газу від NO_2 та SO_2 , селективного очищення газу від NO_x у виробництві HNO_3 в схемах АК-72 та інших, розробляти та теоретично обґрунтовувати технології утилізації твердих шламів хімічних виробництв, проводити технологічні розрахунки процесів переробки відходів виробництва

сполук міді та неорганічних пігментів, отримання напівпродуктів із фторвмісних речовин – відходів переробки фосфатної сировини, утилізації фосфогіпсу та відходів ТФК, утилізації відходів виробництва калійних добрив та кальцинованої соди, а також процесів утилізації відходів нафтопереробних заводів.

ЛЕКЦІЇ

Розділ 1 “Технологія знешкодження газових відходів”

Тема 1.1 *Вступ, література. Сучасний стан і перспективні рішення проблем зниження та повного усунення промислових викидів в атмосферу, літосферу. Сталий розвиток суспільства.*

Тези: На сьогодні одна із глобальних проблем людства – екологічна. Науково-технічний прогрес характеризується багатьма позитивними показниками, але в той же час усе чіткіше вимальовуються й негативні сторони технічного прогресу: порушення природних екологічних процесів у біосфері; зникнення ряду видів тварин і рослин; поява небажаних генетичних наслідків.

Сьогодні людство використовує у своїй діяльності більше 55% суші і 13% річкових вод. Швидкість знищення лісів становить 18 млн. га на рік. При забудовах та гірських роботах, у результаті спустошування щорічно губиться до 70 тис. км² земель. Щорічна маса викидних аерозолів і газів становить 2 млрд. т, 700 млрд.м³ промислових і побутових стічних вод, 20 млрд. т твердих промислових і побутових відходів.

Крім того, в біосферу надходить до 50% видобутих з надр металів, 30% хімічної сировини й 67% теплоти, що виробляють ТЕС.

Зараз на практиці використовують 50 тис. хімічних сполук. Серед них 40 тис. корисних і 10 тис. токсичних. Щорічно до них додають 1-2 тис. нових.

Серед забруднень атмосферного повітря, крім оксидів вуглецю й азоту, особливе занепокоєння викликає величезне надходження газоподібного оксиду сірки (IV), що небезпечний тим, що перетворюється в сірчану кислоту.

У першу чергу, страждають від екологічних негараздів ліси. На землі залишилося 14% лісів від того, що було 200 років тому. У результаті кислотних дощів щохвилини гинуть вологі тропічні ліси розміром в 5 футбольних полів.

Зростаючі темпи індустріалізації пов'язані із чисельним ростом населення. На початку 20 століття на планеті було 1,5 млрд. людей. В 1999 р. чисельність населення зросла до 6 млрд. Щохвилини на землі народжується 250 дітей. Разом із цим, збільшується кількість міст-мільйонерів. У 1900 р. міст-мільйонерів було 30, зараз 210. Крім того, на планеті є 4 міста з населенням більше 20 млн. чоловік: Сан-Пауло, Токіо, Пекін, Нью-Йорк.

Людина прагне створити блага, одержати їх якнайшвидше і зневажає, в першу чергу, інтересами навколишнього середовища. Однак, наступить такий момент, коли виявиться, що вода, повітря, ґрунт настільки отруєні, що проживання людини стане неможливим. Зараз людство у своєму розвитку підійшло до тієї межі, коли необхідно приймати погоджене рішення щодо гострої проблеми виживання й збереження природної біосфери.

Екологія – це наука про відносини організмів або груп організмів з навколишнім середовищем. Або наука про взаємини між організмом і середовищем перебування.

Екологія має теоретичний і прикладний аспект. Підрозділи екології:

- аутекологія;
- популяційна екологія;
- синтез-екологія

Аутекологія вивчає взаємодію організмів із середовищем перебування.

Популяційна екологія – вивчає структуру динаміки взаємодії організмів із середовищем перебування.

Синтез-екологія – досліджує біоценоз.

Крім того, розрізняють екологію земну й космічну, екологію суши й водойм, екологію організмів й клітин, екологію забруднення й не забруднення. У даний час все більшого значення набуває екологія генів. Це комплексна дисципліна, що вивчає загальні закони взаємодії тіл і антропогенного впливу природного середовища на людину.

Завдання екології:

1. Дослідження закономірностей організації життя й вивчення антропогенного впливу на природну систему біосфери в цілому.
2. Створення наукової основи грамотної експлуатації ресурсів. Прогноз зміни природи в результаті діяльності людини.
3. Розробка системи заходів, що забезпечують мінімум застосування хімічних засобів боротьби зі шкідниками.
4. Регуляція чисельності живих організмів.

У процесі своєї діяльності кожний інженер буде впливати на навколишній світ. Від того, на скільки він знає закони природи, буде залежати те як він зуміє звести до мінімуму або виключити негативні наслідки своєї роботи.

Отже суспільство повинно розвиватися за принципом сталого розвитку.

Тема 1.2 Загальна характеристика методів технологічного і санітарного очищення газових викидів. Визначення ГДК, ГДВ. Розрахунки ГДВ та ГДК. Характеристика методів очищення газу від пилу. Порівняльна характеристика адсорбційних, абсорбційних і каталітичних методів очищення газів від газоподібних та пароподібних речовин.

Тези: За останні роки в усіх промислово розвинутих країнах сформувались певні способи державного впливу на захист навколишнього середовища від забруднень. Вжито заходів для створення обмежень на викид шкідливих речовин промисловими підприємствами, зокрема, шляхом встановлення гранично - допустимих концентрацій /ГДК/. Під ГДК розуміють таку концентрацію хімічної речовини, яка при щоденному впливі на людину протягом тривалого часу не викликає у її організмі будь-яких патологічних змін або захворювань. Для контролю за станом навколишнього середовища використовується моніторинг – система спостережень та оцінки стану природного середовища, що дозволяє встановити зміни цього стану під впливом антропогенних забруднень. За існуючими у багатьох країнах законами

введення в дію нового підприємства дозволено лише за умови, що воно оснащене працездатними очисними спорудами. Навколо підприємств з урахуванням шкідливості викидів встановлюється санітарно – захисна зона радіусом від 50 до 3000 м, у якій рекомендується мати зелені насадження. На межі зони концентрація шкідливих речовин не повинна бути вищою від гранично допустимої для атмосфери населених місць. На сьогоднішній день ефективною формою державного управління охороною навколишнього середовища є розробка законів та нормативних документів, що обмежують забруднення атмосфери, встановлюють штрафи та податки за заподіяння збитків природі. Штрафи та податки, стягненні з підприємств, використовуються державою на будівництво природоохоронних об'єктів.

У багатьох країнах давно створенні та функціонують відомства з охорони природи. Правовий підхід до запобігання забрудненню навколишнього середовища складається з чотирьох адміністративних правових принципів: законодавчі та нормативні акти з охорони природи; система видавання дозволів на діяльність підприємств; планування землекористування; планування заходів на випадок надзвичайних ситуацій.

Основні принципи екологічної політики країн Європейського співтовариства /ЕС/ такі:

- принцип превентивності дій: відвернути виникнення екологічних проблем легше, ніж вживати заходів щодо усунення їхніх наслідків;
- необхідно враховувати можливі наслідки для навколишнього середовища на самих ранніх стадіях процесу прийняття рішень;
- слід уникати надмірного навантаження на природу або нераціонального використання природних ресурсів, що можуть порушити екологічний баланс. Здатність природи справлятися із забрудненням обмежена;
- невід'ємною умовою ефективності зусиль з захисту та покращення навколишнього середовища є підвищення рівня наукових технічних знань;
- принцип “Платить той, хто забруднює”: витрати на відвернення та усунення шкідливих впливів на середовище повинні відноситися на рахунок відповідальних за забруднення;
- діяльність одного співтовариства не повинна погіршувати стан навколишнього середовища на території іншого;
- співтовариства повинні спільно діяти у міжнародних організаціях та сприяти реалізації міжнародних та глобальних екологічних програм;
- захист навколишнього середовища стосується кожного. З цим пов'язана необхідність розвитку екологічної освіти;
- принцип відповідального рівня заходів. Для кожної категорії забруднення слід встановити доцільний рівень дії /місцевий, регіональний, національний, міжнародний/, що найбільш відповідає типу впливу та географічній зоні, що захищається;
- національні екологічні програми дій повинні координуватися на рівні Європейського економічного співтовариства /ЄЕС/, не перешкоджаючи при цьому прогресу на національному рівні.

У підходах до вирішення екологічних проблем виявляється не лише вплив рівня розвитку індустрії та сільського господарства, а й культурні традиції, національний менталітет. Проте вже нині зрозуміло, що екологічні проблеми у Європі вийшли на перший план та їх вирішення можливе тільки на загальноєвропейському рівні.

Багаторічна безконтрольність призвела до численних негативних наслідків. Це трагедія Аральського моря, озера Байкал, Чорнобиль, надмірне забруднення морів, річок та озер, знищення лісових масивів тощо. Концентрація шкідливих речовин у повітрі в усіх індустріальних центрах та районах СНД перевищує ГДК у десятки, а то й у сотні разів. В Україні на грані екологічної кризи знаходяться Придніпров'я, Донбас, Кривбас, Північний Крим, акваторії Чорного та Азовського морів. Із 45 великих міст України лише у чотирьох концентрації шкідливих речовин у повітрі знаходяться у межах норми, а у 21 місті – перевищує у п'ятнадцять разів. Системами газоочищення обладнані лише 50% джерел викидів.

Внаслідок варварського господарювання в Україні зникло 20 тис. малих річок. Великої шкоди водному господарству завдають промислові стічні води. Лише у Дніпро їх щороку скидається 370 млн.м³, що становить 14 % від обсягів стічних вод по всій Україні. При цьому 65% річного стоку Дніпра використовуються для потреб промисловості, у той час як допускається не більш як 20%. Такий стан Дніпра може призвести до його втрати як джерела питної води.

У жалюгідному стані знаходиться земельний фонд України та її найбільше багатство – чорноземи. Нині внаслідок природної ерозії, житлового, промислового, сільськогосподарського будівництва втрачено 60% загальної площі чорноземів. У зв'язку з погіршенням екології Україна втрачає щороку 15-20% валового національного продукту, що є одним із найгірших показників у світі. За тривалістю життя Україна посідає 32 місце.

Закон України про охорону оточуючого природного середовища прийнятий у липні 1991 р. та спрямований на регулювання відносин у галузі охорони та використання природних ресурсів. Він є базовим та складається з 15 розділів:

- 1- загальні положення;
- 2- екологічні права про обов'язки громадян;
- 3- права рад народних депутатів у галузі охорони навколишнього середовища;
- 4- повноваження органів управління у галузі охорони навколишнього середовища;
- 5- спостереження, прогнозування, облік та інформація у галузі навколишнього середовища;
- 6- екологічна експертиза;
- 7- стандартизація та нормування у галузі навколишнього середовища;
- 8- регулювання використання природних ресурсів;
- 9- економічний механізм забезпечення охорони навколишнього середовища;

- 10- заходи до забезпечення екологічної небезпеки;
- 11- природні території, об'єкти, що підлягають особливому контролю;
- 12- критичні екологічні ситуації;
- 13- розв'язання суперечок у галузі охорони навколишнього середовища;
- 14- відповідальність за порушення закону про охорону природи;
- 15- міжнародні відносини України у галузі навколишнього середовища.

Згідно закону з 1991 р., запроваджено плату за викиди, що економічно стимулює проведення природоохоронних заходів.

У жовтні 1992р. вступив у дію Закон України “Про охорону атмосферного повітря”, розроблений відповідно до Закону України “Про охорону навколишнього природного середовища” та інших законодавчих актів України. Закон складається з таких розділів:

1. Загальні положення.
2. Стандартизація та нормування у галузі охорони атмосферного повітря.
3. Заходи щодо охорони атмосферного повітря.
4. Додержання вимог щодо охорони атмосферного повітря при проектуванні, будівництві та реконструкції промислових об'єктів.
5. Регулювання відносин у галузі використання атмосферного повітря.
6. Економічний механізм забезпечення охорони атмосферного повітря.
7. Державний облік та моніторинг у галузі охорони атмосферного повітря.

Заходи з запобігання правопорушень у галузі охорони атмосферного повітря розробляється та вводяться у дію Міністерством природи та Міністерством охорони здоров'я України.

Для оцінки стану атмосферного повітря встановлюються єдині для України нормативи економічної безпеки атмосферного повітря: ГДК отруйних речовин в атмосферному повітрі для людей та об'єктів оточуючого природного середовища. Ці нормативи розробляються та вводяться в дію Мінприроди та Міністерством охорони здоров'я.

Для кожного стаціонарного джерела викидів встановлюються нормативи гранично допустимих викидів /ГДВ/ забруднюючих речовин за кожною речовиною. Проекти нормативів розробляються підприємствами, установами та організаціями й затверджуються Міністерством охорони здоров'я та Мінприроди.

Підприємства, установи та організації зобов'язані вживати заходи щодо забезпечення виконання вимог та умов, передбачених у дозволах на викид забруднюючих речовин та інших шкідливих впливів, здійснювати контроль за кількістю та внеском у забруднення викидів, мати завчасно підготовлені заходи щодо охорони атмосфери на випадок аварійних ситуацій та несприятливих метеорологічних умов.

Регулювання викидів забруднюючих речовин в атмосферу здійснюється органами Мінприроди, що встановлюють для кожного стаціонарного джерела

обсяг викидів забруднюючих речовин в атмосферу. У разі недодержання цих умов робота підприємства може бути обмежена, тимчасово заборонена або припинена зовсім.

Для визначення екологічної безпеки при проектуванні, розміщенні та будівництві нових та реконструкцій діючих підприємств проводиться екологічна експертиза. При цьому введення в експлуатацію об'єктів, що не відповідають вимогам охорони атмосферного повітря, забороняється.

Для забезпечення охорони та ефективного очищення повітря вводяться організаційно – економічні заходи, що передбачають: встановлення лімітів викидів забруднюючих речовин та інших шкідливих викидів у атмосферу; встановлення нормативів та розмірів платежів за забруднення та використання повітря; надання підприємствам та громадянам податкових, кредитних та інших пільг при впровадженні ними маловідходних, безвідходних, енерго- та ресурсозберігаючих технологій.

Контроль у галузі охорони атмосферного повітря спрямовано на забезпечення додержання всіх вимог Закону “Про охорону навколишнього природного середовища”. Громадський контроль здійснюється громадськими інспекторами охорони навколишнього середовища.

Нормування викидів шкідливих речовин в атмосферу звичайно виконують за такими показниками:

- гранично допустима концентрація у точці викиду (для димаря), мг/м^3 ;
- гранично допустима концентрація у повітрі робочої зони виробничих приміщень, мг/м^3 ;
- гранично допустима концентрація у повітрі населених пунктів, мг/м^3 ;
- гранично допустимий викид, г/с ;
- тимчасово погоджений викид (ТПВ), г/с .

Для стічних вод ГДК не нормується, тому необхідний ступінь їх очищення визначається повністю станом водойми, до якої їх скидають. Під ГДК домішок у водоймах розуміють гранично – допустиму концентрацію шкідливих речовин у воді водойми, що не викликає шкідливого впливу на організм людини, а також не порушує біологічного оптимуму у водоймі.

Нормування скидань забруднюючих речовин у водойми виконуються встановленням гранично – допустимих скидань речовин із стічними водами у водойми /ГДС/.

ГДВ – це маса викидів шкідливих речовин за одиницю часу від даного джерела або сукупності джерел забруднення атмосфери з урахуванням перспективи розвитку промислових підприємств та розсіювання шкідливих речовин в атмосфері, що створює приземну концентрацію, яка не перевищує їх ГДК для населення, рослинного та тваринного світу.

Також ГДВ – це маса речовин у стічних водах, максимально допустима до відведення за встановленим режимом у даному пункті водного об'єкту за одиницю часу з метою забезпечення норм якості води у контрольному пункті. ГДВ встановлюється з урахуванням ГДК у місцях водокористування і асимілюючої здатності водного об'єкта та оптимального розподілу маси речовин, що скидаються, між водокористувачами, які скидають стічні води.

При одночасному викиді (скиданні) шкідливих речовин у санітарних нормах за токсикологічною ознакою шкідливості застосовується принцип їх активності. При цьому сума концентрації всіх речовин, виражена у частках відповідних ГДК, не повинна перевищувати одиниці:

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{ГДК_i} \leq 1,$$

де C_i та $ГДК_i$ – концентрація i -ї речовини та її граничнодопустима концентрація; n – кількість шкідливих речовин.

ГДК встановлюється для кожного джерела забруднення окремо з урахуванням значення фонових концентрацій забруднюючих речовин у повітрі від інших джерел. Інформацію про фонові концентрації одержують в органах Держкомгідромету. Якщо значення ГДВ з об'єктивних причин не може бути досягнуте на підприємстві, у цьому випадку вводиться поетапне зниження викидів речовин до значень, що забезпечують додержання ГДВ.

Норми ГДС встановлюються одночасно з дозволом на спеціальне водокористування. Органи з охорони природи затверджують підприємствам ліміти забирання свіжої води для нарахування плати за воду та нормативи ГДС. У випадках, коли водогосподарська та водоохоронна діяльність не задовольняє норм та правил використання і охорони води /забирання води перевищує встановлені норми, відсутність або неефективна робота водоочисних споруд, незадовільний технічний стан системи водопостачання підприємства/ дозвіл на спеціальне водокористування таким підприємствам не видається.

Нормативи ГДС розраховуються, як правило, у цілому по басейну річки за формулою, г/год:

$$ГДС = q_{СТ} \cdot C_{СТ},$$

де $q_{СТ}$ – максимальна годинна витрата стічних вод, м³/год; $C_{СТ}$ – концентрація забруднюючих речовин у стоках, г/м³.

Для скидання стічних вод у межах населених пунктів $C_{СТ}$ встановлюється на рівні відповідних ГДК. З метою запобігання скиданню забруднюючих речовин із стічними водами, що відводяться після охолодження агрегатів, величина $C_{СТ}$ встановлюється на рівні концентрації речовини у воді у місці збирання.

Нормативи ГДС та ГДВ затверджуються місцевими органами Мінприроди з урахуванням висновків органів Міністерства охорони здоров'я. Контроль за додержанням встановлених нормативів викидів /скидання/ забруднюючих речовин у навколишнє природне середовище включає: визначення витрат викидів та порівняння із встановленими; перевірку виконання плану заходів щодо досягнення ГДВ та ГДС; перевірку ефективності експлуатації природоохоронних споруд.

Цей контроль проводиться як відповідними підрозділами самого підприємства (відділ охорони природи, санітарно - промислові лабораторії), так і місцевими органами.

Тема 1.3 Очищення газів від оксидів азоту. Джерела забруднення і характеристика газових викидів, що містять оксиди азоту. Дія оксидів азоту на оточуюче середовище та людину. Методи очищення газів від оксидів азоту. Сорбційні методи. Окиснювальні методи.

Каталітичне відновлення оксидів азоту до азоту метаном, аміаком, фізико-хімічні основи та технологічні схеми процесу відновлення. Техніко-економічне порівняння промислових способів очищення газів від оксидів азоту (NO_x).

Тези: Оксиди азоту N_2O , NO , NO_2 відносяться до газових забруднювачів першого класу небезпеки. Вони викликають сильне подразнення слизових оболонок ока та дихальних шляхів, руйнуюче впливають на нервову систему, вражають головний мозок, викликають кисневе голодування, мають наркотичні властивості. При контакті оксидів азоту з вологою утворюється азотна (нітратна) кислота, що є складовою частиною кислих дощів. Під дією сонячних промінів оксиди азоту розкладаються з утворенням атомарного кисню (оксигену) і при наявності вуглеводнів, за відповідних метеорологічних умов утворюють фотохімічний отруйний туман – смог.

Оксиди азоту є хімічно агресивними компонентами, тому вони руйнують металоконструкції, дахи будинків, фарби, тканини та ін.

Джерела забруднення атмосфери оксидами азоту – викидні гази теплоенергетичних, металургійних підприємств, автомобільного транспорту, установок високих енергій (електронні прискорювачі, джерела γ – променів, зварювальні апарати, рентгенівські установки), азотнокислотних установок, виробництв щавлевої кислоти, нітролігніну та інших виробництв хімічної промисловості.

В Україні ГДК встановлені для системи всіх оксидів азоту в перерахунку на оксид азоту (IV). Це пов'язано з тим, що NO_2 – найбільш термодинамічно стійка сполука. ГДК в повітрі населених пунктів складає $0,085 \text{ мг/м}^3$, а в повітрі робочих зон промислових підприємств – 5 мг/м^3 .

Способи очищення газів від оксидів азоту поділені на такі класи: окислювальні, сорбційні, відновлювальні та інші.

Найбільш перспективні відновлювальні способи, оскільки дозволяють отримати більш високий ступінь очищення.

Сорбційні способи очищення використовують при високому ступені окиснення нітрозного газу $\frac{\text{NO}_2}{\text{NO}} \cdot 100 \geq 50\%$, так як NO практично нерозчинний у воді.

У сорбційних методах використовуються лужні поглинальні розчини. Вид лугу значною мірою визначає ефективність та економічність процесу санітарної очистки. Порівнюючи далі швидкість поглинання оксидів азоту для

водних розчинів КОН і CaCO_3 за однакових умов визначено, що розчин КОН абсорбує в 2,46 рази більше оксидів азоту, ніж суспензія CaCO_3 . Абсорбційна здатність лужних розчинів незначно змінюється у процесі витрати луку та накопичення у розчині солей.

Активність розчинів тим більша, чим вище рН середовища. Процес абсорбції протікає в дві стадії: 1) утворення кислот; 2) нейтралізація кислот лугами.

В лужному середовищі при $\text{pH} > 7$ кислоти, що утворюються (HNO_2 та HNO_3) з великою швидкістю вступають в реакцію нейтралізації.

В результаті цих реакцій в системі не відбувається накопичення HNO_2 і HNO_3 та швидкість абсорбції зберігається.

Для поглинання оксидів азоту запропоновані також силікагель, алюмогель, цеоліти, активоване вугілля, стирол, 3-н-бутилфосфіт, торф, лігнін, карбамідні розчини тощо. Проте при цьому ступінь очищення невеликий, установки занадто об'ємні, хоча в схемах очищення отримують побічні цінні продукти: концентровані оксиди, органо-мінеральні добрива тощо.

Основним газоочищувальним апаратом є протитічний насадочний абсорбер, в якому насадка та краплевловлювач виготовляються як пакети, зібрані з шарів тканинної нержавіючої сітки з живим перерізом 74,8%, що дозволяє проводити очищення при високих швидкостях з низьким гідравлічним опором апарату.

Окиснювальні способи очищення газів від оксидів азоту базуються на попередньому окисненні NO з послідовним поглинанням NO_2 та N_2O_3 різноманітними поглиначами. Швидкість гомогенного окиснення надзвичайно низька: вміст O_2 підвищується до 8-10%, причому тільки 1% кисню вступає в реакцію. Інтенсифікація процесу окиснення можлива шляхом підвищення швидкості окиснення NO в рідкій фазі, використанням O_3 або окисненням оксидів азоту на низькотемпературних каталізаторах.

Окиснення NO, O_2 та O_3 в рідкій фазі, кількість рідкої фази в процесі масообміну в сотні разів менші газової, тому можна значно зменшити реакційний об'єм.

Окиснення NO в рідкій фазі протікає з дещо меншою швидкістю, ніж у газовій, та лімітуючою стадією процесу є швидкість розчинення O_2 . Окиснення NO в рідкій фазі може позитивно впливати на процес абсорбції оксидів азоту лише в тому випадку, коли процес протікає паралельно з окисненням NO в газовій фазі. Підсумкова швидкість абсорбції оксидів азоту в цьому випадку може бути збільшена на 10-20 % та більше.

Швидкість реакції окиснення NO може бути підвищена, якщо її проводити з рідкими окиснювачами. В цьому випадку швидкість не буде залежати від швидкості розчинення окиснювачів у розчині, як при використанні газоподібних окиснювачів. Відомий ряд рідких окиснювачів, активність яких більша, ніж у кисню. До них належать водні розчини H_2O_2 , KMnO_4 , KBrO_3 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_4$, $(\text{NH}_4)_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, NH_4CrO_4 , KClO_3 , NaClO_3 , $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$, $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_8$, NH_4ClO_4 , $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$, HNO_3 .

Окиснення NO на каталізаторах вивчено недостатньо. Найбільш активним є гоналіт. Його каталітична активність починає виявлятися при $t > 20^{\circ}\text{C}$ та досягає максимуму при $t = 120^{\circ}\text{C}$, після чого вона знову знижується внаслідок активності реакції

Одним зі способів очищення газів від оксидів азоту є використання аміаку у якості відновника. Основною умовою каталітичного очищення є використання селективного каталізатора. У якості каталізатору використовують V_2O_5 , нанесений на активний оксид алюмінію. Вміст V_2O_5 – до 1%. Розроблений також ряд каталізаторів на основі хрому, заліза (феруму), марганцю (мангану).

Кінетика каталітичного процесу дуже складна. Порядок реакції – дробовий. Водяна пара не впливає на швидкість процесу. Кисень (окисген) гальмує відновлення, тому що його сорбція краща, ніж сорбція оксидів азоту.

Порядок за аміаком вищий, ніж за оксидами азоту, звідси є необхідним надлишок NH_3 при відновленні. Цей спосіб вимагає надлишку аміаку 20-40%.

В промисловості в якості каталізатора використовується V_2O_5 , нанесений на оксид алюмінію. Каталізатор стійкий до дії пари води та азотної кислоти. Термін дії каталізатору перевищує 4 роки. Каталізатор стійко працює при температурі $260\text{--}280^{\circ}\text{C}$. Значний недолік – надлишок аміаку при відновленні та складність його подавання. Технологічна схема проста. Головне – це підігрів суміші для реактора до температури близько 220°C та регулювання подавання аміаку.

Суть знешкодження оксидів азоту шляхом переведення їх в сполуки з низькою температурою розкладання полягає в тому, що до нітрозного газу додають газоподібний NH_3 , кількість якого еквівалентна вмісту оксидів азоту. Аерозолі нітриту та нітрату амонію мають температуру розкладання в чотири-п'ять разів меншу ніж оксиди азоту. Газ, що вміщує аерозолі, потім спрямовують в камеру допалення, що обігрівается теплом, яке виділяється при згоранні хімічного палива.

Тема 1.4 Очищення газів від сірковмісних сполук. Джерела забруднення атмосфери сірководнем та оксидом сірки /IV/. Характеристика газових викидів, що містять сірководень та оксид сірки /IV/. Дія сірковмісних сполук на оточуюче середовище та людину. Методи очищення газів від сірководню. Очищення газів сорбційними методами.

Адсорбційно-каталітичні методи знешкодження сірководню в газових викидах. Технологічна схема. Утилізація сірки. Методи очищення газів від оксиду сірки /IV/. Фізико-хімічні основи і технологічні схеми аміачних способів. Утилізація сірки. Очищення газів від сірковмісних сполук активним вугіллям. Технологічна схема. Техніко-економічне порівняння промислових способів очищення газів від сірковмісних сполук.

Тези: Оксид сірки SO_2 – безбарвний газ з характерним запахом горючої сірки. SO_2 згубно діє на організм людини, знижує утримання гемоглобіну в крові, підвищує захворювання кон'юктивітом. SO_2 здатний окиснюватися в повітрі до SO_3 і утворювати з вологою H_2SO_4 , яка викликає опіки, порушує

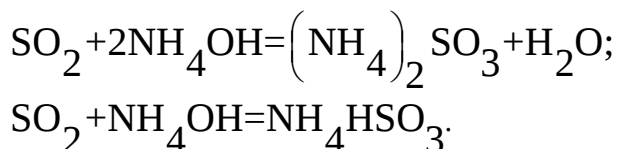
дихальні тракти. Оксид сірки (IV) виявляє пагубний вплив на звірів і рослини, порушує процес фотосинтезу і дихання рослин, викликає ушкодження листя. Під дією SO_2 відбувається корозія будівельних та конструкційних матеріалів.

Всі існуючі методи очищення газів від SO_2 , є дорогими, і вибір того чи іншого із них залежить від одержуваних побічних продуктів, реалізація яких впливає на техніко-економічні показники процесу очищення.

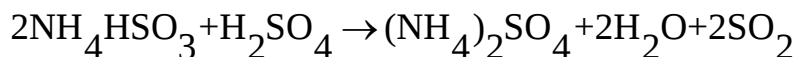
Всі відомі методи очищення газів від SO_2 можна розділити на три основні групи:

1. аміачні методи дозволяють, крім очищення, одержувати сульфат, гідросульфід амонію або висококонцентрований SO_2 ;
2. методи нейтралізації SO_2 , що дозволяють одночасно одержувати сульфати, сірчаноокислотну сіль;
3. каталітичні методи, засновані на окисненні SO_2 з одержанням розведеної сірчаної (сульфатної) кислоти.

Аміачні методи очищення засновані, в принципі, на взаємодії SO_2 з водними розчинами сульфіту амонію.

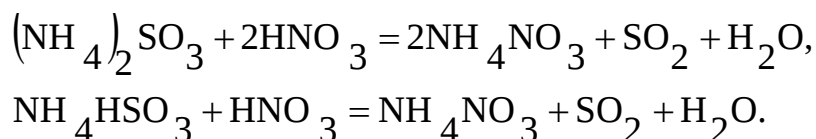


Аміачно-сірчаноокислий метод конверсії NH_4HSO_3 :



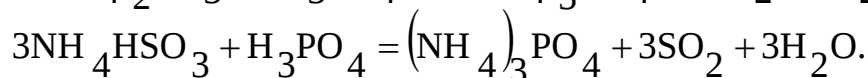
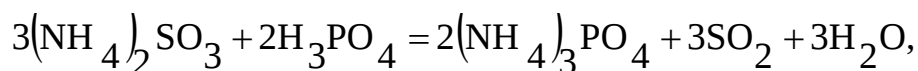
Половина уловлюваного SO_2 на спеціальній установці переробляється в H_2SO_4 , яка використовується для розкладання гідросульфіту амонію, а друга половина може бути реалізована у вигляді рідкого SO_2 або перероблена в товарну сірчану кислоту (сульфат амонію - добриво).

Аміачно-азотнокислотний переробки метод NH_4HSO_3 і $(NH_4)_2SO_3$:



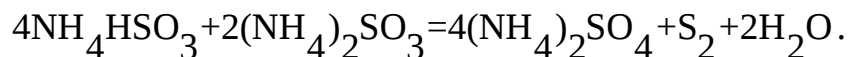
В результаті цих реакцій утворюється товарний SO_2 і аміачна селітра.

Аміачно-фосфорнокислотний спосіб переробки сульфіту і гідросульфіту амонію:

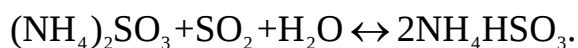


Аміачно-автоклашний метод переробки NH_4HSO_3 :

Розкладання гідросульфїту амонїю проводять в автоклавї підїгрівом до 140–150 °С в кислому середовищі:

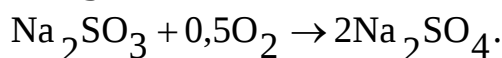
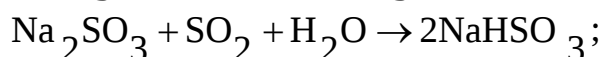
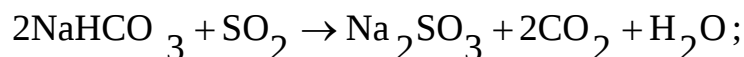
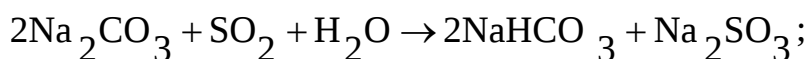


Аміачно-циклїчний метод конверсії $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_3$:

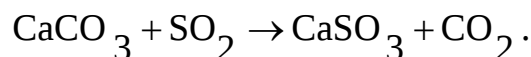
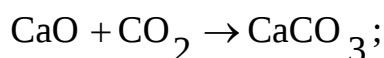
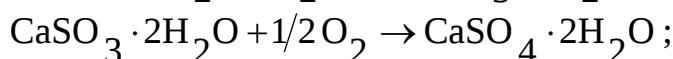
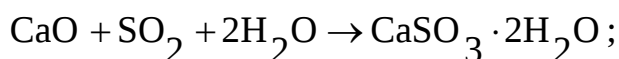
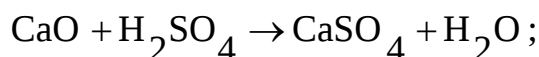


Методи очищення, застосовані на нейтралїзації SO_2 :

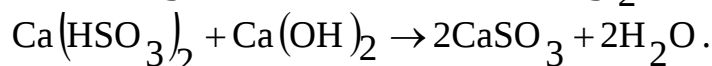
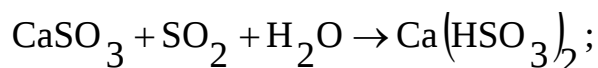
Содовий метод:



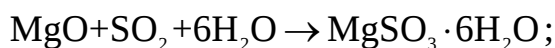
Вапняковий метод:

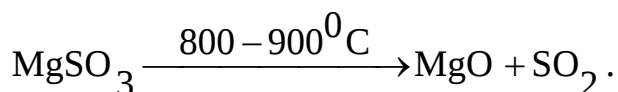


При недостатній кількості вапняку:

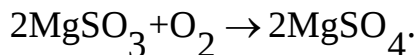


Магnezитовий метод:



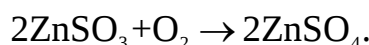
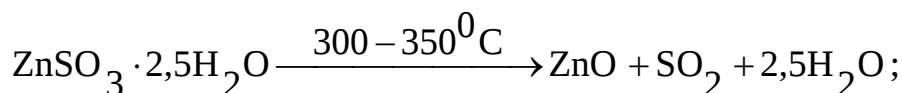
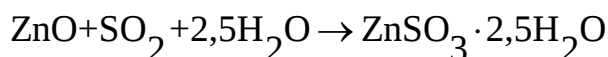


MgO повертається в цикл поглинання, а *SO₂* – на подальшу переробку.
Частка *MgSO₃* окиснюється до *MgSO₄*.



Цинковий метод:

SO₂ вбирається суспензією цинку.

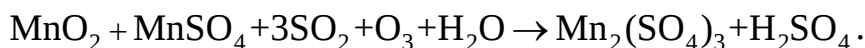


Можливі три варіанти:

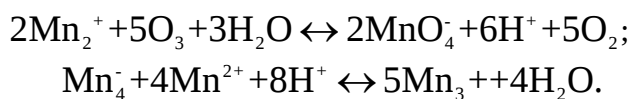
- а) видача у вигляді готової продукції *ZnSO₄* і рідкого *SO₂* (найбільш простий варіант);
- б) видача у вигляді готової продукції тільки *SO₂*;
- в) отримання *H₂SO₄* (на основі *SO₂ → SO₃ → H₂SO₄*).

Каталітичний метод очищення газів від *SO₂*:

Піролюзитний озono-каталітичний метод заснований на окисненні *SO₂* киснем в рідкій фазі в присутності каталізатора – піролюзиту (*MnO₂ + MnSO₄*).



При значному збільшенні кислотності середовища значно ускладнюється окиснення озоном сульфату мангану (II) за схемою:.



Сірководень – сильна отрута нервово-токсичної дії. Під час вдихання його в концентрації 1 мг/дм³ отруєння розвивається миттєво: судоми та втрата свідомості закінчуються швидкою смертю від зупинки дихання.

Сірководень, уловлений з газів, в залежності від методу очищення, виділяється у вигляді елементарної сірки або концентрованого газу, який каталітично переробляють у сірчану кислоту та сірку. З техніко-економічних міркувань H_2S більш доцільно переробляти в елементарну сірку, яка є дефіцитним продуктом.

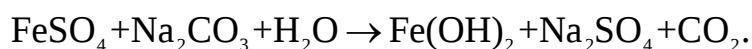
Велику групу методів очищення від H_2S складають окиснювальні методи, в яких H_2S уловлюють адсорбентом, а потім окиснюють киснем повітря з одержанням елементарної сірки:

Економічно доцільним способом є очищення газу від H_2S активованим вугіллям. Активоване вугілля не тільки адсорбує H_2S , але й каталізує реакцію окиснення H_2S до елементарної сірки.

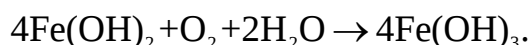
Складність використання активованого вугілля полягає в проходженні побічного екзотермічного процесу утворення H_2SO_4 :

Нейтралізацію сірчаної кислоти здійснюють аміаком. Амонійні солі вимиваються водою легше, ніж інші солі. Аміак можна вводити до системи періодично під час стадії регенерації адсорбенту або безперервно домішувати до газу, що очищається.

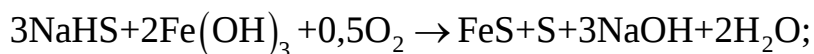
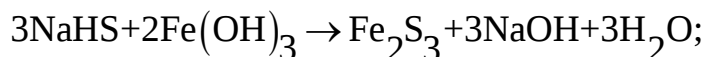
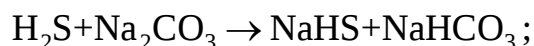
Залізо-содовий метод: У якості розчину використовується завись $\text{Fe}(\text{OH})_2$ та $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Водну суспензію готують змішуванням 10%-го розчину Na_2CO_3 з 18% розчином FeSO_4 .



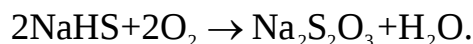
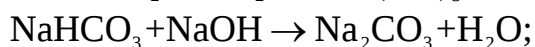
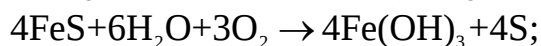
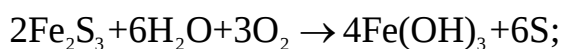
Крізь одержаний розчин пропускають повітря:



Під час очищення газу від H_2S перебігають наступні реакції:



Для регенерації вбирного розчину крізь нього пропускають повітря:



Таким чином, близько 70% H_2S переходить у елементарну сірку, а 30% окиснюється до Na_2SO_3 .

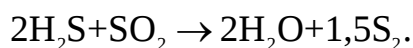
Цеоліти використовуються для очищення газу, до складу якого входить O_2 .

З експлуатаційних якостей кращими є цеоліти типу СаА. Якщо до складу газу входять сполуки органічної сірки, краще використовувати цеоліт типу NaX.

Для переробки H_2S , який одержується внаслідок десорбції з цеолітів, його окиснюють киснем повітря за способом Клауса і за варіантами цього способу.

Окиснення здійснюють за двома стадіями. В термічній стадії ведуть полум'яне окиснення H_2S з стехіометричною кількістю O_2 на $\frac{1}{3}$ при температурах 900-1350 °С. Під час цього третина H_2S окиснюється до SO_2 :

Під час каталітичної стадії перебігає реакція між H_2S та SO_2 на каталізаторі – бокситі або активному оксиді алюмінію при $t=220-250$ °С:



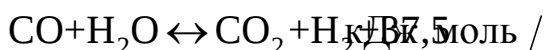
Тема 1.5 Очищення газів від оксидів вуглецю та вуглеводнів. Джерела забруднення і характеристика газових викидів, що містять оксиди вуглецю та вуглеводню. Дія цих сполук на оточуюче середовище та людину. Сорбційні методи. Фізико-хімічні основи очищення. Технологічні схеми. Каталітичні методи очищення. Низькотемпературні методи. Утилізація оксидів вуглецю.

Техніко-економічне порівняння промислових способів очищення газу від оксидів вуглецю та вуглеводнів.

Тези: Оксид вуглецю (II) – високотоксичний газ. $\text{ГДК}_{\text{CO}} = 20 \text{ мг/м}^3$. Це газ без кольору та запаху. Отруйюча дія СО заснована на тому, що з гемоглобіном він утворює стійку білкову сполуку, яка блокує кисень крові та перешкоджає кисневому обміну в організмі. СО також є тканинною отрутою.

Джерела забруднення атмосфери чадним газом – це аміачні установки, установки з газифікації рідкого та твердого палива, содові підприємства і т.ін. Враховуючи, що розчинність СО у різних розчинниках невелика, методи очищення газів від СО засновані на окисненні СО до CO_2 та на наступному поглинанні останнього.

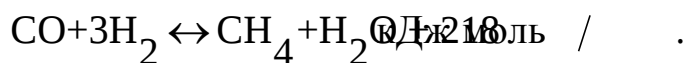
Якщо вміст СО у газі великий, як, наприклад, у синтез-газі після конверсії метану водяною парою, то доцільно перетворювати СО у CO_2 шляхом конверсії з водяною парою:



Цей процес каталітичний. Підвищення температури несприятливо впливає на рівновагу реакції. Для збільшення продуктивності процес здійснюють під підвищеним тиском.

Процес метанування використовується, якщо вміст СО в газі не більше 2%. При цьому залишковий вміст СО не перевищує 0,001%.

В основі процесу лежить реакція:

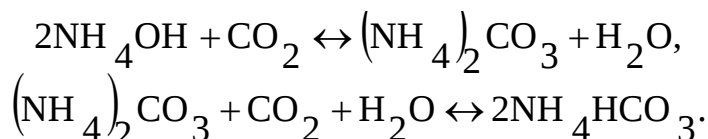


Для тонкого та повного очищення газів від СО використовують абсорбцію мідно-аміачними розчинами. Найчастіше використовують розчин формиату (ацетату та карбонату) міді.

В абсорбері проходять наступні реакції:



Розчин має слабколужний характер, тому одночасно поглинається CO_2 .



Абсорбцію здійснюють під тиском до 30 МПа. і при температурі близько 0 °С. Десорбцію проводять під атмосферним тиском і при температурі 80 °С.

Додавання до мідноаміачного розчину метанолу, етанолу, гліцерину та етиленгліколю збільшує абсорбційну здатність розчину, що дозволяє знизити тиск.

Очистка рідким азотом здійснюється при $t = -190^\circ\text{C}$ та тискові 2,0-2,6 МПа. Застосування більш високих температур пов'язане із збільшенням витрати абсорбенту та можливістю надмірного збагачення газу, що промивається, азотом (більше 25% об. N_2). Залишковий вміст СО 0,002÷0,004%. Для забезпечення безпечної праці газ перед промиванням каталітично очищають від оксидів азоту та ацетилену.

Оксид вуглецю(IV) – відносно малотоксичний газ. Проте при збільшенні його концентрації вище 3% він негативно впливає на організм людини: зростає частота дихання, з'являється головний біль, підвищується кров'яний тиск. Подальше збільшення концентрації CO_2 призводить до втрати свідомості. Вміст CO_2 в атмосфері складає 0,03% і його концентрація зростає. Джерелом забруднення атмосфери CO_2 є, серед інших, хімічна промисловість: азотнокислотні установки, содове виробництво та інші.

Абсорбція водою є одним з найбільш розповсюджених методів уловлювання CO_2 .

При збільшенні тиску розчинність CO_2 збільшується. Очищення проводять під тиском 2,5-3,0 МПа.

Основні переваги водного очищення:

1) простота обладнання; 2) низька енергомісткість; 3) низька вартість розчинника; 4) в атмосферу не викидаються токсичні речовини.

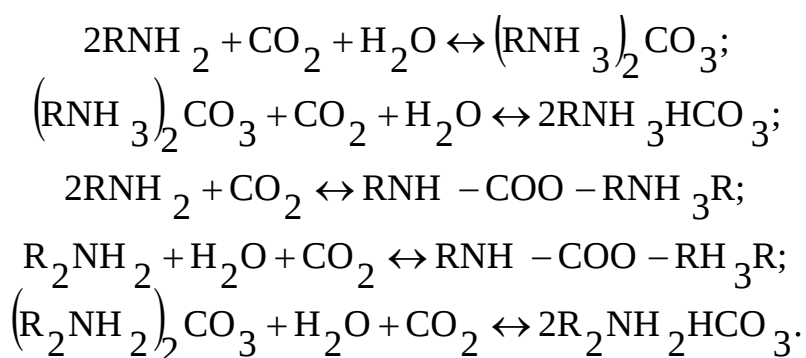
Недоліки водного очищення:

1) великі втрати газу при підвищенні тиску; 2) максимальна поглинальна здатність води: 8 кг CO₂ на 100 кг води; 3) витрати енергії на перекачування водного розчину; 4) недостатня чистота CO₂, що виділяється.

Найбільш розповсюджений спосіб поглинання CO₂ розчинами етаноламінів.

Використовують моно – , ді – та триетаноламіни.

При поглинанні проходять наступні реакції:



Частіше використовують розчин моноетаноламіну (MEA). Він має низьку вартість, легко регенерується. Але MEA вступає в необоротну взаємодію з CO. Якщо є великий відсоток CO, використовують DEА. Окрім того, MEА має відносно високий тиск пари.

Ефективним поглиначем CO₂ є й метанол. При зниженні його температури та підвищенні тиску в системі поглинальна здатність різко підвищується.

Використання цеолітів є теж ефективним методом очищення газів від CO₂. Для очищення від CO₂ використовують цеоліти типу СаА. Цей тип цеоліту зберігає свою стабільність при багатоцикловій експлуатації в слабкокислому середовищі.

Тема 1.6 Очищення газів від галогенів та їх сполук. Джерела забруднення і характеристика газових викидів, що містять фтор, хлор, бром, йод. Дія цих сполук на оточуюче середовище та на людину. Методи очищення газів від фторвмісних сполук. Сухі методи. Сорбція аміаком та содою. Технологічна схема. Фізико-хімічні основи та технологічна схема очищення газів від броду розчином бродного заліза. Очистка газу від йоду активним вугіллям.

Техніко-економічне порівняння промислових способів очищення газів від галогенів.

Тези:

Джерела забруднення атмосфери сполуками фтору – виробництво фосфорних міндобрив, безводного фториду водню, плавикової кислоти і фтористих солей, фторорганічних сполук і металічного алюмінію, керамічних

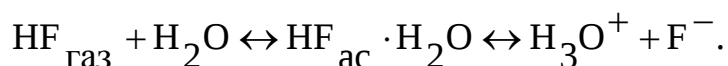
виробів, а також теплоелектростанції, які працюють на бурому та кам'яному вугіллі. Близько 90% викидів сполук фтору припадає саме на димові гази.

Розподіл фтору, який поступає з сировиною, в промисловості мінеральних добрив: 30% корисно використовуються у вигляді H_2SiF_6 , близько 6% переходить у готовий продукт, приблизно 9% губиться разом із стічними водами і 1% – з газами, які відходять. Кількість утилізованого фтору у виробництві екстракційної фосфорної кислоти (ЕФК) – 50, подвійного суперфосфату – 40, простого суперфосфату 3 – (у кг/т 100% P_2O_5). Вміст фтору у природних фосфатах досягає 3%. Близько половини зв'язаного фтору виділяється у газову фазу у вигляді HF , SiF_4 , H_2SiF_6 .

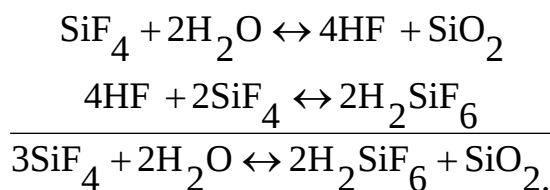
Сполуки фтору дуже токсичні. Хронічне захворювання, що виникає під дією фтористих сполук, називається "промисловим флюорозом".

Традиційними способами видалення сполук фтору з газів є сорбційні методи. Сорбенти використовуються як тверді (NaF , Al_2O_3 , KF , вапняк), так і рідкі (вода, розчини соди та аміаку, фосфорної кислоти, амонійних солей).

При розчиненні HF у воді перебігає реакція:

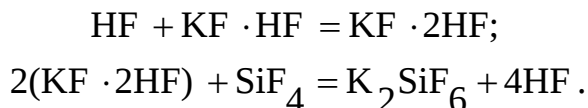


SiF_4 при контакті з водою піддається гідролізу:



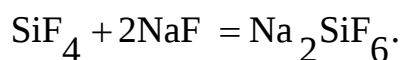
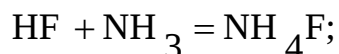
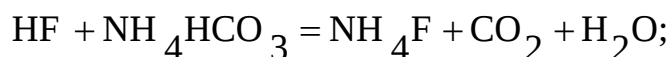
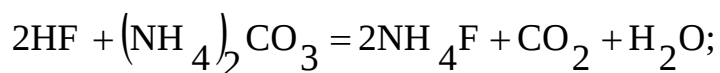
Очищення газів від фтору здійснюється в насадкових колонах, скруберах Вентурі, пінних абсорберах.

Можливе виділення HF у концентрованому вигляді шляхом абсорбції 50% розчином гідрофториду калію при $t = 105-110^\circ\text{C}$:

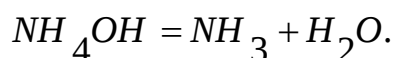
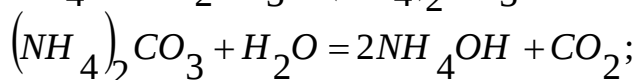
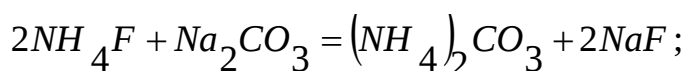


Після абсорбції HF плав $\text{KF} \cdot 2\text{HF}$ подають на десорбцію при $t = 300-350^\circ\text{C}$. Вихідні гази конденсують і отримують 92-95% плавикову кислоту, яку піддають ректифікації і отримують безводну HF . Розплав $\text{KF} \cdot \text{HF}$ направляють на приготування сорбенту.

Поглиналий розчин має розчинені фторид натрію, карбонат і гідрокарбонат амонію, аміак і фторид амонію.



Фільтрат нейтралізують содою за реакціями:



NaF випадає в осад, просушується і запаковується у вигляді товарної продукції. Фільтрат повертається на абсорбцію.

Утворення промислових газів, в яких є сполуки хлору, характерне для багатьох видів виробництв: отримання хлору, повареної солі, синтетичної соляної кислоти, кольорової металургії.

HCl, що викидається, використовують для переробки в концентровану HCl, отримання хлоридів CaCl_2 , FeCl_3 , ZnCl_2 , BaCl_2 , для гідрохлорування та окиснювального хлорування.

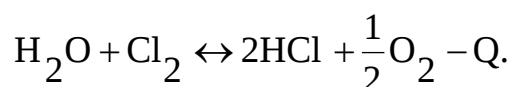
Хлор – це отрута для організму, яка викликає подразнення дихальних шляхів, викликає рак.

Джерелом виділення Br_2 є йодо-бромні виробництва.

Сухі способи очищення газів від Cl_2 не отримали широкого використання, тому що вони придатні лише для сухих незапорошених газів. В промисловості для вказаної мети використовують абсорбцію водою, водними розчинами лужних реагентів, органічних поглиначів.

Хлор добре поглинається органічними речовинами, які розчиняються у воді. Вони відносно дешеві, витрати на них на 60–70% нижчі, ніж при використанні вапна. Недоліком тільки є висока корозійна активність органічних поглинальних розчинів.

Хлорид водню видаляється з газів легше, ніж хлор, тому гази з вмістом Cl_2 вводять у факели палаючих топків, де при горінні мазуту при температурі вище 557°C має розвиток реакція:



Очищення газів від HCl водою проводять у насадкових скруберах з кільцями Рашига, розпилюючих скруберах, апаратах пінного типу. При цьому утворюється туман соляної кислоти (ступінь очищення не перевищує, як

правило, 88%) та й витоки дуже розбавлені HCl (0,4–0,25%). Очищення лужними розчинами NaOH, Na₂CO₃, CaO підвищує ефективність видалення HCl і нейтралізує витоки.

Видалення бромів з газів засноване на його поглинанні розчинами бромідів заліза, лужних або лужноземельних металів, NaOH, Na₂CO₃, K₂CO₃.

Йод з газів адсорбується вологим активованим вугіллям або аніонітом АВ-17. Після продувки адсорбера, свіжим повітрям, насичене йодом, вугілля вивантажують. З вугілля йод виділяють шляхом його десорбції.

Тема 1.7 *Очищення газів від ртуті. Джерела забруднення та характеристика газових викидів, що містять пари ртуті. Дія ртуті на оточуюче середовище та людину. Сорбційні методи очищення. Піролюзитний метод очищення. Технологічна схема.*

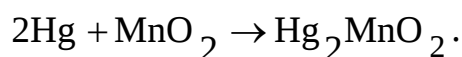
Техніко-економічне порівняння промислових способів очищення газу від ртуті.

Тези: Основним джерелом забруднення атмосфери ртуттю є ртутні заводи. У газах ртуть знаходиться у вигляді парів сульфідів та аерозолів, а також сульфату та оксиду ртуті. Пари ртуті містяться у вентиляційних газах виробництв ацетальдегіду, електрохімічних виробництв та ін.

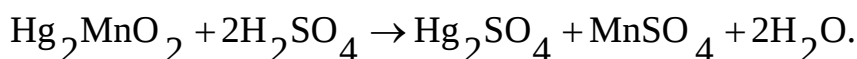
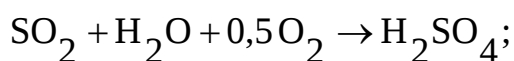
Ртуть відрізняється високою геохімічною рухомістю, за рахунок значної летючості. В земній корі вона знаходиться у розсіяному вигляді.

Способи очищення газів від ртуті засновані на контакті їх з матеріалами, здатними утримувати ртуть у хімічно зв'язаному або сорбованому стані.

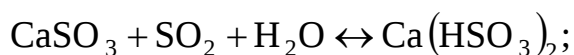
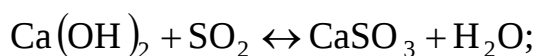
Газ пропускається крізь шар сорбенту або зрошується розчином чи суспензією реагенту. Очищенню підлягають великі об'єми газу, тому поглинач повинен бути дешевим і недефіцитним.

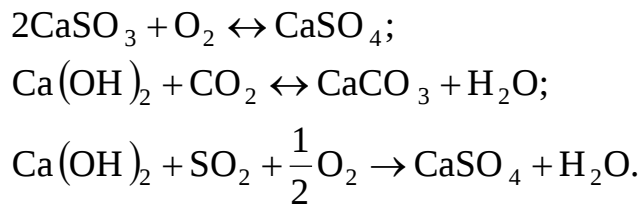


Якщо в газах присутні SO₂ або H₂SO₄:

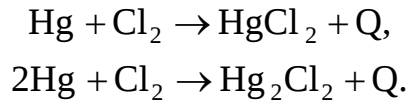


Концентрація SO₂ у газах, що викидаються, на два ступеня вище, ніж ртуті. Тому SO₂ виводять зрошенням газів суспензією вапнякового молока, щоб не витратити основну кількість піролюзиту MnO₂.



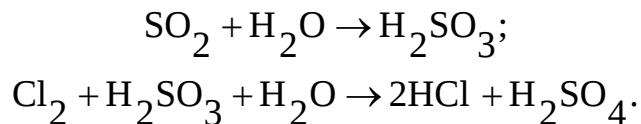


Очищення хлором можлива при відносно сухому ($\varphi < 80\%$) газі.

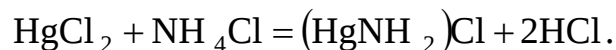


При надлишку хлору: $\text{Hg}_2\text{Cl}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{HgCl}_2$.

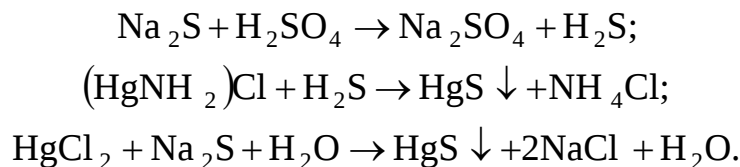
Потім газ промивають у скрубєрі водою. При цьому:



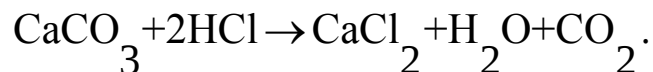
До зрошувальної води додають солі амонію, щоб зв'язати ртуть у амідохлорид.



При обробці розчином Na_2S у кислому середовищі отримують:

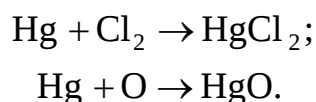


Злив з реактора нейтралізують вапняком:

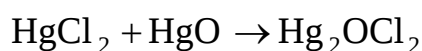


Ртуть уловлюють з газів 0,1-0,5% розчином хлорного вапна.

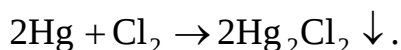
При розкладанні CaOCl_2 виділяються Cl_2 , Cl_2O і атомарний кисень (оксиген).



Створюється нерозчинний у воді хлороксид ртуті:



та каломель



Недолік способу: малий ступінь очищення від ртуті та великий вміст CO_2 у газі, що відходить (160 мг/м^3).

*Технологічні схеми за темою надані у додатку А.

Розділ 2 “Технологія знешкодження твердих відходів”

Тема 2.1 *Захист літосфери від твердих промислових забруднень. Загальні відомості про літосферу. Основні джерела утворення твердих відходів промисловості. Тверді відходи, що поступають в атмосферу, стічні води та ґрунт; аналіз їх шкідливого впливу на навколишнє середовище. Складування та зберігання твердих відходів. Екологічний моніторинг, експертиза та екологічний аудит.*

Тези: *Класифікація технологій переробки відходів.* У тих випадках, коли сучасний рівень розвитку виробництва робить економічно доцільною переробку і/або утилізацію якого-небудь відходу, для кожного з них часто пропонується декілька конкурентоспроможних технологій. Звідси витікає, що можливі методи переробки і утилізації відходів ще більш різноманітні, ніж номенклатура останніх. Дана обставина робить актуальною класифікацію способів переробки відходів. Їх можна розділити на дві групи.

Значна частина відходів переробляється спільно з первинною сировиною за схемами і на устаткуванні, призначеному для цієї сировини. Приклади: використання металобрухту в сталеплавильних агрегатах, металургійних шлаків і залізовмісних відходів у виробництві портландцементу, отримання сірчаної (сульфатної) кислоти з газів, що відходять з конвертерного, обпалювального і інших переділів заводів кольорової металургії, виробництва товарної продукції з відпрацьованих мастил і відходів нафтохімії та інше.

Технології переробки відходів, аналогічні переробці первинної сировини, можна назвати *індустріальними*.

Друга група включає способи, що набули переважного поширення в процесах спеціальної переробки вторинної сировини або захисту навколишнього середовища (повітря, води, ґрунтів). Методи цієї групи можна назвати *утилізаційними*.

Опис індустріальних технологій та їх устаткування традиційно складає основу навчальної і науково-технічної літератури. Їх класифікації за багатьма ознаками (безперервні та періодичні; гідро- та пірометалургійні; які йдуть в твердій фазі або розплаві; фізичні, хімічні і т. д.) давно склалася.

Інше становище з утилізаційними технологіями.

Для класифікації може бути прийнята необмежена кількість ознак. Проте переважає найбільш фундаментальна класифікація за характером перетворень в речовині, що забезпечують переробку відходів.

За цією ознакою всі процеси переробки і знешкодження відходів можна розділити на фізичні, хімічні, фізико-хімічні, біохімічні і комбіновані.

У фізичних процесах змінюються лише форма, розміри, агрегатний стан і деякі інші властивості відходів при збереженні їх якісного хімічного складу. Ці процеси домінують, наприклад, при подрібненні вскришних порід, хвостів збагачення, шлаків і золів, при укрупненні дрібнодисперсних матеріалів, брикетуванні рудних залишків, будівельних відходів, в магнітних і електричних методах сепарації змішаних відходів, в процесах сушки і випаровування.

Хімічні процеси змінюють фізичні властивості вихідної сировини і його якісний хімічний склад. Взаємодія, речовин в них здійснюється за стехіометричним співвідношенням згідно рівнянь реакцій, що перебігають.

Важливе місце серед хімічних процесів займають термічні способи. Для прискорення знешкодження забруднювачів або їх вилучення у всіх типах термічних перетворень можуть бути використані каталізатори.

Термічні способи передбачають теплову дію на відходи, яка призводить до зміни їх первинного складу. Види термічної дії: спалювання, газифікація, піроліз, нагрівання на повітрі, у вакуумі і т.д. Їх використовують для видалення і знешкодження органічних речовин і деяких кольорових металів, термічної стабілізації ґрунтів, спалювання будівельних відходів і т.п.

Найбільшого поширення набули перші три методи. Їх *відмінність один від одного полягає в різному ступені окисненості атмосфери, в якій вони реалізуються*. Так, спалювання горючих відходів проводять в окиснювальній атмосфері, газифікацію – в частково окиснювальній, піроліз – в неокислювальній (без доступу повітря). Окиснювальна, нейтральна, відновна атмосфера або її відсутність (вакуум) характерні також і для термічних способів переробки негорючих відходів.

Спалювання — дуже поширений метод термічної переробки відходів. Він реалізується при температурах не нижче 600 °С і відноситься до окиснювальних термічних процесів автогенного характеру.

Тверді продукти згорання відходів, як правило у вигляді золи, накопичуються в нижній частині печі і періодично вивозяться на захоронення або використовуються у виробництві в'язучих речовин.

Основним корисним продуктом спалювання відходів є зазвичай тепло газів, що відходять і використовуються як вторинні енергетичні ресурси для вироблення пари, електроенергії, гарячої води для виробничих і побутових потреб.

Газифікація як індустріальна технологія застосовується для переробки твердих, рідких і пастоподібних відходів.

Газифікація полягає в обробці вуглецьутримуючої речовини (вугілля) при 600 – 1100 °С водяною парою, киснем (повітрям) або оксидом вуглецю (IV). У відповідній паровій, кисневій, вуглекислотній або комбінованій конверсії вугілля утворюється рівноважна суміш отриманих (водню, оксидів вуглецю) і вихідних газів. Отриманий генераторний газ, синтез-газ, що включає продукт неповного окиснення вугілля (оксид вуглецю (II)), а також водень, володіє відновним потенціалом і використовується як газоподібне пальне та як сировина синтезу інших речовин.

Піроліз як спосіб, що передбачає нагрівання органічних речовин до високих температур без доступу повітря, супроводжується розкладанням високомолекулярних сполук на низькомолекулярні, рідку і газоподібну фракції, коксуванням і смолоутворенням. Його використовують при сухій перегонці деревних відходів, переробці гумотехнічних виробів, нафтопродуктів і т.п.

Залежно від температури реалізації розрізняють три види піролізу: низькотемпературний, або напівкоксування (не більш $450 - 550^{\circ}\text{C}$); середньотемпературний, або середньотемпературне коксування (до 800°C); високотемпературний, або коксування ($900 - 1050^{\circ}\text{C}$). З підвищенням температури знижується вихід рідких і збільшується вихід газофазних продуктів. Тому низькотемпературний піроліз зазвичай проводять для отримання первинної смоли - найбільш цінного джерела рідкого палива і різних хімічних продуктів. Основне завдання високотемпературного піролізу - отримання високоякісного горючого газу. Твердий залишок (піролізний кокс) використовують як заміник природних і синтетичних вуглецьутримуючих матеріалів, сорбент при очищенні питних і стічних вод і т.д.

З інших хімічних методів переробки відходів відзначимо осадження і комплексоутворення. Як правило, вони передбачають додавання хімічних реагентів до маси, що нейтралізується.

Методи осадження засновані на обмінних іонних реакціях з утворенням малорозчинних у воді речовин, які випадають у вигляді осаду. Вони особливо ефективні при нейтралізації нерадіоактивних важких металів і радіонуклідів в ґрунті.

Технології комплексоутворення використовують для зв'язування важких металів, поліциклічних і ароматичних вуглеводнів, хлорорганіки, нафто- і радіоактивних відходів. Комплексоутворювачами служать неорганічні в'язучі типу портландцементу, зольних, силікатів калію і натрію (рідке скло), вапна, бентоніту та інше.

Фізико-хімічні процеси і засновані на них методи, знаходяться на межі між фізичними і хімічними, утворюючи сукупність взаємозв'язаних фізичних і хімічних перетворень, що протікають в матеріальній субстанції.

Фізико-хімічні процеси в способах утилізації утворюють найбільшу групу методів, що використовуються, в основному, не стільки для переробки і утилізації, скільки для знешкодження промислових і побутових відходів. З огляду на це, можна назвати методи коагуляції і флокуляції, екстракції, сорбції, іонного обміну, флотації, ультрафіолетового випромінювання, радіаційної дії та інші.

Біохімічні процеси - це хімічні перетворення, що протікають за участю суб'єктів живої природи, що виконують роль біологічного каталізатора. Вони засновані на здатності різних штамів мікроорганізмів розкладати і/або засвоювати багато органічних сполук. Кінцевим продуктом цих перетворень є речовини неживої природи. На використанні біохімічних перетворень побудовано багато технологій, наприклад, методи переробки сільськогосподарської продукції, а також відходів з отриманням біогазу, біометалургії, очищення стічних вод та ін.

Екологічний моніторинг, експертиза та екологічний аудит

Екологічний моніторинг – це система спостережень, збору, обробки, передачі, збереження та аналізу інформації про стан оточуючого природного середовища, прогнозування його змін та розробки науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття ефективних управлінських рішень.

Загальний (стандартний) моніторинг. Отримана від нього інформація дає можливість на основі оцінки та прогнозувань стану оточуючого середовища регулярно розробляти пропозиції для прийняття управлінських рішень.

При виникненні аварій з серйозними екологічними наслідками вводиться в дію оперативний (кризовий) моніторинг. Спостереження організовуються з максимально можливою частотою, що дозволяє оперативно реагувати та приймати рішення з метою обмеження та ліквідації наслідків кризових ситуацій.

В межах місцевого середовища ведуться спостереження:

- якості атмосферного повітря;
- джерела забруднення повітря;
- рівня впливу фізичних та біологічних факторів;
- за гідрологічними та гідрохімічними характеристиками водних об'єктів;
- якості води джерел централізованого водооснащення;
- якості води джерел нецентралізованого водооснащення;
- за викидом стічних вод в місцеву каналізацію та поверхневі водні об'єкти;
- впливу викиду стічної води на стан водних об'єктів;
- рівня ґрунтових вод;
- стану зелених насаджень в місті та в зеленій зоні навколо межі міста;
- санітарного стану дворів, вулиць, площ та інших територій міста.

Повітря:

В результаті спостережень за забрудненням повітряного басейну контролюється виконання нормативів ГДВ промисловими виробництвами, а також відповідність складу атмосферного повітря на зовнішній границі санітарно-захищених зон та в жилих кварталах нормативам ГДК санепідемстанцій.

Контроль за складом токсичних речовин у відпрацьованих газах автомобільного транспорту та в інших транспортних засобах здійснюють спеціально створені організації, котрі мають відповідну ліцензію.

Фізико-біологічні спостереження:

Спостереження за джерелами шкідливих викидів (фіз., біол.) здійснюють місцеві та районні санепідемстанції з використанням маршрутних постів. Вимірюються рівень шуму, радіація, напруженість електромагнітних полів і т.д. Результати вимірів порівнюються з нормативами допустимих рівнів впливу фізичних факторів на біологічні об'єкти.

Блочний контроль:

Контроль впливу біологічних факторів (виробництво білково-вітамінних препаратів, лікарських засобів, дріжджів та інших продуктів біотехнології) здійснюють місцеві та районні санепідемстанції. Контролюється виконання нормативів можливих викидів біологічноактивних речовин та штамів мікроорганізмів.

Вимірювання гідрологічних та гідрохімічних параметрів місцевих річок виконують гідрометричні пости, розташовані в районі верхнього та нижнього за течією створів межі міста.

Аналіз запасів та складу підземних вод та спостереження здійснюють органи геологічного контролю, для чого створюється мережа свердловин, що спостерігаються, для відбору проби на гідрохімічний аналіз. Контроль якості підземних вод, який використовується для питного водооснащення, здійснюють санепідемстанції.

Спостереження за станом та режимом морської води в приморських містах здійснюють місцеві організації Держгідрокмітету. Контроль санітарного стану пляжів та морського середовища, що використовується для виробництв та в лікувально-оздоровчих цілях, проводять місцеві та районні санепідемстанції. Вони також здійснюють спостереження за можливими джерелами забруднення морської води.

Контроль якості води міських річок та водоймищ в місцях відпочинку здійснюють міські та районні санепідемстанції. Санітарні служби контролюють також якість води джерел централізованого та нецентралізованого питного водооснащення, а також відповідність якості води в водопровідній мережі стандарту на питну воду.

В межах міста всі стічні води, а також поверхневий стік (талі, дощові, паливо-очисні води) повинні бути направлені в міську каналізаційну мережу і після очищення відводяться в поверхневі водні об'єкти за межі міста.

Контроль за викидом виробничих стічних вод в каналізацію веде міська служба водовідведення. Ця служба визначає ефективність роботи міських очисних споруд та виконання установлених ПДС очищених СВ.

Промислові підприємства ведуть самоконтроль за роботою власних локальних очисних споруд та визначають склад стічних вод, котрі викидаються ними в міську каналізацію.

Санепідемстанції, установи екологічного контролю в порядку державного спостереження здійснюють перевірки роботи очисних споруд, складу стічних вод, їх вплив на стан водних об'єктів.

Спостереження за виникненням та рівнем затоплень міської території проводить місцева служба комунального господарства, вона ж організовує роботи по запобіганню та ліквідації наслідків затоплень.

Спостереження за станом насаджень в містах, пошкодження їх ентомошкідниками та фітозахворюваннями також здійснюється міською комунальною службою.

Спостереження в земельних зонах навколо міста здійснює служба лісової охорони. Ця служба здійснює також комплекс протипожежних заходів.

Контроль за санітарним станом території міста здійснюють міська та районна санепідемстанції.

Координацію робіт організацій, котрі проводять моніторинг, здійснюють органи екологічної безпеки.

Метрологічне забезпечення вимірів в системі екологічного моніторингу здійснюють організації Держспоживстандарту України (здійснюється уніфікація методик, лабораторних аналізів).

Накопичення даних, обробку, узагальнення та аналіз проводять органи екологічної безпеки та місцеві організації Державного комітету України з статистики.

Прогнозування зміни стану оточуючого середовища здійснюють місцеві органи з залученням науково-дослідних організацій.

За результатами роботи екологічного моніторингу Міністерством охорони навколишнього природного середовища кожного року готується та здається “Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища України”, а Державний комітет із статистики, у свою чергу, видає статистичний збірник “Охорона оточуючого природного середовища та використання природних ресурсів України”.

Економічний механізм природовикористання. Економічні заходи, спрямовані на охорону оточуючого середовища, включають:

- визначення джерел фінансування заходів з охорони навколишнього середовища;
- встановлення лімітів використання природних ресурсів, викидів в атмосферу, викидів стічних вод, розміщення відходів;
- встановлення нормативів та розмірів сплати за використання природних ресурсів, за викиди забруднюючих речовин в оточуюче середовище, за розміщення відходів;
- збір за погіршення якості природних ресурсів (зниження родючості земель, продуктивності лісів, рибопродуктивності);
- надання суб'єктам підприємницької діяльності податкових, кредитних та інших пільг при впровадженні маловідходних та безвідходних технологій, енерго- та ресурсозберігаючих процесів та здійснення ефективних заходів з охорони оточуючого середовища;
- повернення витрат, спричинених порушеннями природоохоронного законодавства;
- стимулювання діяльності щодо охорони навколишнього природного середовища та економії природних та енергетичних ресурсів;
- фінансування природоохоронних заходів здійснюється за рахунок державного та місцевих бюджетів, можливостей підприємств, фондів охорони оточуючого середовища, добровільних внесків;
- ліміти викидів встановлюються для кожного підприємства, інших видів джерел, а також для міста в цілому. Ліміти встановлюються, виходячи з умов виконання екологічних нормативів та екологічного стану в кожному конкретному місті. Ліміти переглядаються (у бік

зменшення); нормативи платежів за використанням природних ресурсів та за забрудненням оточуючого природного середовища є єдиними для всієї країни;

- збір при виконанні лімітів відносять на утримання підприємств, а при порушенні лімітів знімають за рахунок прибутку підприємства;

Кошти від збору за використання природних ресурсів поступають в державні та місцеві бюджети та направляються на виконання природоохоронних робіт. Кошти місцевих, обласних, міських фондів можуть витрачатися тільки на цільове фінансування природоохоронних та ресурсозберігаючих заходів.

Для організації заходів з охорони оточуючого середовища можуть бути надані пільги з податкообкладання; виділені коротко- та довгострокові кредити на пільгових умовах, встановлюються підвищені норми амортизації, представлення природних ресурсів у використання під залог.

Екологічна експертиза (Е.Е.). Е.Е. – екологічне дослідження, аналіз і оцінювання результатів наміченої, або існуючої господарчої діяльності, яка здійснює, або може здійснювати негативний вплив на окреме природне середовище. Е. Е. – направлена на запобігання нових, обмеження чи ліквідацію існуючих негативних джерел впливу на навколишнє середовище.

До Е.Е. входять (підлягають):

- проекти генеральних планів населених пунктів і промислових вузлів, схем районного планування;
- ТЕО, ТЕР, проекти на будівництво і реконструкцію, технічне переоснащення;
- діючі підприємства і інші об'єкти, які представляють небезпеку.

Необхідність і процедура Е.Е. визначені природоохоронним законодавством України.

Здійснюються: державні, суспільні, незалежні (додаткові) Е.Е.

Державну Е.Е. проводить управління Е.Е. Міністерства охорони навколишнього середовища, відділи Е.Е. обласних управлінь.

Для підготовки висновку державної Е.Е. залучають спеціалізовані науково-дослідницькі, учбові, проектні організації.

Державна Е.Е. надає розділ проектної документації ОВНС – оцінка впливу (об'єкта, що проектується) на навколишнє середовище.

Реалізація розглянутого проекту здійснюється з урахуванням суспільної думки.

Позитивні висновки державної Е.Е. являються основою для відкриття фінансування з реалізації розглянутого проекту.

Суспільна Е.Е. проводиться за ініціативою суспільних організацій на добровільній основі (незалежні спеціалісти, представники преси). Висновки суспільної Е.Е. направляються в органи, які проводять державну Е.Е.

Екологічний аудит (Е.А.). Е.А. – всебічний комплексний аналіз і оцінка діяльності підприємства в області природовикористання, яке здійснює вплив на стан навколишнього середовища і здоров'я населення.

Е.А. – організовується за ініціативою керівника підприємства і має характер екологічного самоконтролю, або екологічної самооцінки.

Е.А. – проводиться спеціалізованими аудиторськими організаціями, які мають ліцензію (кваліфікаційний сертифікат).

Результати Е.А. являються основою для розробки перспективних екологічних програм, планів природоохоронних заходів, формування напрямків екологічної політики.

В обов'язковому порядку Е.А. проводиться в процесі приватизації державних підприємств, при екологічному страхуванні, при отриманні підприємством «зеленої мітки» – знаку високого екологічного стандарту продукції, при отриманні підприємством фінансової підтримки з екологічних фондів.

Екологічний паспорт підприємства. Е.П. – комплексний документ, який характеризує взаємовідносини підприємства і навколишнього середовища.

Е.П. включає наступні розділи:

- загальні відомості про підприємства;
- сировина(вид, необхідність, екологічність);
- площа підприємства;
- чисельність працюючих;
- технологічні схеми;
- види продукції;
- системи природоохоронних заходів;
- відходи: газові, стічні води, тверді відходи, їх об'ємні характеристики, утилізація і т. д.

Тема 2.2 *Комплексна переробка піритних огарків. Джерела утворення і характеристика піритних огарків. Використання піритних огарків у чорній та кольоровій металургії. Хімізм та принципова схема переробки огарків методом хлоруючого випалу. Використання піритних огарків у цементній промисловості.*

Виробництво пігментів з огарків та огаркового пилу. Комплексна переробка піритних огарків.

Тези: У промисловості сірчану кислоту одержують двома способами: контактним і нітрозним. Значну кількість кислоти отримують контактним методом з SO₂, одержуваного шляхом випалу сірчаного колчедану, спалюванням природної чи газової сірки, а також при випалі сульфідів кольорових металів, причому виробництво SO₂ з останнього джерела з кожним роком збільшується. Відходом випалу сірчаного колчедану є недогарок – оксид заліза (III).

Вихідний (з випалювальної печі) газ піддається очищенню і при цьому утворюються також тверді відходи. Таким чином, твердими відходами виробництва H₂SO₄ із сірчаного колчедану є:

- піритні недогарки;
- пил циклонів і сухих електрофільтрів;
- шлами промивних башт;
- шлами мокрих електрофільтрів.

Вилучення кольорових металів з недогарків. Для видалення коштовних компонентів використовують різні методи випалу. Так, якщо колчедан містить навіть близько 0,5 % Cu, то недогарок доцільно переробляти.

Для цього найбільш широко використовують хлорований випал. При цьому вилучається ≈ 90 % міді, значна частка дорогоцінних металів і забезпечується майже повне видалення сірки недогарка.

Перед випалом до недогарка домішують до 20% NaCl (або CaCl_2). У результаті випалу $\text{Cu} \rightarrow \text{CuCl}_2$, а сірка утворює з NaCl сульфат натрію. Температура випалу 550 – 600 °C. Для нормального протікання процесу є необхідним достатній вміст сірки в недопалі для переведення всього NaCl у Na_2SO_4 . Якщо сірки не вистачає, то роблять підшихтовку сірчанним колчеданом. При випалі виділяються SO_3 , SO_2 , HCl. Кислі гази поглинають водою з одержанням суміші кислот, що використовують для наступного вилучування міді.

CuCl_2 вилучують і з отриманих робочих розчинів вилучають мідь. Відпрацьований розчин випарюють або виморожують для одержання $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$.

Вилужений недопал просушують, а потім агломеризують з наступним випалом. Після такої обробки недогарок йде на доменну плавку.

Розроблено і ряд більш прогресивних процесів обробки піритних недопалів – шляхом хлоридовозгонки. В одному з таких процесів передбачається обробка піритних недопалів хлоридом водню в апаратах киплячого шару. При цьому в парову фазу у вільному стані виділяються хлориди важких металів і одержують оксид заліза (III) для доменної плавки.

Можливий ще один спосіб утилізації недопалу. Піритний недопал піддають частковому відновленню до магнетиту (Fe_3O_4 або $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$). Відновлення проводять топковими газами в псевдозрідженому шарі при 700 – 850 °C. Відновлений продукт надходить у хлоратори, де при 900 – 980 °C в суміші хлору і повітря відбувається селективне хлорування кольорових металів з сублімацією відповідних хлоридів кольорових і важких металів. Недогарок після хлорування подається на доменну плавку. Гази направляють на абсорбцію і вилучають Cu, Zn, Ag, Au, Pb.

Використання недопалів у доменному виробництві. В даний час зазначні вище способи не одержали широкого розповсюдження у вітчизняній промисловості. Тим часом недопали, що містять 40 – 63% заліза, являють собою коштовний вид сировини для чорної металургії.

Основна перешкода – ступінь перетворення і домішки, особливо сірки. Найбільш розповсюдженим способом рішення цих задач є агломерація – високотемпературна обробка недопалу, що призводить до вигорання сірки й одержання кускового матеріалу.

На агломерацію надходить шихта з піритних недопалів і палива (коксу або вугілля) або в шихту для доменної плавки перед агломерацією додають невеликі кількості недопалів.

З метою одержання якісної сировини для доменної плавки недопал, одержуваний з бідних піритів, піддають магнітному збагаченню і потім брикетуванню.

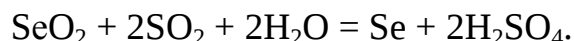
Виробництво пігментів. Звичайно для приготування пігментів типу залізного сурику недогарок при нагріванні обробляють концентрованою сірчаною кислотою. Отриманий сульфат заліза змішують з алебастром, крейдою, глиною й обпалюють у печах. У залежності від температури випалу й обраних добавок одержують пігменти різних відтінків. Недоліком є присутність в одержуваних пігментах сірки, внаслідок чого цю фарбу не можна використовувати для покриття металів.

Пил від недопалу, що осаджується в сухих електрофільтрах, відрізняється від недогарка трохи великим вмістом водорозчинних солей заліза. Його використовують як сировину для одержання пігментів типу жовтої охри. Нерозчинний залишок, що складається в основному з оксиду заліза, використовують для отримання пігменту типу мумія.

Витяг селену зі шламів. Вміст селену в колчедані – 0,002 – 0,02%. При випалі утвориться SeO_2 .

Основна його частина виділяється зі шламами в промивних баштах і мокрих електрофільтрах системи очищення випальних газів.

При очищенні SeO_2 поглинається туманом H_2SO_4 . Його розчинність висока і з підвищенням температури збільшується. SO_2 , який розчиняється у H_2SO_4 відновлює SeO_2 :



Відбувається також утворення селенополітіонатів та селеністої кислоти.

Селеніста кислота H_2SeO_3 і селенополітіонати стійкі до 70 °С. При більш високих температурах відбувається розкладання з утворенням селену.

Утворений металічний селен осаджується разом з частками пилу з кислоти промивних башт у відстійниках. Вміст селену у шламі до 5%. Інша частина металевого селену осаджується в мокрих електрофільтрах разом із сірчаноокислотним туманом і залишками пилу (вміст селену до 50%).

Тема 2.3 Комплексне використання фосфатної сировини. Фосфатна сировина та існуючі методи її переробки. Основні напрямки комплексного використання фосфатної сировини. Комплексна переробка бідних та забалансових руд. Маловідходні технологічні процеси переробки фосфатної сировини. Основні методи знешкодження та утилізації відходів, що утворюються при переробці фосфатної сировини.

Переробка та утилізація фосфогіпсу (ФГ) та відходів виробництва екстракційної фосфорної кислоти (ЕФК). Джерела утворення відходів, що містять фосфогіпс. Способи очищення фосфогіпсу від P_2O_5 та фтору. Використання фосфогіпсу у виробництві в'язучих речовин. Варіанти технологічних схем переробки гіпсових відходів на в'язучі. Комплексна переробка фосфогіпсу з отриманням сірчаної кислоти і портландцементу.

Технологічна схема процесу отримання сульфату амонію, крейди для будівництва та концентрату РЗЕ. Використання фосфогіпсу у сільському господарстві. Техніко-економічне порівняння процесів переробки фосфогіпсу.

Відходи виробництва термічної фосфорної кислоти /ТФК/, шляхи утворення. Утилізація шлаків, ферофосфору, пилу та газів, що утворюються при отриманні ТФК. Утилізація шлаків.

Тези: Найбільш широке застосування в практиці знайшов сірчано-кислотний спосіб отримання ЕФК. Основним відходом такого виробництва є фосфогіпс – сульфат кальцію з домішками фосфатів.

Оскільки існує три способи виробництва ЕФК – отримують три кристалогідрати сульфату кальцію у відходах $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$; CaSO_4 .

Основну масу фосфогіпсу на даний час скидають в шламосховища.

Утилізація фосфогіпсу можлива в цементній промисловості як мінералізатора, для хімічної меліорації солонуватих ґрунтів, для отримання сульфату амонію, цементу і сірчаної кислоти, елементарної сірки, гіпсових в'язучих тощо. Проте достатньо економічного способу переробки величезної кількості фосфогіпсу в цінний продукт ще не знайдено.

Для використання в цементному виробництві ФГ гранулюють і підсушують в барабанних сушарках до залишкового вмісту вологи 5%. Застосування фосфогіпсу в цьому виробництві зменшує витрату палива, підвищує продуктивність печей і якість цементного клінкеру, подовжує термін служби футеровки печей. Стримується застосування ФГ в цементній промисловості у наслідок присутності водорозчинного P_2O_5 та сполук фтору.

Процес переробки фосфоангідриту з отриманням H_2SO_4 . Для отримання цементного клінкеру і SO_2 готують шихту – фосфоангідрит, кокс, пісок, глина. Численні схеми розрізняються загалом способами приготування шихти та елементами апаратурного оформлення. Розрізняють три способи приготування – сухий, мокрий і комбінований.

Технологічний процес включає стадії: сушки гіпсу, помелу добавки і підготовки сировини для випалення. Процес випалення ведуть при температурі 1400-1450 °С. При цьому відбувається відновлення сульфату кальцію коксом і утворення клінкеру. Присутній пісок і глина сприяє інтенсифікації процесу конверсії. Паливо – мазут, газ або розпорошене вугілля. Отримуваний клінкер подають на помел. Газ, що містить SO_2 , очищають в циклонах, електрофільтрах і подають на сірчано-кислотну установку.

Кокс беруть з надлишком (20-30% залежно від сировини) за сумарним рівнянням:

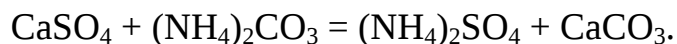


Процес чутливий до кисню: при надлишку кисню можливе зворотне утворення сульфату кальцію, що призводить до появи в печі важковидалених наростів, кілець. Тому процес ведуть з вмістом у газі до 0,5-0,6 % O_2 .

Присутність P_2O_5 у ФГ не позначається на процесі його термічної дисоціації, проте погіршує утворення і кристалізацію силікатів кальцію в клінкері. Фтор – переходить в газову фазу і отруєє каталізатор конверсії SO_2 в SO_3 у виробництві H_2SO_4 . Тому початкову концентрацію фтору і P_2O_5 регламентують 0,15 і 0,5% відповідно.

Собівартість H_2SO_4 з ФГ в 1,4 рази вища, ніж з колчедану.

Виробництво сульфату амонію. Процес заснований на взаємодії фосфогіпсу з карбонатом амонію (або NH_3 і CO_2) при атмосферному або підвищеному тиску.

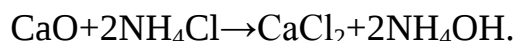


Малорозчинний $CaCO_3$ відфільтровують від отриманого 40%-ного розчину сульфату амонію (СА), який нейтралізують H_2SO_4 . Кристали $(NH_4)_2SO_4$ після випарювання сушать. Норми: на 1т СА: 1,340 т ФГ; 0,34 т CO_2 ; 0,06 т H_2SO_4 0,26 т. NH_3 .

Таке отримання $(NH_4)_2SO_4$ менш економічне, ніж в коксохімії; проте при розвитку азотно-сірчано-кислотних схем переробки фосфатів, де частина H_2SO_4 замінюється на $(NH_4)_2SO_4$, проблема конверсії ФГ в СА може бути актуальною.

Заслуговує уваги комплексна переробка фосфогіпсу в сульфат амонію, чистий карбонат кальцію і концентрат рідко земельних елементів (РЗЕ).

Справа в тому, що при конверсії фосфогіпсу в $(NH_4)_2SO_4$ *фосфокрейда* не є чистим хімічним продуктом. Вона містить значну кількість Р, Si, Fe, Al, Ti, Mn, а також приблизно 1% РЗЕ. Тому фосфокрейду слід розглядати як додаткове джерело РЗЕ. Доцільно при цьому передбачити отримання чистого $CaCO_3$, який може бути використаний у виробництві пластмаси, паперу, лаків, фарб. Спосіб полягає в тому, що фосфокрейду прожарюють при 1000 °С протягом 3 годин з подальшою обробкою отриманого *фосфовапна* хлоридом амонію:



РЗЕ залишаються в осаді (рН 8–9) – це концентрат, що містить 5–6% РЗЕ в перерахунку на Ln_2O_3 .

Потім через аміачний розчин $CaCl_2$ пропускають CO_2 і утворюється чиста крейда та регенерується NH_4Cl .

Гіпсові в'язучі – представляють собою β – або α – модифікації напівгідрату $CaSO_4$.

Зазвичай процес отримання в'язучих складається з 2-х стадій: очищення фосфогіпсу від F і P і подальшій дегідратації, яка здійснюється в печах при температурі 150–170° С або автоклавах при 120–150° С. Другий шлях кращий, оскільки утворюються більші кристали напівгідрату.

Використання ФГ можливе і в ряді інших процесів. Наприклад, це процес отримання з ФГ низькотемпературного цементу без розкладання ФГ, а також процес отримання сірчаної кислоти і цементу з мінімальним розкладанням ФГ.

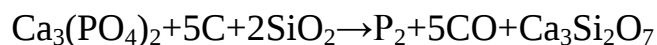
Основна перевага цих способів – те, що присутність P_2O_5 не впливає на хід мінералоутворення і не знижує активності отримуваних сульфомінеральних цементів.

У зв'язку із скороченням в країні запасів високоякісного каоліну, розробляються методи отримання для паперу тощо наповнювачів з ФГ або фосфонапівгідрату.

Технологія включає: нейтралізацію ФГ до залишкового вмісту $P_2O_5 < 0,2\%$, термообробку при $350 - 650\text{ }^{\circ}\text{C}$, розмол і повітряну сепарацію. В результаті утворюється сніжно - білий тонкодисперсний порошок у вигляді напівгідрату або ангідриту.

Такий наповнювач може бути використаний також в лакофарбній промисловості (замість TiO_2), в скляній – замість Na_2SO_4 , у виробництві еластомірів (ГТВ, лінолеуму, пластмас).

Відходи виробництва ТФК. При відновленні трикальційфосфату з одержанням фосфору перебігає сумарна реакція:



При цьому, на 1т отриманого фосфору в електропечі утворюється до 4000 м^3 газу з високим вмістом оксиду вуглецю (II); 0,1 – 0,5 т ферофосфору; 0,05 – 0,35 т пилу і 7,5 – 11 т силікатного шлаку, а також ≈ 50 кг феровмісних шлаків.

Ферофосфор використовують, в основному, в металургії як присадку в ливарному виробництві або як розкислювач, а також це хороший протектор від радіоактивного випромінювання.

Пил збирається в електрофільтрах при очищенні пічних газів і може бути використаний як мінеральне добриво, оскільки він містить до 20 % P_2O_5 і, іноді, до 15 % K_2O .

Газ, що покидає конденсатори, містить до 85 % CO; 0,05% P; 0,2 – 0,4% PH_3 ; 0,5 – 1 % H_2S . Його зазвичай використовують як паливо, але доцільно було б, очистивши від домішок, використовувати CO в синтезах.

Переробка *силікатних шлаків(СШ)* здійснюється методами, що використовуються при переробці доменних шлаків, але вона ускладнена внаслідок присутності у них F, P_2O_5 і сірки.

На даний час розроблені процеси отримання гранульованих шлаків, шлакового щебеню, шлакової пемзи, мінеральної вати і інших будівельних виробів і матеріалів.

Утилізація (знешкодження) фтористих газів у виробництві ЕФК. Кількість фтору, що утилізується в різноманітних виробництвах (в кг/т P_2O_5 100%) складає: ЕФК – 50; подвійний суперфосфат – 40; простий суперфосфат – 30.

Галузі використання фтору – ядерна енергетика; виробництво пластмас, моторного палива, фреонів, скла, кераміки; кольорова та чорна металургія.

Відхідні гази виробництва ЕФК містять фтор, переважно у вигляді HF та SiF_4 . Із властивостей HF и SiF_4 слідує, що при понижених температурах вода є

хорошим сорбентом цих газів. У поглинаючий розчин вводять добавки у вигляді солей, лугів, котрі зв'язують фтор у різні сполуки, чим покращують процес очищення газів. Найбільш розвинутими є методи абсорбції фтор-газів.

Адсорбційні методи (з твердими адсорбентами) не знаходять широкого застосування, оскільки процеси десорбції енергоємні і сорбент найчастіше втрачає свою адсорбційну властивість в результаті багаторазового використання.

Розроблені методи утилізації фтор-газів, як правило, відрізняються лише типами абсорбентів та апаратурним оформленням. Вибір типу абсорбенту і використаного обладнання залежить, перш за все, від характеристики газу, а також від поставленої мети.

При виборі необхідної для вловлювання фтористих газів абсорбційної апаратури слід провести попередній аналіз придатності різних типів абсорберів з точки зору їх ефективності, енерговитрат і ступеню засмічення.

Запроваджено процес вловлювання фтор-газів за допомогою розчинів, що містять амонійні солі (карбонатні, гідрокарбонатні, фторидні).

Переробка гексафторкремніевої кислоти (ГФКК). Найбільш прийнятним як з технологічної, так і з екологічної точки зору процесом видалення фтористих сполук є водна абсорбція, в результаті якої утворюються ГФКК.

У багатьох випадках вона може слугувати сировиною для виробництва як кремнефторидів (гексафторсилікатів), так і фторидів, включаючи HF.

Зазвичай отримують 10 – 12 % ГФКК. При цьому основною вимогою є зменшення вмісту в ній P_2O_5 .

Кислота може бути безпосередньо використана для виробництва кремнефторидів калію чи натрію, синтетичного фториду Ca, кріоліту, фторидів Na и Al, а також HF. Інший шлях утилізації – через проміжну стадію нейтралізації H_2SiF_6 аміаком (цей спосіб застосовують у випадку абсорбції фтор-газів аміачними розчинами).

Утилізація кремнегелю. Якість кремнегелю залежить від способу переробки ГФКК. Основною перешкодою для застосування кремнегелю є високий вміст вологи й наявність у ньому фтористих сполук.

При аміачних способах переробки ГФКК кремнегель виділяється у вигляді активного оксиду кремнію (IV), що може бути використаний як наповнювач у гумових сумішах.

Активність оксиду кремнію (IV) залежить від швидкості відмивання його від домішок: чим вище швидкість, тим активніше SiO_2 . Неактивний кремнегель може бути використаний без попередньої обробки замість високодисперсного SiO_2 як інертне ядро при одержанні високоякісних пігментів методом нанесення.

Одним з можливих шляхів переробки неактивного кремнегелю є одержання на його основі “білої сажі” шляхом розчинення в розчині їдкого натру або фторид-бифториду амонію.

Очищення стічних вод, утилізація шлаків станції нейтралізації. При виробництві ЕФК отримується приблизно 120 м³/годину стічних, фторвмісних вод.

Зменшення об'єму брудних стоків можливо за рахунок наступних заходів:

- ліквідації барометричних вод шляхом використання замкнутого циклу подачі води в барометричні конденсатори замість прямооточного зрошення;
- утилізації всіх промислових вод, що використовуються для промивання ФГ;
- зниження кількості стоків на стадії конденсації пари в пароежекторних вакуум-установках у відділенні упарювання.

Стічні води виробництва ЕФК і фосфоровмісних солей містять P_2O_5 і фтористі сполуки у досить високих концентраціях.

P_2O_5 у стоках присутній у водорозчинній формі й у вигляді завислих часток вихідного фосфату, а фтор – переважно у вигляді гексафторкремнієвої кислоти.

Очищення таких вод звичайно проводять шляхом нейтралізації вапняним молоком з подальшою коагуляцією осаду, що утвориться, за допомогою поліакриламідів.

У результаті очищення стічних вод одержують шлами, що містять сполуки фтору та фосфору.

Розроблено спосіб одержання складно-змішаних добрив NPKS із співвідношенням: 1:1:1:1 на основі шламів станції нейтралізації.

Тема 2.4 Переробка відходів гумових технічних виробів (ГТВ). Шляхи утворення. Сучасні методи ліквідації ГТВ. Технології знешкодження та утилізації ГТВ, що запропоновані на даний час. Шляхи переробки (утилізації) автомобільних покришок. Переробка відходів пластмаси.

Тези: Найбільш значним за масштабами утворення твердими виробничими відходами промисловості гумових технічних виробів (ГТВ) є невулканізовані і вулканізовані гумові і гумовотканинні матеріали. Найбільш цінними компонентами цих відходів є: каучуки і тканини.

Основну масу відходів ГТВ на даний час вивозять на звалище і спалюють.

Аналогічними за складом є зношені автомобільні пневмошини, покришки, різні вироби типу транспортерних стрічок, рукавів тощо, які втратили свою споживчу цінність. Вироби з вулканізованої пружної і еластичної гуми обробляють з отриманням пластичного продукту – регенерату.

Перед регенерацією гумові відходи подрібнюють до стану крихти, відділяють текстильну тканину і крихту змішують з пом'якшувальними засобами і активаторами процесу девулканізації.

Як пом'якшувальні засоби при девулканізації використовують: соснові, газогенераторні шарові смоли, каніфоль, технічні масла тощо з температурою кипіння більше $300^{\circ}C$.

Основний процес регенераторного виробництва – процес девулканізації, який зводиться до нагрівання подрібненої гуми з добавками при температурі $t - 160-190^{\circ}C$.

Встановлено, що каучукова речовина в регенераті існує у вигляді маси набряклого та пом'якшеного гелю. Відоме велике число методів отримання регенерату: паровий, водонейтральний, термомеханічний.

При регенерації гуми за водонейтральним методом безперервне перемішування сприяє її кращому набуханням в пом'якшувальних засобах. При використанні у якості пом'якшувальних засобів смол хвойних дерев водорозчинні кислоти, що містяться в них, руйнують залишки текстильного волокна (аналогічний ефект досягається при додаванні хлоридів Zn і Ca).

Технічно найбільш досконалим методом регенерації гуми є термомеханічний метод, що дозволяє значно прискорити технологічний процес, зробивши його безперервним, і забезпечити зниження собівартості регенерату.

Розроблені також методи виробництва регенерату: диспергування і радіаційний.

Метод диспергування полягає в механічному подрібненні гуми до тонкодисперсного стану у водному середовищі.

Радіаційний метод (–випромінювання) можна використовувати для регенерації гуми на основі бутилкаучуку.

Відходи, що містять метал регенераторних виробництв, можуть використовуватися в металургії. З технічних відходів можна робити щити для теплової і звукової ізоляції, набивання для меблів тощо.

Інший напрямок переробки гумових відходів – їх подрібнення в крихту. Для такої переробки використовують, як правило, вироби великих розмірів без металевих кордів. Отриману крихту можна переробляти в різні будівельні матеріали, ефективно використовувати як дорожні покриття, застосовувати для приготування хімічно стійкої тари.

Гумові відходи можуть бути перероблені також методом піролізу. Так, шляхом термічного розкладання гумових відходів без доступу повітря при температурі 400–450 °C може бути отримано гумове масло, яке можна використовувати в якості пом'якшувача.

У результаті піролізу при температурі 593–815 °C отримують рідкі вуглеводні, які використовують як паливо, а твердий залишок використати замість сажі у виробництві ГТВ.

Переробка відходів виробництва пластмас. Використання технологічно доцільно, перш за все, для оброблювальних підприємств, оскільки вони зазвичай не вимагають облагороджування і спеціального устаткування для переробки у кінцеві вироби. Такі відходи переробляють переважно за двома напрямками:

1. З метою виробництва того ж продукту.
2. Для виготовлення виробів менш відповідального призначення.

Набагато серйозніша проблема – знешкодження і використання відходів споживання пластмас.

Найбільш важливими методами переробки таких відходів є подрібнення, екструзія, наповнення, деполімеризація, розчинення, хімічне модифікування.

Недеструктивна утилізація. Відходи полімерів розділяють на окремі класи і переробляють екструзією, литтям під тиском, каландруванням і так далі.

Так, відхід полівінілхлориду (ПВХ) подрібнюють, перемішують з пластифікатором, фарбником і стабілізатором при 150 °С. Потім масу передають на переробку.

Нерозділені на класи відходи пластмас також можна переробити в готові вироби, в основному, у будівельні матеріали (армуючі профілі, будівельні плити, блоки).

Найважливіше завдання – утилізація використаної поліетиленової плівки. Один з шляхів при цьому - виробництво вторинної поліетиленової плівки.

Розроблено метод емульсифікації (розчинення), наприклад, для зняття ізоляції з проводки кабелів.

Слід зазначити, що змішані відходи поліетилену, полістиролу, полівінілхлориду при плавленні мають здатність зв'язувати рідкі шлами процесів очищення виробничих стічних вод від іонів токсичних металів – Cd, Pb, Cr і ін. Це дозволяє проводити спільну одночасну утилізацію названих відходів шляхом їх переробки в низькосортні вироби. Наприклад, висушений хромовий шлам змішують з подрібненими відходами поліетилену, полістиролу і ПВХ.

Відходи тефлону як покриття або змащувальний матеріал піддають радіаційному опромінюванню у поєднанні з термообробкою і подрібненням. Така обробка веде до зниження механічної міцності полімеру, проте хімічна і термічна стійкість, негорючість та інші його характеристики не змінюються.

Ефективним є пневматичне подрібнення відходів фторопластів, при якому кускові відходи порціями за допомогою пневмопушки направляють пострілами на металеву плиту, покриту листом гуми, забезпечуючи руйнування відходів до частинок мікронних розмірів.

Деструктивна утилізація. Для окремих видів відходів полімерів є раціональними різні типи хімічної і термічної переробки, що полягають в конверсії початкових полімерів з утворенням сировини для їх виробництва або інших цінних продуктів.

У промислових масштабах реалізована, наприклад, деполімерезація капронових відходів під дією фосфорної кислоти і перегрітої пари.

Стосовно вторинних поліетиленів розроблено промисловий процес отримання поліетиленового воску методом термічної деструкції. Ці продукти застосовують як компоненти формувальних мас в ливарному виробництві і у вигляді добавок до асфальтобітумних сумішей.

Перспективним напрямом переробки відходів пластмас є їх піроліз у – продукти, якого служать сировиною для промисловості органічного синтезу або паливом.

Одним з найбільш простих способів ліквідації пластмасових відходів є їх спалювання.

Але при спалюванні виділяються токсичні гази; крім того, не дивлячись на значну теплову енергію спалювання пластмас, економічна ефективність цього процесу є найменша в порівнянні з іншими процесами утилізації пластмасових відходів.

Проте простота організації спалювання, порівняно з іншими методами утилізації, визначає досить широке розповсюдження цього процесу на практиці.

Тема 2.7 Переробка відходів виробництва калійних добрив. Шляхи утворення галітових відходів та глинисто-сольових шламів. Технологія отримання кормової повареної солі з галітових відходів фабрик флотаційного розподілу сильвініту. Організація виробництва кормової повареної солі з галітових відходів галургічних фабрик. Переробка глинисто-сольових шламів. Інші напрями утилізації глинисто-сольових шламів.

Тези: В наш час більше 90% калійних солей, що видобуваються і виробляються заводським методом, використовують у якості мінеральних добрив, основним з яких є хлорид калію.

Найважливішим калійним мінералом є сильвініт (суміш сильвіну та галіту $KCl+NaCl$). Калійні руди переробляють різними способами, з яких найважливішим є метод відокремленої кристалізації з розчинів і механічного збагачення породи (в основному, флотацією).

Сольові відходи у невеликій кількості використовують у якості вторинної сировини для отримання кухонної солі; практикується також їх скидання у поверхневі водойми та море. Частково тверді відходи направляються на закупорювання порожнього простору рудників.

Галітові відходи зі вмістом $NaCl$ до 90% можуть бути використані як сировина для содового, хлорного та деяких інших виробництв. Звичайно, це доцільно лише для підприємств, що розташовані поблизу від родовищ.

Проводяться роботи, спрямовані на удосконалення технології гірських робіт, що пов'язане зі скороченням видобування із шахт галіту і пустої породи (тобто селективне видобування калійних руд), а також розробляються заходи щодо повернення відходів флотації у спустошений простір рудників.

Освоюються методи комплексного використання калійної сировини – отримання методами галургії і механічної обробки розсолів для содового виробництва, сировини для харчової промисловості, виробництва кормової та технічної солі, сульфату натрію та ін. Поряд з цим проводяться випробування підземного скиду розсолів для заводнення нафтових пластів, а також у спрацьовані газonosні пласти.

Процес переробки відходу у кормову сіль включає знешламлення хвостів флотації, вилуження KCl зі знешламленої частини розчином $NaCl$, сушку і прогрів отриманої кухонної солі, її збагачення мінеральними добавками та брикетування, освітлення забруднених розчинів з метою їх повернення у процес.

Можливо організувати виробництво кормової солі з галітових відходів галургічних фабрик.

Переробка глинисто-сольових шламів. Для отримання з глинистих шламових відходів KCl , $NaCl$ та хлор-магнієвого лугу у якості товарних продуктів запропонована технологія, що ґрунтується на використанні методу розчинення – кристалізація.

Відомі також інші напрямки утилізації глинисто-сольових шламів – це використання цих відходів замість добавки до твердого KCl незабагаченої руди при виробництві змішаної калійної солі; у якості добривних та структуроутворюючих меліорантів; у вигляді сировини для виробництва кераміки (будівельної).

Але все ж, як показує досвід, до 80% шламів може бути розміщено у спустошених просторах калійних шахт. Недоліком цього методу є те, що закладка є досить складною і дорогою.

Тема 2.8 Переробка відходів виробництва кальцинованої соди. Шляхи утворення відходів виробництва кальцинованої соди. Отримання в'язучого матеріалу автоклавного твердіння з дистилерних шламів. Технологічна схема отримання в'язучих з попереднім обпалюванням сировинних матеріалів. Виготовлення тампонажних матеріалів та асфальтобетонів з дистилерних шламів.

Тези: При виробництві кальцинованої соди аміачним методом на 1т продукції у якості відходу утворюється 8–12м³ дистилерної рідини. Звідси і відомі “білі моря” біля содових заводів. З часом відходи зневоднюються. Склад сухого залишку значно залежить від сировини, що використовується для виробництва соди і містить CaCO₃, Ca(OH)₂, CaSO₄, CaCl₂, SiO₂ та ін. Таким чином, твердий залишок дистилерної рідини містить ряд оксидів, що являють частини силікатних систем, мають в'язучі властивості, це й є принциповою можливістю отримання на їх основі в'язучих матеріалів.

Розроблені різноманітні варіанти технології в'язучих матеріалів на основі дистилерних шламів. Найбільш простий з них: шлам з вологістю 25–30% екскаватором відбирають з шламосховища, підсушують, подрібнюють з кварцовим піском (82,2–86,3% SiO₂) у шаровому млині. Отриманий таким чином продукт являє собою безклінкерний в'язучий матеріал автоклавного твердіння. Але через низьку активність вихідного дистилерного шламу, вміст CaO та MgO в якому складає 12–14%, отримують в'язуче, що має невисоку міцність (відповідає приблизно – марка 200–230).

Включення у технологію стадії обпалювання сировинних матеріалів при 800–1050 °C дозволяє позбутися цього недоліку – виходить в'язуче з маркою 500.

За цією технологією у промисловому масштабі організовано виробництво блоків комірчастого бетону.

Виробничий досвід вказує на ефективність утилізації дистилерних шламів содових виробництв у якості сировини для виробництва безцементних в'язучих матеріалів.

Поряд з перерахованими напрямками утилізації дистилерних шламів перспективним вважається їх використання для заміни цементу при приготуванні композиційних матеріалів для виробництва асфальтобетонів.

Тема 2.9 Переробка відходів нафтопереробних заводів. Шляхи утворення кислих гудронів-кислотних та масляних, та напрямки їх утилізації. Отримання бітуму з кислих та прямогонних гудронів, технологічна схема. Установки

низькотемпературного розкладу кислих гудронів на коксовому теплоносії, принципова технологічна схема. Інші напрями утилізації кислих гудронів.

Тези: В нафтохімії одним з основних відходів є кислі гудрони, які утворюються в процесах сірчаної кислоти очищення ряду нафтопродуктів та у виробництві сульфатних присадок, синтетичних миючих засобів, флотореагентів. Кислі гудрони являють собою смолоподібні високов'язкі маси різного ступеня рухливості, що містять, в основному, сульфатну (сірчану) кислоту, воду і різноманітні органічні речовини. Вміст органіки від 10 до 93%.

За вмістом основних речовин кислі гудрони поділяють на два типи: з великим вмістом сірчаної кислоти – кислотні ($> 50\% \text{ МНГ } \text{H}_2\text{SO}_4$) і з високим вмістом органічної маси – масляні ($> 50\%$ органіки). Склад кислих гудронів визначає можливі напрямки їх використання. Вони можуть бути перероблені в сульфат амонію, використані у вигляді палива або в якості реагенту для очищення нафтопродуктів.

На сьогодні більш перспективною є переробка кислих гудронів з метою отримання оксиду сірки (IV), коксів з високим вмістом сірки, бітумів і деяких інших продуктів. Так, при переробці кислих гудронів в оксид сірки (IV) з метою отримання сульфатної (сірчаної) кислоти до них зазвичай додають розчини відпрацьованої сульфатної кислоти. Отриману суміш легше транспортувати та розпилювати. Термічний розклад суміші кислих гудронів і відпрацьованої сульфатної (сірчаної) кислоти проводять в печах спалювання при $800\text{--}1200^\circ\text{C}$.

Органічна частина кислих гудронів містить різноманітні сірковмісні сполуки, смоли, тверді асфальтоподібні речовини – асфальтени, карбони, карбоїди та інші, що дозволяє переробляти їх у бітуми, які використовуються в якості дорожно-будівельних матеріалів.

При нагріванні кислих гудронів присутні в ньому сульфосполуки і вільна сульфатна кислота розкладаються, окиснюючи органічну частину, викликають ущільнення маси з утворенням гетерогенної суміші з високим вмістом карбоїдів.

З метою отримання гомогенних бітумних мас переробку кислих гудронів ведуть в суміші з прямогонними гудронами, при цьому реакції ущільнення йдуть менш глибоко з утворенням смол і асфальтенів.

Процес варки бітуму проводять в кубі, якій обігрівають топковими газами. Із завантаженої суміші кислого і прямогонного гудрону спочатку випаровується вода. З газової фази куба при охолодженні виділяють масляну фракцію і абсорбують оксид сірки (IV) розчином соди та аміачною водою. Неконденсовані вуглеводні і CO_2 викидають в атмосферу.

Властивість кислих гудронів легко розкладатись при $160\text{--}350^\circ\text{C}$ з утворенням оксиду сірки (IV) та високосірчаних коксів широко використовують в промисловості для отримання цих продуктів. Принципова переробка кислих гудронів в цьому напрямку може здійснюватись як з отриманням високосірчаного коксу та багатого на SO_2 газу, так і з отриманням переважно високосірчаного коксу. В останньому випадку перед коксуванням кислі гудрони треба нейтралізувати за допомогою лужних відходів або

реагентів з таким розрахунком, щоб забезпечувалась нейтралізація кислих продуктів, які виникають при коксуванні.

Найбільшого поширення в промисловості набули установки низькотемпературного розкладу кислих гудронів на коксовому теплоносії. Окрім кислих гудронів, на таких установках можна розкладати і розчини відпрацьованої сульфатної (сірчаної) кислоти за умови їх змішування з багатими на вміст органіки кислими гудронами або нафтовими залишками.

Вихідну сировину – кислий гудрон, відпрацьовану сульфатну (сірчану) кислоту змішують з метою приготування суміші з кислотністю $\approx 50\%$.

При концентрації $\text{H}_2\text{SO}_4 < 45\%$ транспортування кислого гудрону в установці ускладнено, а при вмісті більше $\text{H}_2\text{SO}_4 > 60\%$ інтенсивне парогазовиділення зумовлює утворення пилоподібного коксу.

Розклад кислого гудрону проводять в системі циркуляції коксу, що складається з дозатора коксу, конвеєра-змішувача, шнекового підйомника, поперечного конвеєра і реторти. Гази розкладу проходять циклон, піч для допалювання органічних домішок та надходять в сульфатнокислотне виробництво.

Недоліки цієї схеми – сильна корозія деяких апаратів, складність нагріву та транспортування твердого теплоносія та інше.

В лабораторних умовах досліджена можливість проведення процесу коксування кислих гудронів після їх попередньої нейтралізації.

Проводяться дослідження з сепарації кислих гудронів (екстракцією, абсорбцією) з ціллю роздільного використання кислотної та органічної частин.

Одна із галузей застосування кислих гудронів - це виробництво технічних ПАР.

У літературі представлені дослідження з застосування кислих гудронів у виробництві будівельних матеріалів, а саме – цементу. Це пов'язано з технологією отримання цементу, яка у зв'язку з наявністю великого об'єму зони горіння палива, безпосереднього контакту продуктів горіння палива й обпалювального матеріалу, який має лужне середовище, допускає застосування низькокалорійного палива та відходів, які мають кисле середовище.

За рахунок органіки, що вводиться (її вигорання), зменшується витрата основного палива.

Інтеграційні мінерально – матричні (ІММ) технології. Для переробки токсичних відходів в європейських країнах широко використовується технологія екобетонування: змішування відходів (після їх нейтралізації) з цементом, вапном або оксидом кремнію (IV) з подальшим затвердінням суміші. При правильному змішуванні відходів з в'язучим агентом іони важких металів зв'язуються твердою фазою і таким чином протистоять вилугуванню. Відбувається своєрідне "капсулювання" або іммобілізація токсичних речовин у твердій матриці – цементному камені, що не пропускає екотоксиканти в навколишнє середовище. Проте така технологія вимагає попередньої нейтралізації відходів, а для цього необхідна велика кількість хімічних реагентів. Потрібні також в'язучі речовини – цемент, вапно і т.д. Крім того,

ряд речовин, котрі складають відходи (наприклад, сірковмісні), можуть викликати деградацію цементного каменя, що призводить до поступового руйнування твердої матриці і проникнення забруднювачів в навколишнє середовище.

Вдосконалений метод знешкодження токсичних відходів методом екобетонування відрізняється тим, що при його реалізації використовується хімічна активність токсичних речовин. Завдяки цьому виключається нераціональна операція з її нейтралізації. Компоненти відходів беруть участь у хімічних процесах формування новоутворень, що мають в'язучі властивості, та внаслідок цього стають елементами нової структури, завдяки тому, що в процесі переробки відходів утворюється мінеральна матриця. Механізм перетворення токсичних відходів заснований на використанні штучного відтворення природних процесів мінералоутворення. Для цього використовуються спеціально трансформовані природні мінеральні системи – глини, глинисті ґрунти. Алюмосилікати цих порід в результаті інтенсивного гідролізу перетворюються у високодисперсну мінерально-матричну систему, що володіє сорбційною ємністю. Отримана таким чином мінеральна матриця, згідно принципу Ле - Шательє, прагне повернутися в початковий стан і, завдяки цьому, зазнає мимовільний процес регенерації, в ході якого відбувається синтез алюмосилікатних в'язучих композицій. До їх складу залучаються можливі органічні і неорганічні хімічно активні забруднювачі (токсиканти), що містяться в промислових відходах. По суті, цей процес імітує природні процеси формування різних осадових порід. Новий метод екобетонування отримав назву інтеграційної мінерально-матричної технології (ІММ-технології) знешкодження різних видів промислових відходів (рідких, в'язкопластичних і твердих). ІММ-технології переробки промислових відходів дозволяють формувати для навколишнього середовища штучні ґрунти, які при відповідному корегуванні їх складу можуть бути використанні як будівельні матеріали (укріплених ґрунтів) і у вигляді рекультивованих і гідроізоляційних матеріалів. Ці технології забезпечують зворотну вартість – себто вартість вироблених на їх основі матеріалів, тобто можуть бути прибутковими. З в'язкопластичних і твердих відходів можна отримувати не тільки будівельні матеріали, але і добрива, а також тверде паливо, що брикетується.

Тверде паливо. Усі види промислових відходів, що містять переважно нафтопродукти, масла, жири та інші вуглеводневі сполуки, можливо переробляти в паливо. Ці відходи мають неоднорідні будову і склад: рідинні, в'язкопластичні або твердопластичні маси з великим вмістом води і сторонніх включень. У них можуть також у великих кількостях міститися важкі метали та інші токсиканти. Все це робить неможливим їх безпосереднє застосування як паливо на стандартному теплотехнічному обладнанні. Тому ІММ-технологія була реалізована для виробництва твердого палива у вигляді паливно-органічної суміші (ПОС). ПОС є конгломератом раціонально підібраних органічних(і неорганічних) інгредієнтів, що є за початковим станом рідкими, в'язкопластичними і твердими порошковими речовинами. Переважаюча частина маси ПОС – продукти рослинного походження (торф, деревна тирса,

мелена солома і т. п.), а також вуглеводневі відходи (нафтопродукти, масла і т. п.). Інгредієнти, що входять до складу ПОС можна розділити на чотири групи.

Група I – рідкі, в'язкопластичні або твердопластичні вуглеводневі відходи: осідання мазуту, нафтошлами, відпрацьовані масла, кислі гудрони тощо. Інгредієнти цієї групи володіють високою теплотворною здатністю і в значній мірі визначають теплотворну здатність ПОС.

Група II – волокнисті і сипкі речовини (торф, деревні відходи, мелена солома), які виконують роль органічного горючого наповнювача. Вони забезпечують абсорбцію інгредієнтів групи I, чим сприяють формуванню структури твердого тіла ПОС, а також забезпечують певну частину теплотворної здатності ПОС.

Група III – інгредієнти, які забезпечують генерацію речовин, активуючих процес горіння (наприклад, вільних електронно-збуджених атомів водню і кисню). Взаємодія активних (електронно-збуджених) атомів і молекул з важкими насиченими вуглеводнями призводить до протікання реакцій дисоціації вуглеводневої сировини з виділенням енергії і утворенню радикалів високомолекулярних сполук, що беруть активну участь в процесі горіння.

Група IV – інгредієнти, які зв'язують вологу, а також токсичні сполуки важких металів, оксиди сірки, азоту, фосфору. Крім того, вони забезпечують необхідну монолітність і міцність ПОС. До цих інгредієнтів відносяться добавки неорганічних речовин, підібрані на основі модифікованої глини. Зниження вологості суміші призводить до зростання теплоти згорання ПОС.

Взаємодія інгредієнтів групи IV один з одним призводить до синтезу кальцій (магній)-алюмосилікатної в'язкої речовини, котра разом з іншими мінеральними сполуками забезпечує монолітність, необхідну міцність і водостійкість, а також гранично знижену водопоглинаємість ПОС за рахунок набутої гідрофобності. Крім того, в процесі синтезу вказаної в'язкої речовини утворюються комплексні сполуки. Протікання цих реакцій забезпечує набуття необхідних механічних властивостей паливних брикетів, а лужне середовище, що формується при цьому, виключає процеси гниття органічних речовин, характерні для групи II. При горінні ці сполуки вступають в твердофазні реакції з оксидами сірки, азоту, фосфору, вуглецю тощо, що призводить до поєднання вказаних оксидів в складні комплексні сполуки. Завдяки зв'язуванню оксидів їх вихід в газоподібні продукти згорання істотно знижується, що підвищує екологічність палива і забезпечує необхідну відповідність санітарним нормам.

Наявність у ПОС негорючих інгредієнтів, що входять до складу в'язкої речовини, не перевищує допустимих норм зольності палива порівняно з кам'яним вугіллям (10-12%). Теплотворна здатність ПОС, залежно від співвідношення інгредієнтів, складає 3000 – 7000 кДж/кг. Процес горіння відбувається в основному в надшаровому просторі за рахунок високого виходу летючих речовин (до 90% і більше від сумарного вмісту горючих речовин), а процес утворення і горіння коксових частинок істотно обмежений. Це обумовлює зменшення або взагалі виключає характерні для твердих палив процеси шлакування.

Осередкові залишки після згорання брикету мають гранично легку пористу, пемзоподібну структуру з об'ємною масою менше 0.2 г/см^3 , що "зберігає" форму брикету. Проте міцність цієї будови досить невисока. Вона володіє водостійкістю і вкрай низькою теплопровідністю. Наявність цієї структури, її низька теплопровідність, а також те, що горіння відбувається в надшаровому просторі за рахунок випаровування (сублімації) горючих продуктів, забезпечує знижену температуру маси паливного брикету в процесі горіння і, ймовірно, завдяки цьому не відбувається повного видалення кристалізаційної води синтезованих в'язучих компонентів групи IV. Це підтверджується збереженням форми брикету, зменшенням в'язучих втрат на видалення всієї маси води, що асимілюється в'язучою речовиною, і дозволяє компенсувати зниження теплотворної здатності палива при введенні в його склад негорючих мінеральних добавок за рахунок часткового зменшення втрат енергії на випаровування вказаної частини води.

На даний час налагоджено випуск палива у вигляді циліндрів діаметром 70 і 150 мм і заввишки від 50 до 200 мм. Циліндри можуть мати внутрішній отвір діаметром до 30 мм. Виробничі лінії дозволяють гнучко змінювати склад палива і використовувати навіть передзволожені матеріали другої групи, наприклад, торф із вмістом вологи до 75%.

Тема 2.10 Тверді побутові відходи. Шляхи утворення. Класифікація. Технологічні схеми переробки.

Тези: До твердих побутових відходів (ТПВ) відносяться відходи, що утворюються в житлових і суспільних будинках, торгівельних, видовищних, спортивних і інших підприємствах (включаючи відходи від поточного ремонту квартир), відходи від пристроїв місцевого опалення, опале листя, що збирається із двірських територій, і великогабаритні відходи. Таке визначення відповідає закордонному терміну «тверді муніципальні відходи»

ТПВ класифікують за джерелами утворення, за морфологічною сполукою, за ступенем небезпеки, за напрямком переробки й т.п.

У всіх країнах світу неухильно зростає кількість твердих побутових відходів і в даний момент становить на душу населення 200 – 800 кг/рік.

Крім збільшення маси зменшується щільність твердих побутових відходів за рахунок вміщення вмісту в них паперу й пластмаси, в основному за рахунок пакувальних матеріалів. Сполуки ТПВ в різних країнах принципово не відрізняється, у зв'язку із чим проблеми їхнього складування, ліквідації, знешкодження або переробки багато в чому ідентичні. Однак це не означає, що при рішенні цих проблем можливо використовувати який-небудь універсальний метод керування ТПВ. Поховання відходів залишається досить розповсюдженим способом їхнього усунення.

Тверді побутові відходи (ТПВ), що утворюються у наслідок життєдіяльності людей і видаляються на смітники (полігони, поховання), являють собою гетерогенну суміш складної морфологічної сполуки (чорні й кольорові метали, макулатуромісні й текстильні компоненти, склобій, пластмаса, харчова частина, камені, кістки, гума та ін.).

Полігони поховання, крім відчуження великих кількостей землі, екологічно небезпечні (забруднення ґрунтових вод і атмосфери, поширення неприємних запахів і т.п.) визначають втрату цінних компонентів ТБВ. Через зменшення кількості вільних земельних ділянок організація нових смітників пов'язана з більшими труднощами, у зв'язку із чим досить актуальна промислова переробка ТБВ.

Постійні компоненти побутових відходів, що звичайно попадають у двірські контейнери, - папір, картон, харчові залишки, текстиль, деревина, листя, чорний і кольоровий метал, кістки, скло, шкіра, гума, камені, кераміка, полімерні матеріали. Найчастіше туди ж викидаються великогабаритні відходи: будівельне сміття, меблі, що відслужили своє, побутова техніка й інші. Багато відходів токсичні.

Найпоширеніший до останнього часу спосіб боротьби з побутовими відходами в містах – вивіз їх на смітники – не вирішує проблему, а, відверто кажучи, збільшує її. Смітники – це не тільки епідеміологічна небезпека, вони неминуче стають потужним джерелом біологічного забруднення. Більше того, головний компонент біогазу – метан - визнаний одним з винуватців виникнення парникового ефекту, руйнування озонового шару атмосфери й інших лих глобального характеру. У цілому з відходів у навколишнє середовище попадає більше ста токсичних речовин. Нерідко смітники горять, викидаючи в атмосферу отруйний дим.

У наш час існує ряд способів зберігання й переробки твердих побутових відходів, а саме: попереднє сортування, санітарне земляне засипання, спалювання, біотермічне компостування, низькотемпературний піроліз, високотемпературний піроліз.

Головним напрямком у скороченні виділення шкідливих речовин у навколишнє середовище є сортування або роздільний збір побутових відходів. Останнім часом усе більше поширюється метод спільного спалювання твердих побутових відходів і шлаків стічних вод. Цим реалізується принцип використання тепла від спалювання відходів для сушіння осадів стічних вод. Однак зараз вартість газоочищення на сміттеспалювальних заводах різко зросла. Всі сміттеспалювальні підприємства є збитковими. У зв'язку з цим розробляються такі способи переробки побутових відходів, які дозволили б утилізувати й вдруге використовувати коштовні компоненти, що містяться в них.

Біотермічне компостування. Цей спосіб утилізації твердих побутових відходів заснований на природних, але прискорених реакціях трансформації сміття при доступі кисню у вигляді гарячого повітря при температурі близько 60°C. Біомаса ТПВ в результаті даних реакцій у біотермічній установці (барабані) перетворюється в компост. Однак для реалізації цієї технологічної схеми вихідне сміття повинно бути очищене від великогабаритних предметів, а також металів, скла, кераміки, пластмаси, гуми. Однак сучасні технології компостування не дають можливості звільнитися від солей важких металів, тому компост із ТПВ фактично мало корисний для використання в сільському господарстві. Крім того, більшість таких заводів збиткові. Тому розробляються

концепції одержання синтетичного газоподібного й рідкого палива для автотранспорту із продуктів компостування, виділених на сміттєпереробних заводах.

Спосіб утилізації побутових відходів піролізом застосовується в незначному масштабі, особливо в нашій країні, через свою високу вартість. Він може стати дешевим і не отруювати навколишнє середовище при знезаражуванні відходів. Технологія піролізу полягає в необоротній хімічній зміні складу сміття під дією температури без доступу кисню. За ступенем температурного впливу на речовину сміття піроліз як процес умовно розділяється на низькотемпературний (до 900 °C) і високотемпературний (понад 900 °C).

Після піролізу не залишається біологічно активних речовин, тому підземне складування піролізних відходів не наносить шкоди природному середовищу. Попіл, що утвориться, має високу щільність, що різко зменшує об'єм відходів, і піддається підземному складуванню. При піролізі не відбувається відновлення (виплавки) важких металів. До переваг піролізу ставляться й легкість зберігання й транспортування одержуваних продуктів, а, також те, що устаткування має невелику потужність.

Високотемпературний піроліз ТБВ, по суті, є не що інше, як газифікація сміття. Технологічна схема цього способу передбачає одержання з біологічної складової (біомаси) відходів вторинного синтез-газу з метою використання його для одержання пари, гарячої води, електроенергії.

Високотемпературний піроліз є одним із самих перспективних напрямків переробки твердих побутових відходів з погляду як екологічної безпеки, так і одержання вторинних корисних продуктів - синтез-газу, шлаків, металів і інших матеріалів, які можуть знайти широке застосування в народному господарстві. Високотемпературна газифікація дає можливість економічно вигідно, екологічно чисто й технічно відносно просто переробляти тверді побутові відходи без їхньої попередньої підготовки, тобто сортування, сушіння й т.п.

Переробка горючих відходів. Запропонована технологія газифікації дозволяє переробляти горючі відходи в закритому реакторі з одержанням горючого газу. Можуть бути перероблені відходи наступних типів:

- горюча фракція твердих побутових відходів (ТПВ), виділена при сортуванні;
- тверді промислові відходи – нетоксичні тверді відходи, що продукуються промисловими, торгівельними й іншими центрами, наприклад: пластик, картон, папір і т.п.;
- тверді горючі продукти переробки автомобілів: більшість автомобільних пластиків, гума, піноматеріали, тканина, дерево й т.п.;
- стічні води після осушення (найбільш ефективна переробка стічних вод досягається при використанні біотермічної технології);
- суха біомаса, така як відходи деревообробки, ошурки, кора й т.д.

Процес газифікації є модульною технологією. Цінним продуктом переробки є горючий газ. Газ може бути використаний для виробництва тепло-, електроенергії для супутніх виробництв або на продаж.

Переробка гниючих відходів. Органічна фракція ТПВ, отримана в результаті сортування, а також відходи ферм і очисних споруд можуть підлягати анаеробній переробці з одержанням метану й компосту, придатного для сільськогосподарських і садівничих робіт.

Переробка використаних шин. Для переробки шин використовується технологія низькотемпературного піролізу з одержанням електроенергії, сорбенту для очищення води або високоякісної сажі, придатної для виробництва автопокришок.

Переробка різних відходів в екологічно чисті будівельні матеріали широкої номенклатури. Технологія дозволяє переробляти практично будь-які відходи незалежно від їхнього складу, фізичного стану й часу їхнього утворення. У результаті можуть бути отримані вогне-, біо-, водостійкі будівельні деталі. Їх можна покривати різними лаками, ґрунтовками, фарбами й латексами або оздоблювальним покриттям.

*Технологічні схеми за темою надані у додатку Б.

САМОСТІЙНА РОБОТА СТУДЕНТІВ (СРС)

СРС складається з вивчення матеріалу лекцій, підготовки до практичних занять та виконання 1 курсової роботи.

Виключно важливе значення в організації СРС мають її системність і постійність. Вона починається на лекції і під час підготовки до неї: студентам рекомендовано перед кожною лекцією проглядати у літературі відповідний розділ курсу, що забезпечить цілеспрямоване сприйняття лекції. Проблемний характер лекцій орієнтує студентів до СР з навчальною і додатковою літературою, без чого є скрутним повноцінне засвоєння програмного матеріалу. Дуже важливо, для більш кращого закріплення матеріалу, проробити конспект лекцій і рекомендовану літературу невдовзі після прослуховування лекції.

Окрім того на самостійну роботу студентів виносяться пророблення, поглиблене вивчення процесів та технологій, що зустрічаються у хімічній технології неорганічних речовин при утилізації або знешкодженні відходів: новітніх теорій, поглядів, реалізації технологічних схем та апаратурного оформлення. Результатом такої роботи служать підготовлені студентами курсові роботи за темами наданими, викладачем або вибраними самостійно, доповіді на лекціях, практичних заняттях та спільне обговорення тем. Для здійснення такої роботи рекомендується використовувати останні видання книг, періодичні видання, а також Інтернет.

Формами контролю СРС є усне опитування і контрольні роботи на лекціях і практичних заняттях, перевірка КР та ДЗ.

ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

Практичне заняття 1. Розрахунки приземної концентрації оксиду сірки (IV).

Практичні заняття 2-3. Термодинамічні та кінетичні розрахунки екологічного спалювання природного газу на каталізаторі.

Практичні заняття 4-5. Розрахунки карбамідного очищення газів від NO₂ та SO₂.

Практичне заняття 6. Розрахунки селективного очищення газів від NO у виробництві HNO₃ в схемах АК-72

Практичне заняття 7. Розрахунки високотемпературного очищення газу від NO₂ у виробництві HNO₃ в схемах АК-72 та інших.

Практичні заняття 8-9. Розробка та теоретичне обґрунтування технологій утилізації твердих шламів хімічних виробництв.

Практичні заняття 10-11. Технологічні розрахунки процесів переробки піритних недогарків у виробництві хлориду міді та пігментів.

Практичні заняття 12-13. Технологічні розрахунки процесів отримання напівпродуктів із фторвмісних речовин – відходів переробки фосфатної сировини.

Практичні заняття 14-15. Технологічні розрахунки процесів утилізації фосфогіпсу та відходів ТФК.

Практичні заняття 16-17. Технологічні розрахунки процесів утилізації відходів виробництв калійних добрив та кальцинованої соди.

Практичне заняття 18. Технологічні розрахунки процесів утилізації відходів нафтопереробних заводів.

Типові задачі практичних занять

Практичне заняття: Очистка газів від NO_x.

$$\text{ГДК (NO}_x\text{)} = 5 \text{ мг/м}^3.$$

Метод озонування.



$$C_{(\text{NO})} = 0,1 - 0,3 \% \text{ об.}$$

$$\ln Kp_{\Sigma} = - \frac{\Delta G}{RT}.$$

Вихідні данні:

$$\Delta G_{\text{х.р.}} = \Delta G_{\text{прод.}}^0 - \Delta G_{\text{вих. реч.}}^0.$$

$$\Delta G^0_{(\text{NO})} = 87,58 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta G^0_{(\text{O}_2)} = 0 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta G^0_{(\text{NO}_2)} = 52,29 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta G^0_{(\text{O}_3)} = 162,76 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta G_{\text{х.р.}} = -198,05 \text{ кДж/моль};$$

$$P^*_{(\text{NO}_2)} = P^*_{(\text{NO})} \cdot x;$$

$$P^*_{(\text{O}_2)} = P^*_{(\text{NO})} \cdot x;$$

$$P^*_{(\text{NO})} = P^*_{(\text{NO})} \cdot (1-x);$$

$$P^*_{(\text{O}_3)} = P^*_{(\text{NO})} \cdot (1-x);$$

$$K_p = (P^*_{(\text{NO})} \cdot x \cdot P^*_{(\text{NO})} \cdot (1-x)) / (P^*_{(\text{NO})} \cdot (1-x) \cdot P^*_{(\text{NO})} \cdot (1-x));$$

$$K_p = \frac{x^2}{1 - 2x + x^2};$$

$$K_p \cdot (x^2 - 2x + 1) = x^2;$$

$$x = \frac{2K_p \pm 2\sqrt{K_p^2 - K_p \cdot (K_p - 1)}}{2 \cdot (K_p - 1)} = \frac{2K_p \pm 2\sqrt{K_p}}{2 \cdot (K_p - 1)} = \frac{K_p \pm \sqrt{K_p}}{K_p - 1};$$

$$C_{(\text{NO})} = 0,1\% = 0,001;$$

$$C_{\text{зал.}} = P_{(\text{NO})} \cdot (1-x).$$

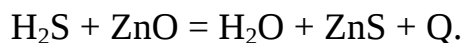
Результати розрахунків:

T, °C	K _p , кДж/моль	x, долі	C _{зал.} , %
15	1.086	0.512	0.0488
20	1.084	0.5109	0.049
25	1.083	0.510807	0.049003
30	1.0818	0.51098	0.04902

Висновок: немає сенсу змінювати початкову концентрацію забруднювача.

Практичне заняття: Очистка газів від H_2S .

Цинковий метод



Вихідні данні:

$$\Delta G_{\text{H}_2\text{S}} = -33,8 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta G_{\text{ZnO}} = -318,1 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta G_{\text{ZnS}} = -129,7 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta G_{\text{H}_2\text{O}} = -273,7 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta G_{\text{x.p.}} = -15,07 \text{ кДж/моль};$$

$$C_0(\text{H}_2\text{S}) = 0,01 = 1\%;$$

$$\text{ГДК} = 3 \text{ мг/м}^3 = 1,976 \cdot 10^{-4}.$$

Розрахунки приведені для температури 653К

$$\ln K_p = -\Delta G_{\text{x.p.}}/RT;$$

$$\ln K_h = 0,0027716;$$

$$K_p = 1,002775.$$

Результати багатоваріантного розрахунку:

T, К	K_p , кДж/моль	x, долі	$C_{\text{ост}}$, %	$C_{\text{поч}}$, %
623	1,0029	0,50072	0,49928	3,9657
633	1,00286	0,5007	0,4992	3,96555
643	1,0028	0,500699	0,4993	3,96554
643	1,002775	0,500694	0,49931	3,96550

З рівняння реакції виведемо формулу та розрахуємо x :

$$K_p = P_{\text{H}_2\text{O}}/P_{\text{H}_2\text{S}} = x/(1-x);$$

$$x = K_p/(1+K_p).$$

Звідки: $x = 0,500694$.

Розрахуємо залишковий вміст сірководню після очистки:

$$C_{\text{ост}} = C_0 \cdot (1-x);$$

$$C_{\text{ост}} = 0,4993.$$

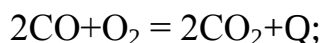
Визначимо, якою має бути концентрація сірководню, щоб газ можна було очистити при заданих температурах.

$$C_{\text{поч}} = ГДК/(1-x) = 3,9655 \cdot 10^{-4}.$$

Результати багатоваріантного розрахунку занесені до таблиці.

Практичне заняття: Очищення газів від CO та CO₂.

Очищення газу від CO методом каталітичного окиснення



Вихідні данні:

$$\Delta G_{\text{CO}} = -137,235 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta G_{\text{CO}_2} = -394,644 \text{ кДж/моль};$$

$$P = 101325 \text{ Па};$$

$$C_0(\text{CO}) = 1\% \text{ об.}$$

$$\text{ГДК}_{\text{роб.зона}} = 20 \text{ мг/м}^3 = 16 \cdot 10^{-4} \% \text{ об.};$$

$$\Delta G_{x,p} = -394,644 \text{ кДж/моль}.$$

Розрахуємо K_p при заданих температурах:

$$\ln K_p = - ((-\Delta G_{x,p})/RT)$$

Якщо брати до уваги, що кисень не в надлишку то формула для знаходження x матиме вигляд:

$$x = (\sqrt{K_p}) / (1 + \sqrt{K_p}).$$

Розраховуємо $C_{\text{зал}}$ за формулою:

$$C_{\text{зал}} = C_0 \cdot (1 - X).$$

Отримані дані заносимо до таблиці.

Результати розрахунків:

T, °C	K _p кДж/моль	x, долі	C _{зал} , %
100	1,1807	0,52075	0,479
150	1,1577	0,5183	0,4817
200	1,1399	0,51636	0,4836
300	1,114179	0,5135	0,4865

Метод каталітичного окиснення рекомендується до застосування, бо він є простим і допускає широкий вибір каталізаторів. Як видно з розрахунків, залишкова концентрація СО не перевищує норми ГДК робочої зони.

Очистка від CO₂ гарячим розчином поташу.



Вихідні данні:

$$\Delta G_{\text{CO}_2} = -394,644 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta G_{\text{KHCO}_3} = -867,34 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta G_{\text{K}_2\text{CO}_3} = -1065,306 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta G_{x,p} = -37,326 \text{ кДж/моль};$$

$$P = 101325 \text{ Па};$$

$$C_0(\text{CO}_2) = 1\% \text{ об.}$$

Розраховуємо K_p при заданих температурах:

$$\ln K_p = - ((-\Delta G_{x,p}) / RT).$$

Потім розраховуємо степінь перетворення за формулою:

$$X = 1 - (1 / (C_0 \cdot K_p \cdot P)).$$

Та розраховуємо $C_{\text{зал}}$ за формулою:

$$C_{\text{зал}} = C_0 \cdot (1 - X).$$

Отримані дані заносимо до таблиці.

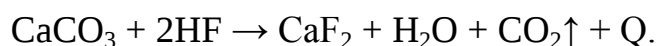
Очищення газів поташем є економічним тільки при абсорбції під тиском. Підвищена температура абсорбції дозволяє збільшити концентрацію поташу в розчині і відповідно підвищити швидкість абсорбції. Розчин поташу регенерується при нагріванні і частковому зниженні тиску. Однак швидкість абсорбції і десорбції при очищенні поташем невелика, що призводить до збільшення габаритів масообмінних апаратів. Проте за цим методом досягається досить ефективне очищення газів від CO_2 .

Результати розрахунків:

$T, ^\circ\text{C}$	$K_p,$ кДж/моль	$x,$ долі	$C_{\text{зал}},$ %
65	1,013377	0,9990261	9,739
75	1,01299	0,99902573	9,743
80	1,012801	0,9990255	9,745
85	1,01263	0,9990253	9,747
90	1,01245	0,99902521	9,7479

Практичне заняття: Очищення газів від фторвмісних сполук.

Вапняний метод:



Вихідні дані:

$$\text{ГДК}_{\text{HF р.з.}} = 0,5 \text{ мг/м}^3 = 0,56 \cdot 10^{-4} \text{ \%}.$$

Температура проведення процесу:

$$T > 100 ^\circ\text{C};$$

Тиск в системі:

$$P = 101325 \text{ Па};$$

Початкова концентрація HF в газі:

$$C_0(\text{HF}) = 1 \text{ \% об.}$$

Знаходимо ΔG хімічної реакції:

$$\Delta G_{\text{CO}_2} = -394,37 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta G_{\text{H}_2\text{O пар}} = -228,61 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta G_{\text{CaF}_2} = -1168,46 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta G_{\text{HF}} = -275,41 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta G_{\text{CaCO}_3} = -1128,35 \text{ кДж/моль};$$

$$\Delta G_{\text{х.р.}} = -112,27 \text{ кДж/моль}.$$

Виводим значення K_p та x :

$$\ln K_p = -\frac{\Delta G}{RT};$$

$$P^*_{\text{CO}_2} = P \cdot x \cdot C^{\circ}_{\text{HF}};$$

$$P^*_{\text{H}_2\text{O}} = P \cdot x \cdot C^{\circ}_{\text{HF}};$$

$$P^*_{\text{HF}} = (P \cdot (1-x)) \cdot C^{\circ}_{\text{HF}}.$$

$$K_p = \frac{x^2}{(1-x)^2},$$

звідси:

$$x = \frac{\sqrt{K_p}}{1 + \sqrt{K_p}}.$$

Початкова концентрація, яку необхідно взяти, щоб досягнути необхідного ступеня очищення при 100°C :

$$C_{\text{поч}} = \frac{ГДК}{1-x} = 1,130 \cdot 10^{-4}.$$

Залежність ступені перетворення від температури процесу:

$T, ^{\circ}\text{C}$	$K_p,$ кДж/моль	$x,$ долі	$C_{\text{зал.}}$ %	$C_{\text{поч.}}$ %
100	1,03679	0,5045	0,4954	$1,130 \cdot 10^{-4}$
150	1,03245	0,5039	0,49601	-
200	1,02897	0,5036	0,4964	-
250	1,02617	0,5032	0,4968	-
300	1,02386	0,5029	0,4971	-
350	1,02192	0,5027	0,4973	-

КОНТРОЛЬНА РОБОТА

Метою контрольних робіт є розвиток і закріплення вмінь та навичок розрахункового обґрунтування умов реалізації екологічних і технологічних процесів очищення газу і утилізації твердих відходів.

Перелік тем, що виносяться на контрольну роботу

1. Обґрунтування та технологічні розрахунки технологічних схем очищення газу від забруднювачів.
2. Технологічні прийоми утилізації твердофазних відходів хімічної промисловості та розрахунок матеріальних балансів схем утилізації.

Розділ 1 “Технологія знешкодження газових відходів”

1. Високотемпературне очищення газів від NO_x у виробництві азотної (нітратної) кислоти.
2. Селективне очищення газів від NO_x у виробництві азотної кислоти.
3. Очищення ваграночних газів від NO_x карбамідним методом в металургії.
4. Очищення газу від оксиду сірки (IV) аміачно-сірчанокислотним способом у виробництві сірчаної кислоти.
5. Очищення газу від сірковмісних сполук у виробництві аміаку.
6. Очищення газу від оксиду вуглецю (IV) моноетаноламіном у виробництві аміаку.
7. Очищення газу від фторвмісних сполук вапняним методом у виробництві фосфорної (фосфатної) кислоти.
8. Очищення викидних газів ДВЗ методом каталітичного спалювання.
9. Очищення газу від оксидів вуглецю методом каталітичного гідрування у виробництві аміаку.
10. Очищення вентиляційних газів від ртуті хлорним методом.

Розділ 2 “Технологія знешкодження твердих відходів”

(згідно робочої навчальної програми):

1. Виробництво бітуму з кислих гудронів.
2. Виробництво високосірчаного коксу з кислих гудронів.
3. Виробництво паливних брикетів (ПБ) за інтегральною мінерально-матричною технологією.
4. Вилучення міді з піритних недогарків методом хлоруючого випалу.
5. Виробництво залізного сурику ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) з піритного недогарка.
6. Виробництво жовтої охри та пігменту типу мумія з недогаркового пилу.
7. Вилучення селену зі шламів промивних башт і мокрих електрофільтрів.

8. Виробництво сірчаної (сульфатної) кислоти з фосфогіпсу.
9. Виробництво сульфату амонію з фосфогіпсу.
10. Виробництво концентрату рідкоземельних металів і фосфокрейд при переробці фосфогіпсу.
11. Виробництво гіпсових в'язучих (α або β) з фосфогіпсу.
12. Переробка відходів виробництва ТФК, що одержуються при виробництві фосфору.
13. Очищення фторвмісних газів виробництва ЕФК із використанням розчину амонійних солей.
14. Одержання фториду алюмінію з викидної гексафторкремнієвої кислоти.
15. Виробництво кріоліту з викидної гексафторкремнієвої кислоти.
16. Одержання кормової повареної солі з галітових відходів.
17. Одержання NaCl і KCl із глинясто-сольових шламів.
18. Аміачне вилуження міді зі шламів гальванічних виробництв.
19. Кислотне вилучення міді зі шламів гальванічних виробництв.

Самостійні розробки:

(технологія обирається студентом)

1. Утилізація радіоактивних речовин атомних електростанцій (АЕС) та атомних підводних човнів (АПЧ).
2. Рекуперація активного мулу.
3. Переробка шламів водопідготовки.
4. Переробка відходів птахофабрик з одержанням біогазу.
5. Використання алюмініймісних відходів промвиробництв.
6. Переробка відходів виробництв пластичних мас і виробів на їхній основі.
7. Переробка відходів процесів газифікації палив.
8. Утилізація шламів гальванічних виробництв, що містять кольорові метали.
9. Використання гальванічних шламів при виробництві керамічних пігментів.
10. Утилізація вибухових матеріалів.

НАВЧАЛЬНО - МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ*

Основні:

1. Торочешников, Н.С. Техника защиты окружающей среды [Текст]/ Торочешников, Н.С., Родионов А.И., Хельцев Н.В., Клушин В.Н. –М.: Химия, 1981. –86с.
2. Наркевич, И.П. Утилизация и ликвидация отходов в технологии неорганических веществ [Текст]/ Наркевич И.П., Отвагина Н.И. –М.: Химия, 1984. –240с.
3. Родионов, А.И. Техника защиты окружающей среды [Текст]/ Родионов А.И., Клушин В.Н., Торочешников Н.С. – М.: Химия, 1989. – 512 с.
4. Лотош, В.Е. Технология основных производств в природопользовании [Текст]/ Лотош В.Е. – Екатеринбург: Изд-во УГЭУ, 1998. – 536 с.
5. Лотош, В.Е. Экология природопользования. [Текст]/ Лотош В.Е. – Екатеринбург: Изд-во УГЭУ, 2000. – 540 с.

Додаткові:

1. Власенко, В.Н. Каталитическая очистка газа. [Текст]/ Власенко В.Н. – Киев: Техника, 1978. – 199 с.
2. Иваницкий, В.В. Фосфогипс и его использование [Текст]/ Иваницкий В.В., Классен П.В., Новиков А.Н. и др. –М.: Химия, 1990г. – 264 с.

*У процесі виконання лабораторних робіт та відповідних частин курсових та дипломних проектів (робіт) додаткова література рекомендується керівниками відповідно до тем проектів (робіт).

ДОДАТКИ

[2, 3]

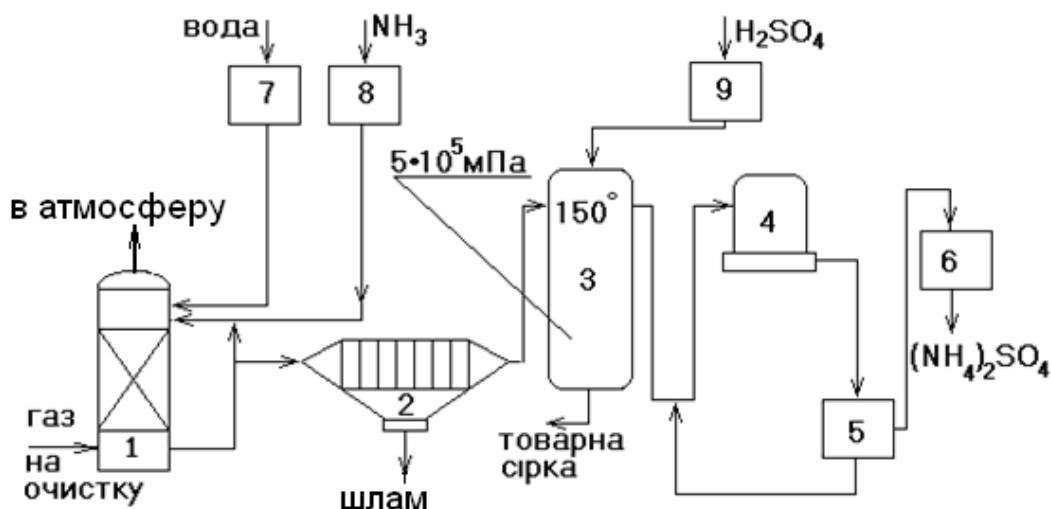


Рисунок 1 - Схема очистки від SO_2 аміачно-автоклавним методом.

1 – скруббер; 2 – фільтрпрес; 3 – автоклав; 4 – випарний апарат;
5 – центрифуга; 6 – сушарка.

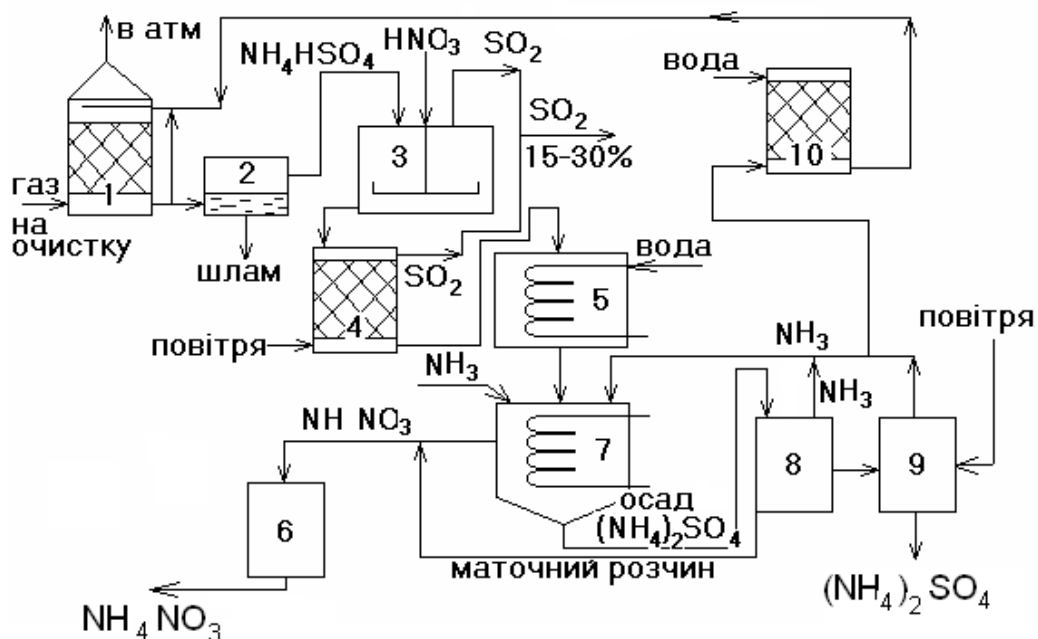


Рисунок 2 - Технологічна схема аміачно-азотнокислотної очистки газу від оксиду сірки (IV)

1 - абсорбер; 2 - декантатор; 3 - змішувач; 4 - підігрівач; 5 - холодильник; 6 - збірник селітри;
7 - реактор; 8 - центрифуга; 9 - апарат продувки

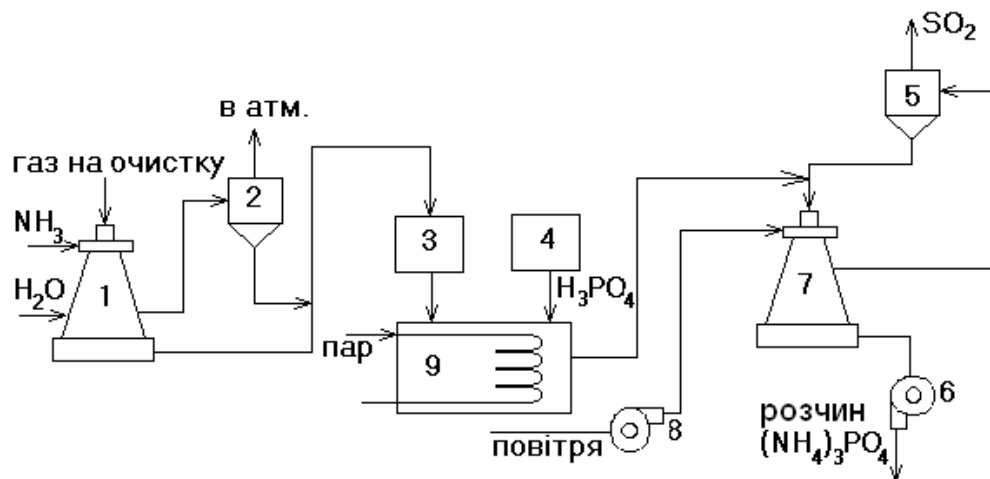


Рисунок 3 - Технологічна схема аміачно-фосфорнокислотної очистки газу від оксиду сірки (IV)

1 – абсорбер Вентурі; 2,5 – краплевлловлювачі; 3 – збірник; 4 – ємкість H_3PO_4 ; 6 – насос; 7 – градирня; 8 – повітрорудувка; 9 – реактор розкладання.

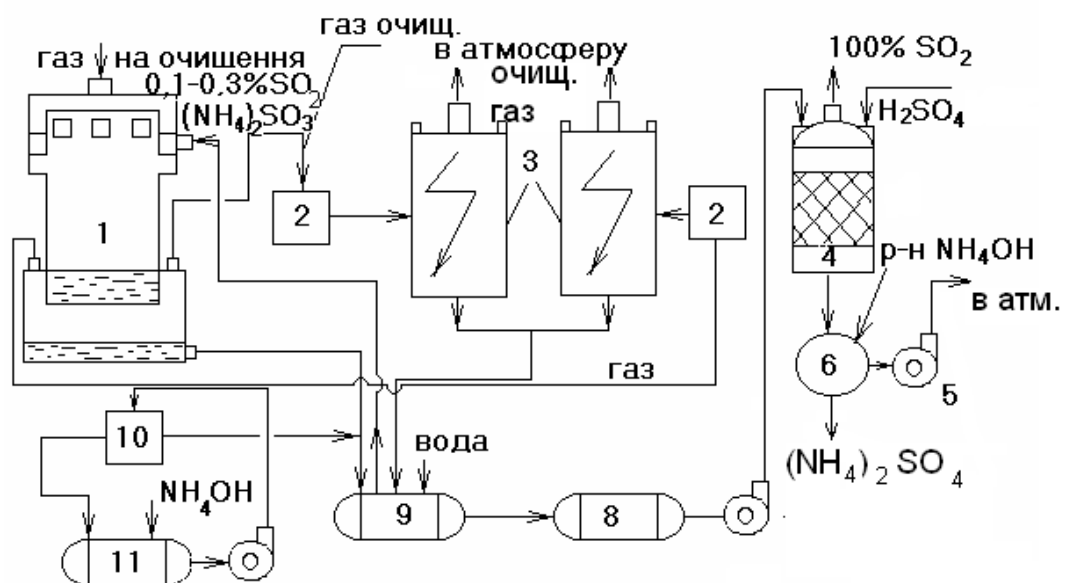


Рисунок 4 - Технологічна схема аміачно-сірчанокислотної очистки газу від оксиду сірки (IV)

1 - абсорбер; 2 - краплевлловлювач; 3 - електрофільтр; 4 - регенератор; 5 - газодувка; 6 - збірник сульфату амонію; 7 - насос; 8,9,10,11 - збірники розчину.

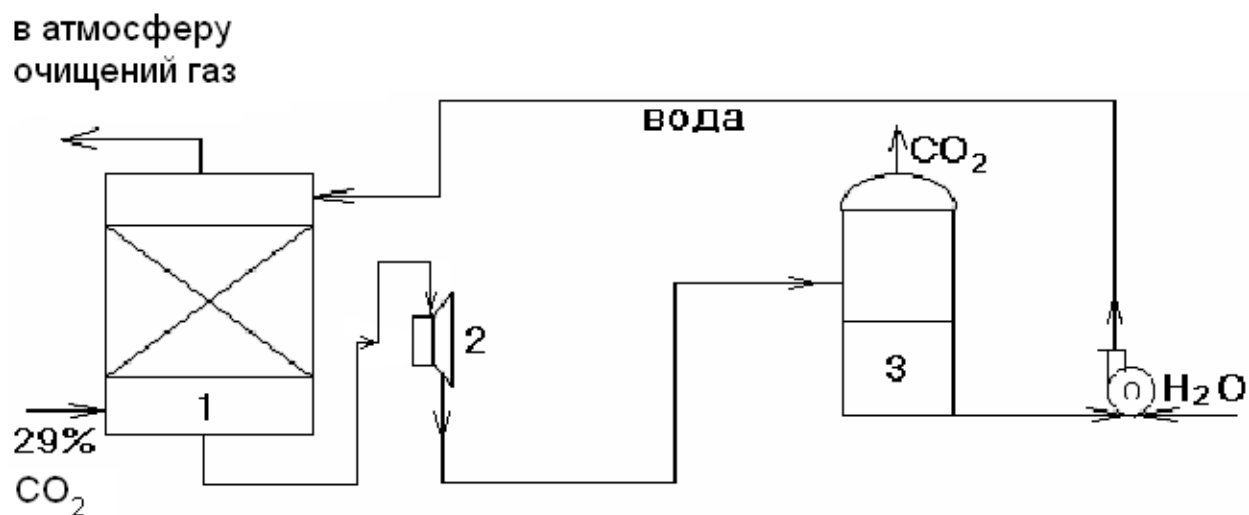


Рисунок 5 - Принципова схема процесу очистки від CO₂ абсорбцією водою

1 – скруббер; 2 – турбіна; 3 – дегазатор.

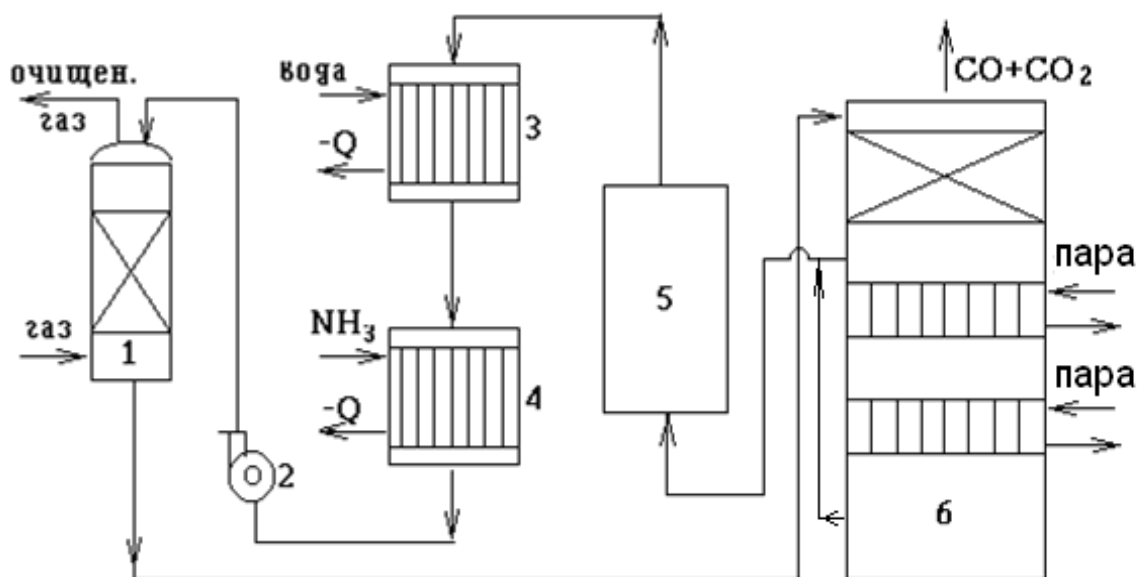


Рисунок 6 - Схема установки очистки газа від СО абсорбцією мідно-аміачними розчинами

1 – адсорбер; 2 – насос; 3 – водяний холодильник; 4 – аміачний холодильник; 5 – ємкість; 6 – десорбер.

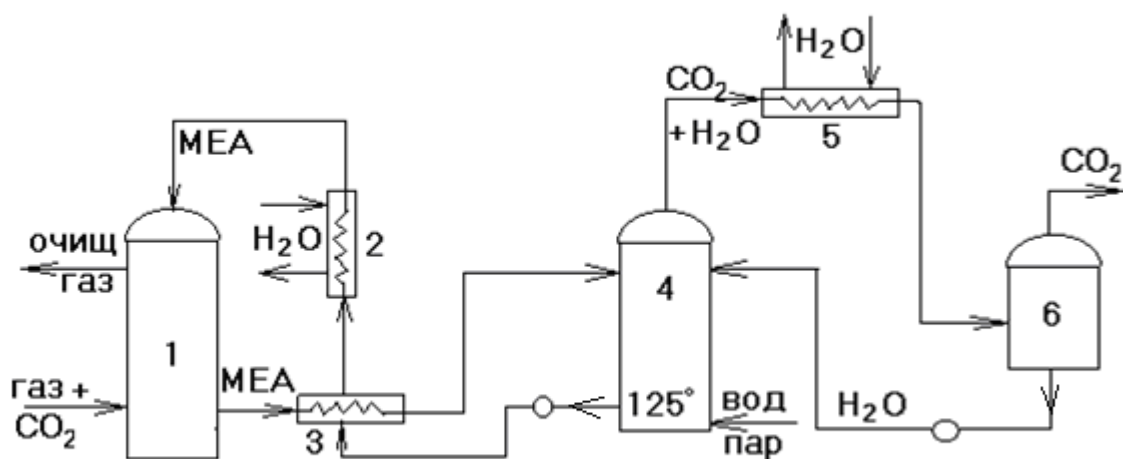


Рисунок 9 - Схема установки способ поглинання CO_2 розчинами моноетаноламінів

1 – абсорбер; 2 – холодильник; 3, 5 – теплообмінник;
4 – десорбер; 6 – сепаратор.

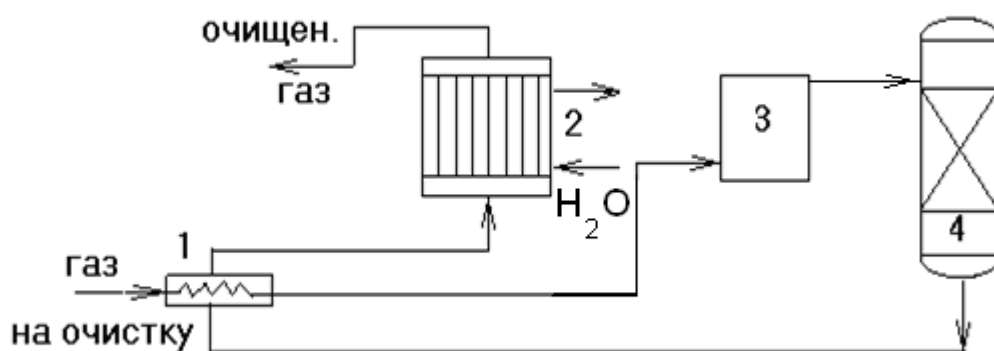


Рисунок 10 - Схема установки процесу метанування

1 – теплообмінник; 2 – холодильник водяний; 3 – піч; 4 – реактор.

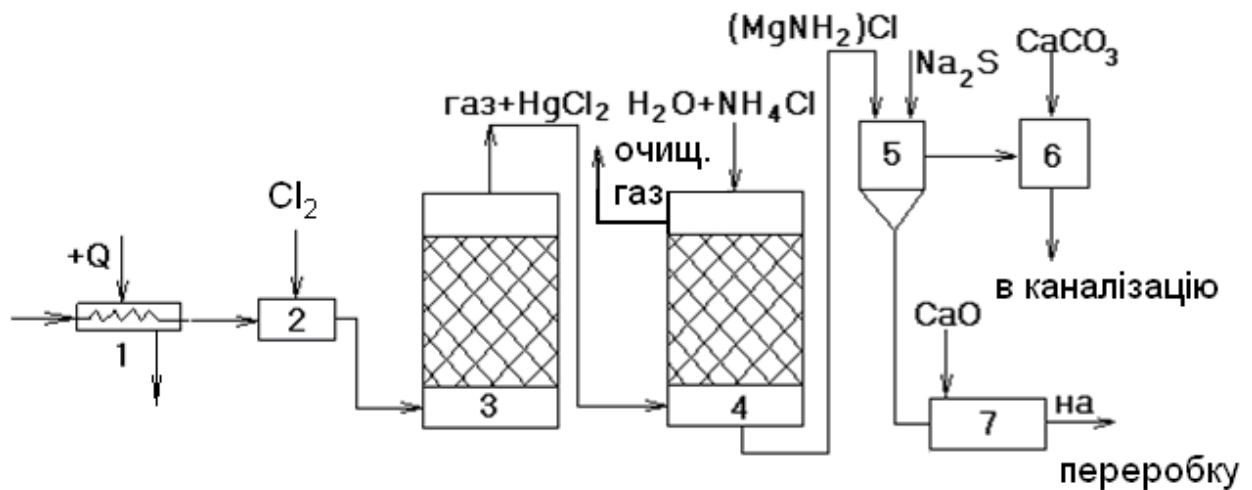


Рисунок 11 - Схема очистки від ртуті хлором при відносно сухому ($\varphi < 80\%$) газі.

1 – нагрівач; 2, 7 – змішувач; 3 хлоратор; 4 – скруббер;
5 – реактор; 6 – нейтралізатор.

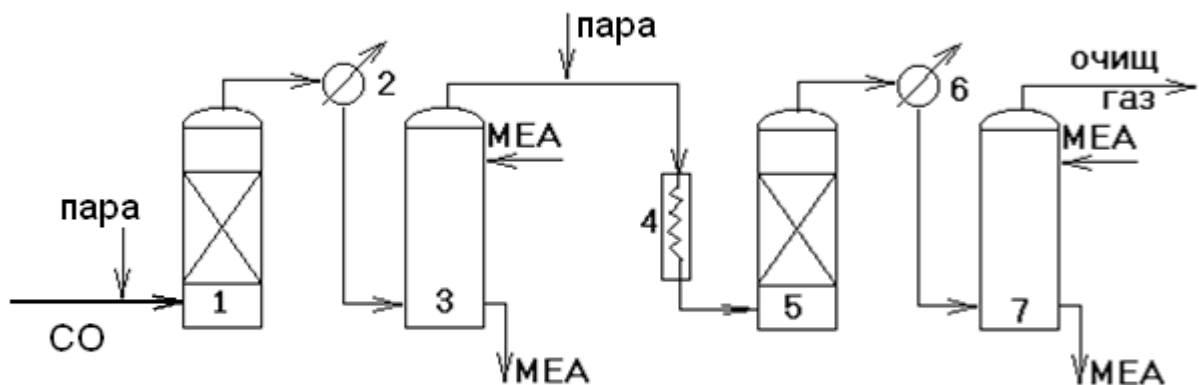


Рисунок 12 - Схема установки очищення від CO_2

1 – конвертор CO першого ступеня; 2, 6 – холодильники;
3, 7 – абсорбери; 5 – конвертор другого ступеня.

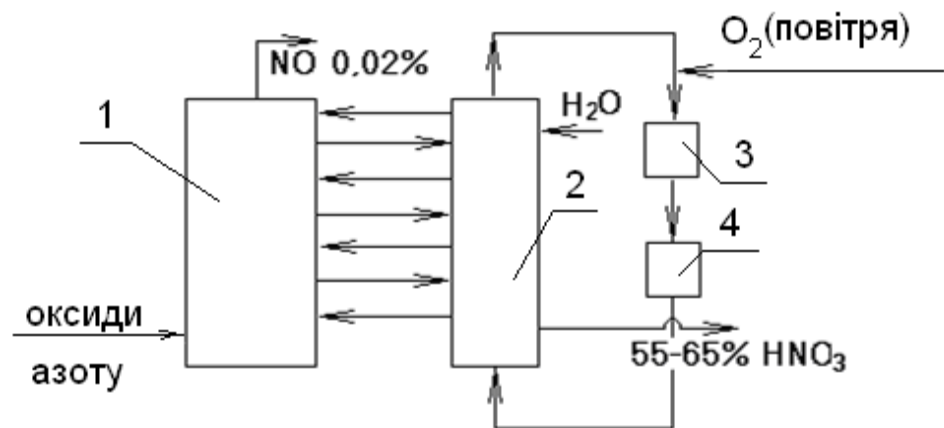


Рисунок 13 - Схема агрегату абсорбційної очистки від оксидів азоту
 1 – абсорбційна колона; 2 – додаткова колона; 3,4 – ємкості.

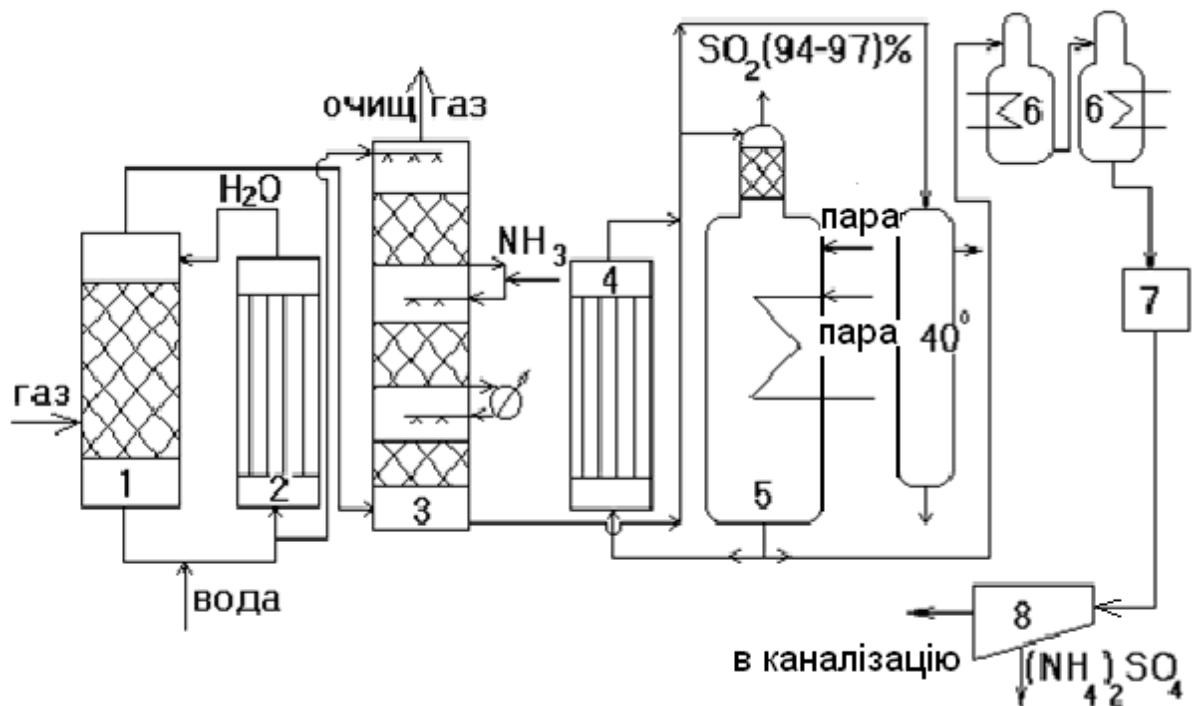


Рисунок 14 - Схема аміачно-циклічного способу очистки газу від SO_2
 1 – скруббер; 2,4 – теплообмінники; 3 – санітарна башта; 5 – відгінна колона; 6 – випарний апарат; 7 – кристалізатор; 8 – центрифуга; 9 – автоклав.



Рисунок 15 - Схема вапнякового методу очистки газу від SO_2

1 – скруббер; 2 – ємкість; 3 – кристалізатор; 4 – вакуум-фільтр;
5 – збірник; 6 – збірник вапнякового молока.

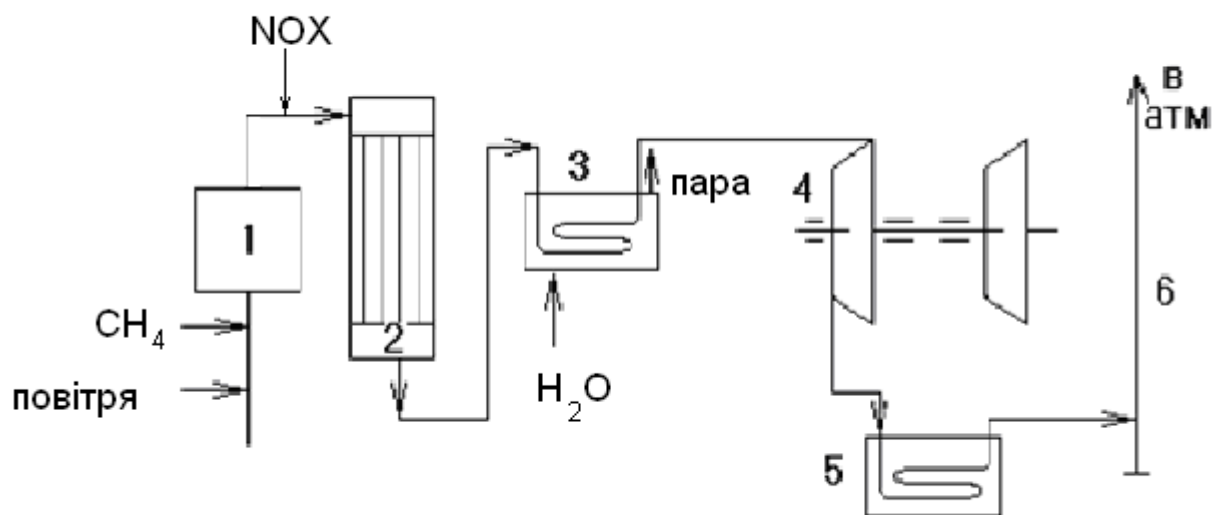


Рисунок 16 - Схема високотемпературного очищення газу від NO_x з використанням метану

1 – топка; 2 – реактор; 3 – котел-утилізатор; 4 – турбіна;
5 – економайзер; 6 – труба.

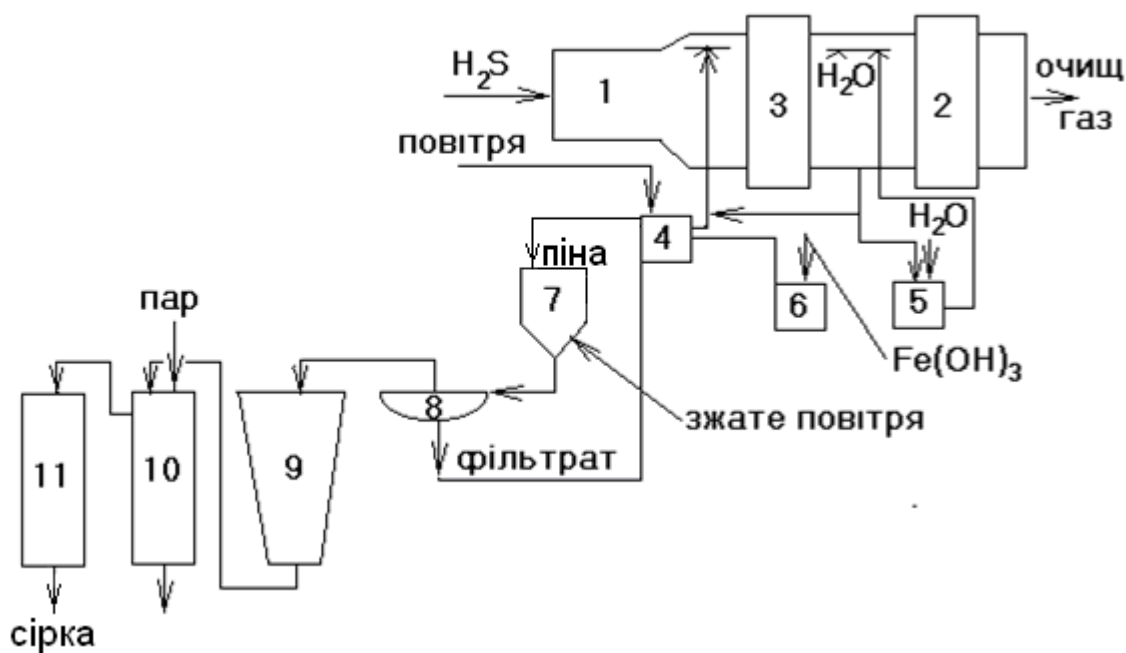


Рисунок 17 - Схема очистки газа від H_2S залізо-содовим методом
 1 – абсорбційна камера; 2 – промивна камера; 4 – збірник вбирного розчину; 3 – краплеуловлювач; 5 – збірник води; 6 – збірник $Fe(OH)_3$; 7 – збірник піни; 8 – вакуум-фільтр; 9 – теча; 10 – піч; 11 – збірник сірки.

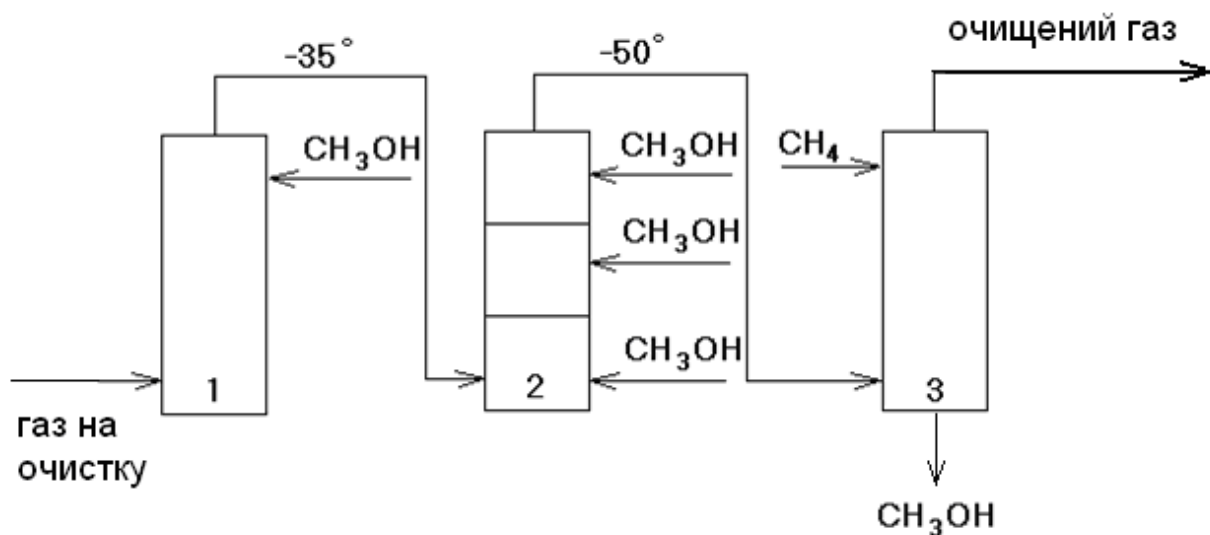


Рисунок 18 - Схема метанольної очистки газу від CO_2 та CO
 1 – абсорбер – холодильник; 2 – абсорбер основної очистки;
 3 – абсорбер тонкої очистки.

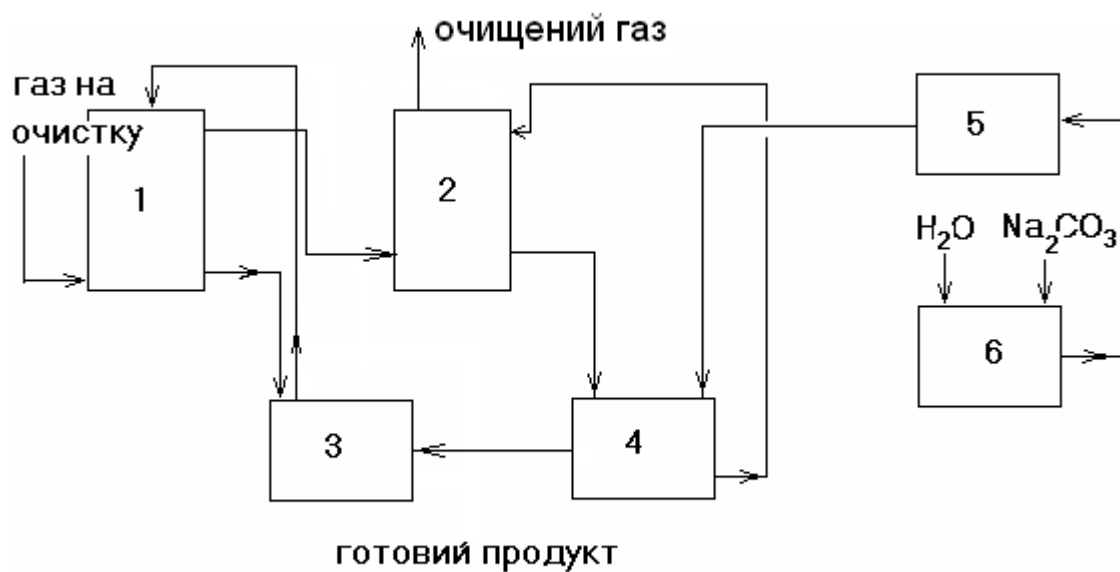


Рисунок 19 - Схема содової очистки від SO_2
1, 2 – абсорбційні башти; 3, 4, 5 – збірники; 6 – розчинник соди.

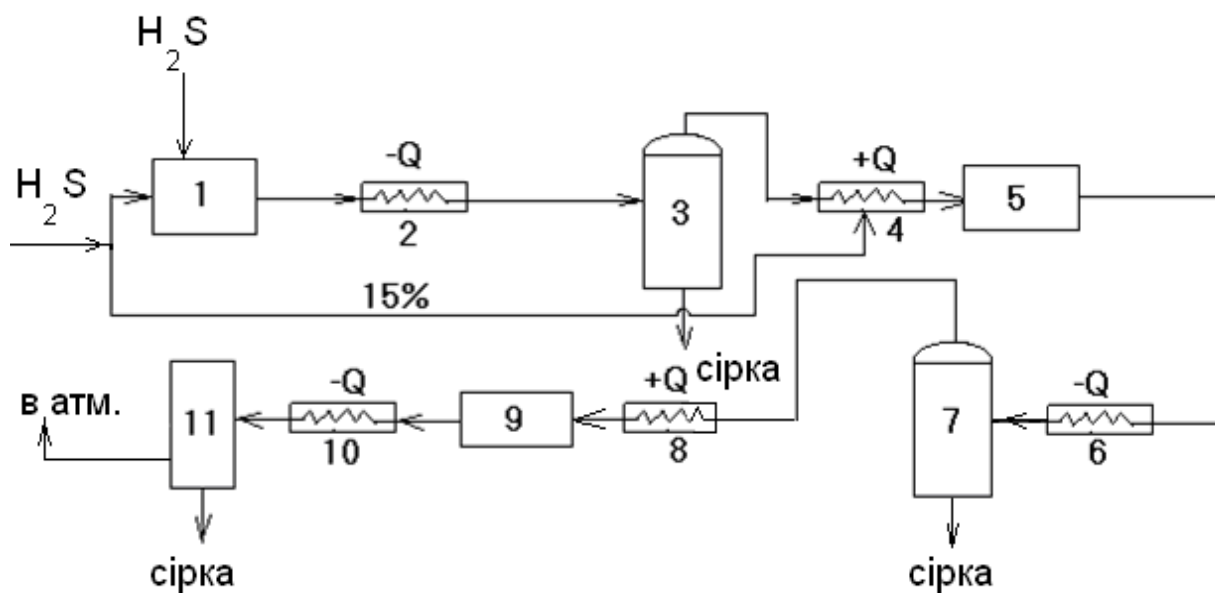


Рисунок 20 - Схема установки каталитического получения сірки з сірководню
1 – апарат полум'яного окислення; 2, 6, 10 – холодильники; 3, 7, 11 – сепаратори; 4, 8 – нагрівачі; 5 – реактор I ступеня; 9 – реактор II ступеня.

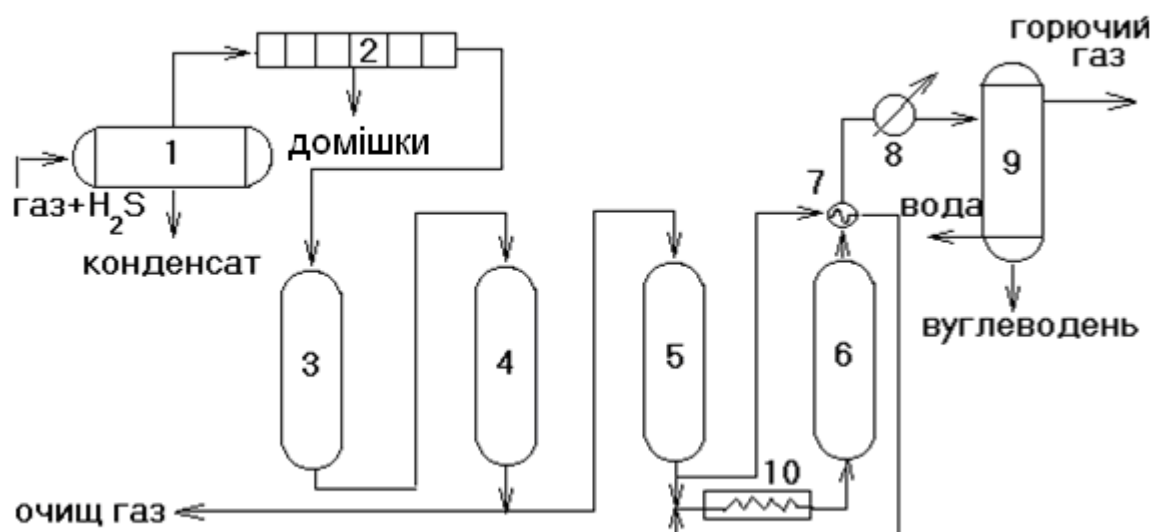


Рисунок 21 - Схема установки очистки газа від H_2S цеолітами
 1, 9 – сепаратори; 2 – фільтр; 3-6 цеолітні адсорбери; 7 – теплообмінник; 8 – холодильник; 10 – нагрівач.

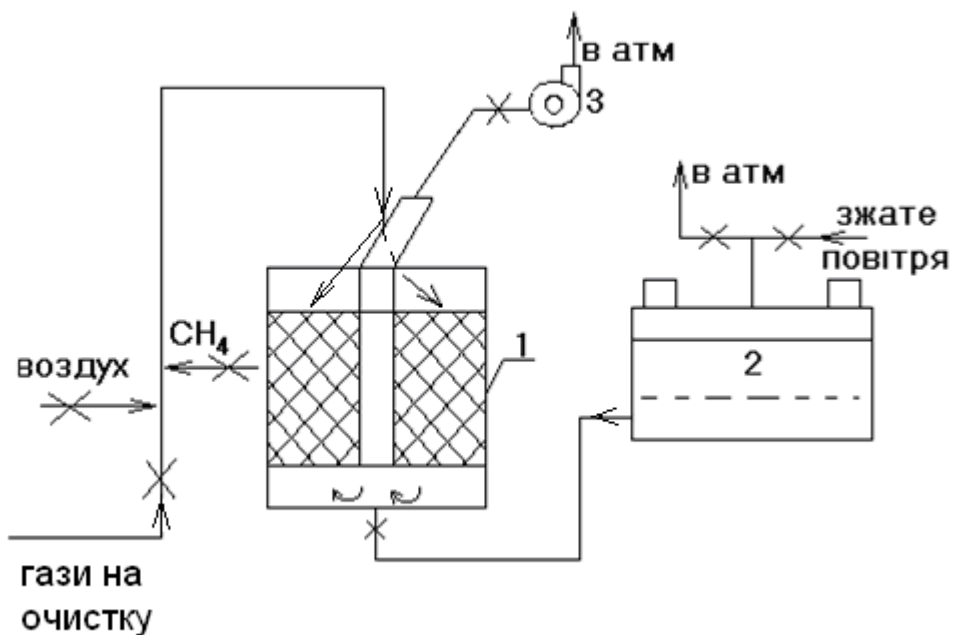


Рисунок 22 - Схема установки способу твердої очистки від оксидів азоту
 1 – адсорбер; 2 – монтежу; 3 – газодувка.

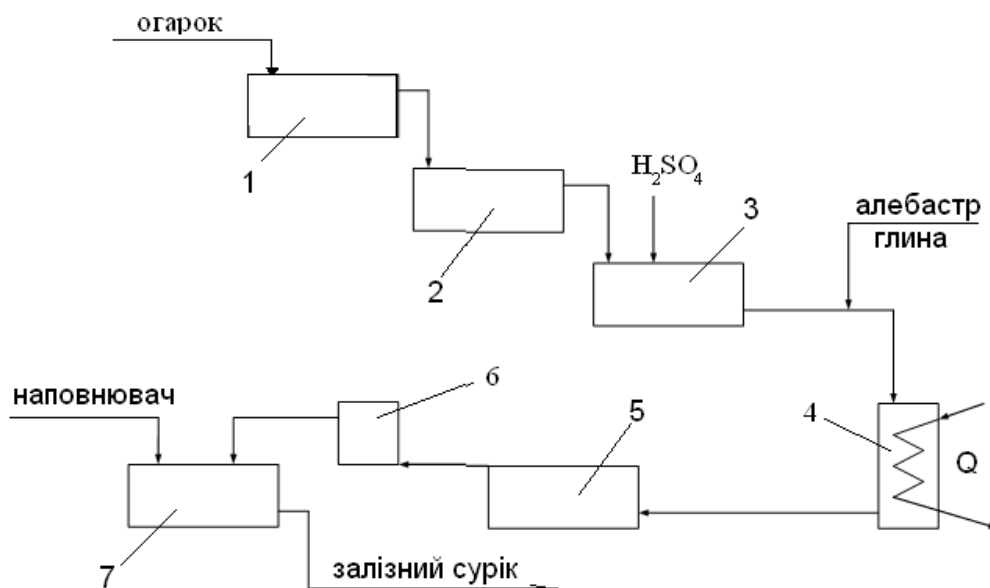


Рисунок 1 - Технологічна схема виробництва пігменту залізний сурік з відходів виробництва сірчаної кислоти (піритного огарку)

1 – грохота; 2,6 – шаровий млин; 3 – промивний чан; 4 – сушарка; 5 – піч; 7 – змішувач

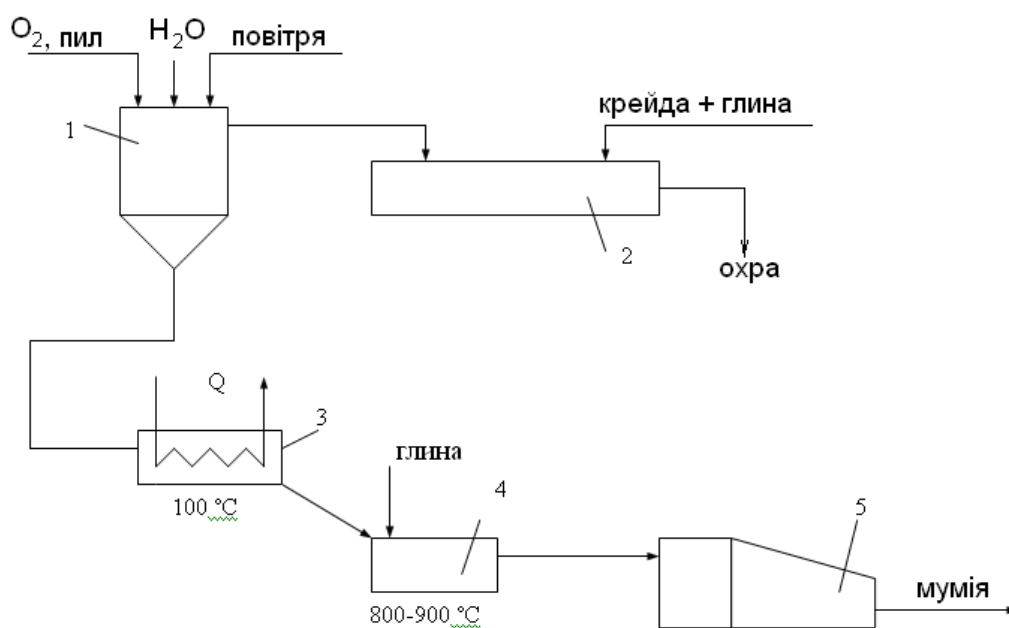


Рисунок 2 - Технологічна схема виробництва пігментів охра та типу «мумія»

1- реактор-розчинювач; 2 – змішувач; 3 – підігрівач; 4 – піч; 5 – шаровий млин

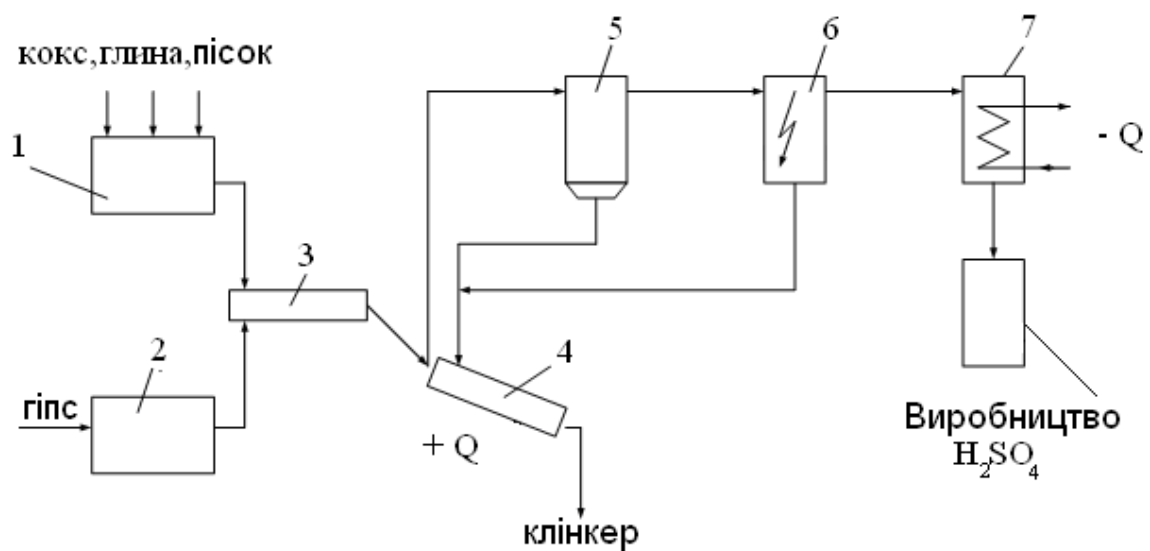


Рисунок 3 - Технологічна схема переробки $CaSO_4$ в H_2SO_4

1- млин; 2 – сушарка; 3 – змішувач; 4 – піч; 5 – циклон; 6 – електрофільтр; 7 – охолоджувач

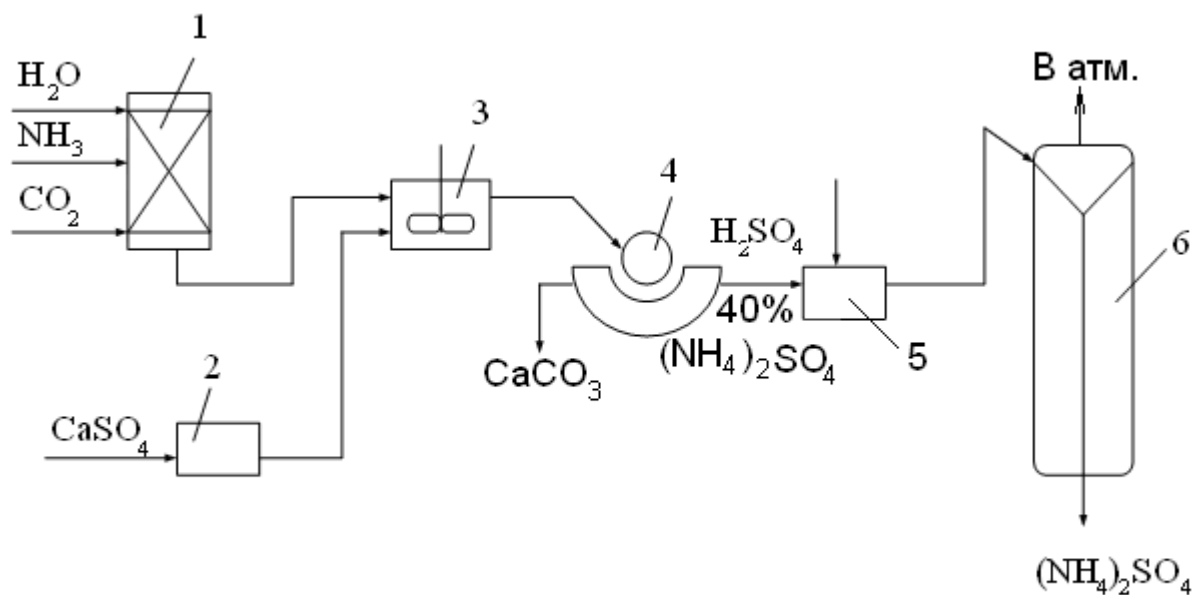


Рисунок 4 - Технологічна схема виробництва сульфату амонію $(NH_4)_2SO_4$

1- реактор; 2 – млин; 3 – каскад реакторів; 4 – фільтр; 5 – нейтралізатор; 6 - випарка

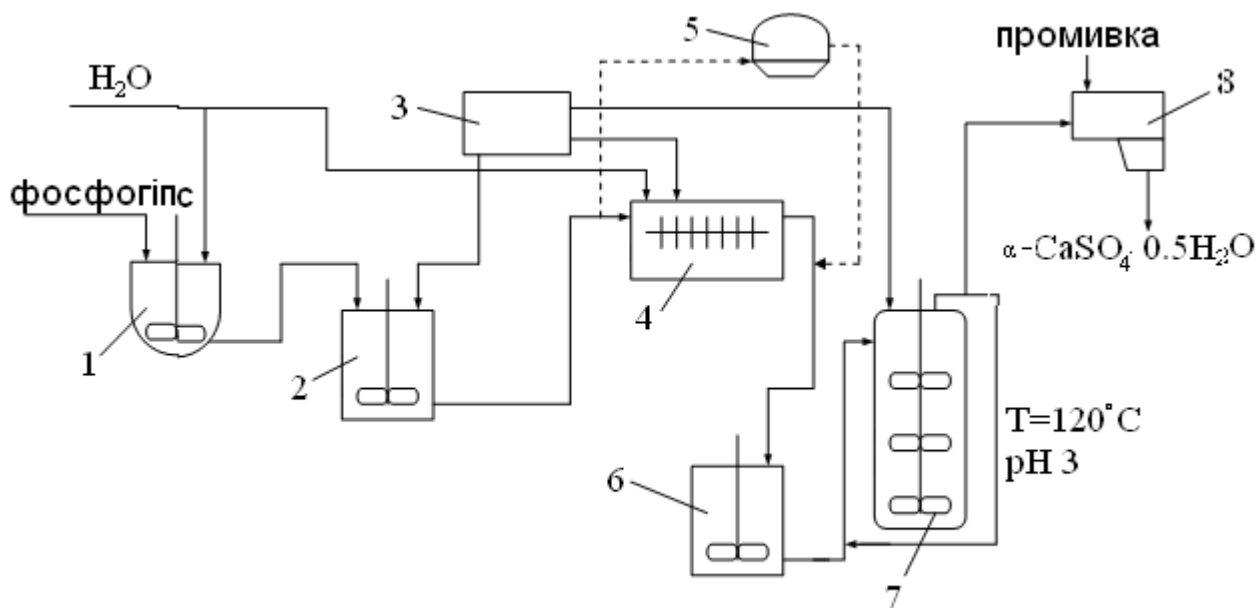


Рисунок 5 - Технологічна схема виробництва α -напівгідрату сульфату кальцію ($\alpha\text{-CaSO}_4 \cdot 0,5 \text{H}_2\text{O}$)

1- репульпатор; 2 – усереднювач; 3 – збірник флотореагентів; 4 – флотомашина; 5,8 – фільтри; 6- сгущувач; 7 – автоклав

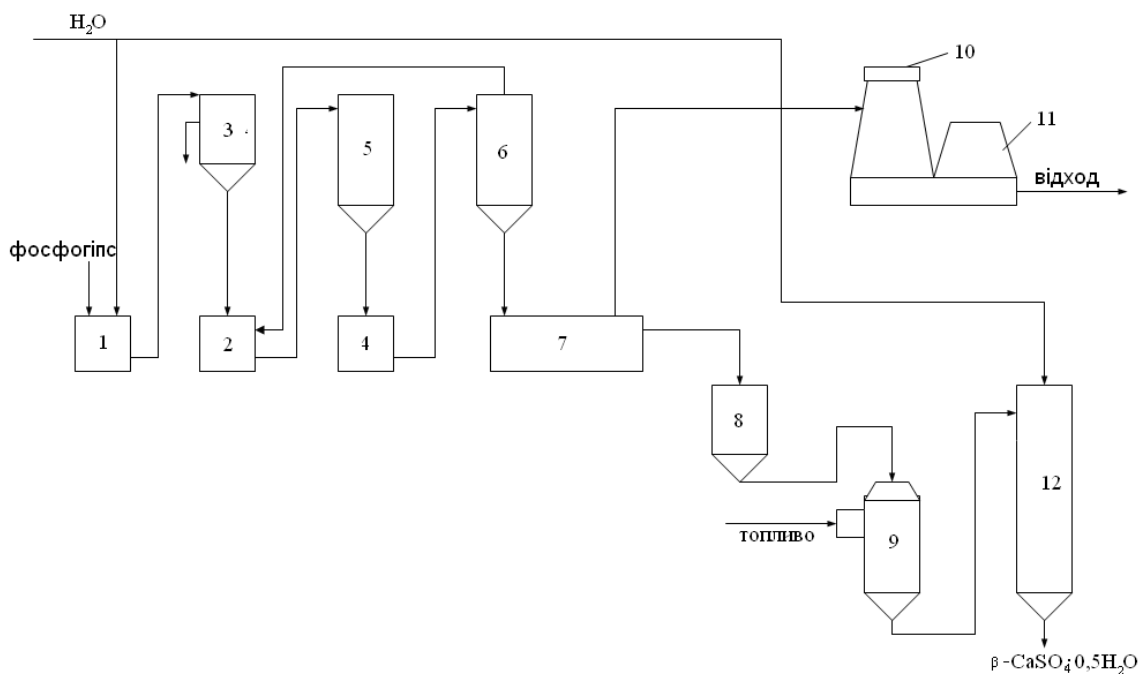


Рисунок 6 - Технологічна схема виробництва β -полугідрату сульфату кальцію ($\beta\text{-CaSO}_4 \cdot 0,5 \text{H}_2\text{O}$)

1- репульпатор; 2 – нейтралізатор; 3 – фільтр; 4 – промивний бак; 5,6 – гідроциклони; 7 – вакуум-фільтр; 8 – проміжна ємність; 9 – піч; 10 – промивний скруббер; 11 – вихлопна труба; 12 – батарея циклонів

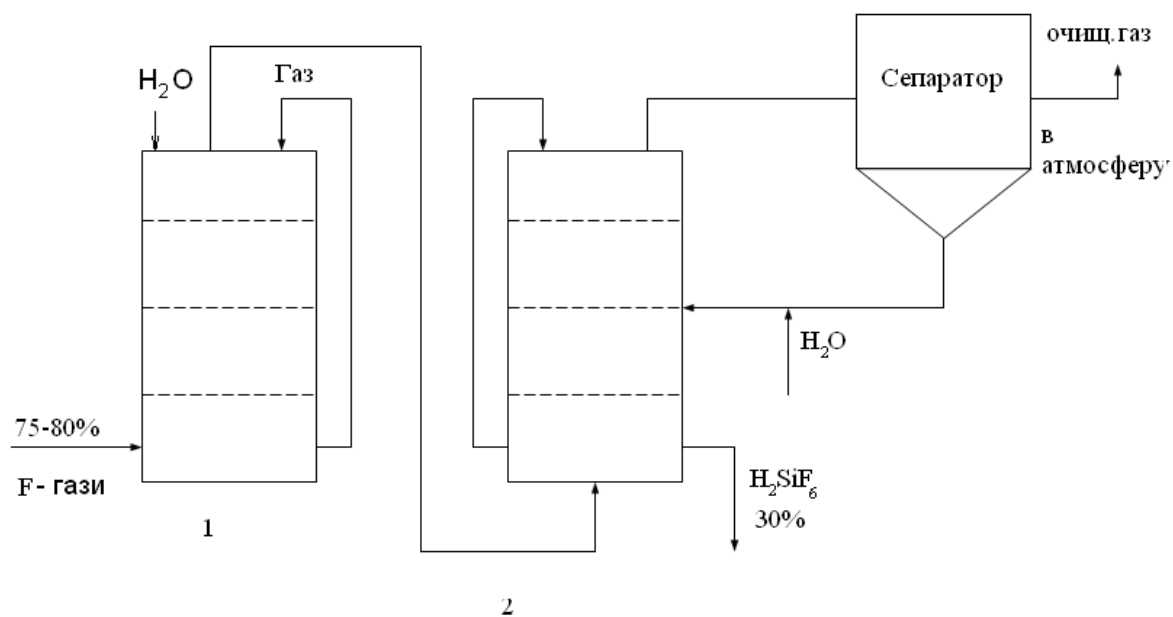


Рисунок 7 - Схема уловлювання фторвмісних газів
I, II – абсорбційні колони

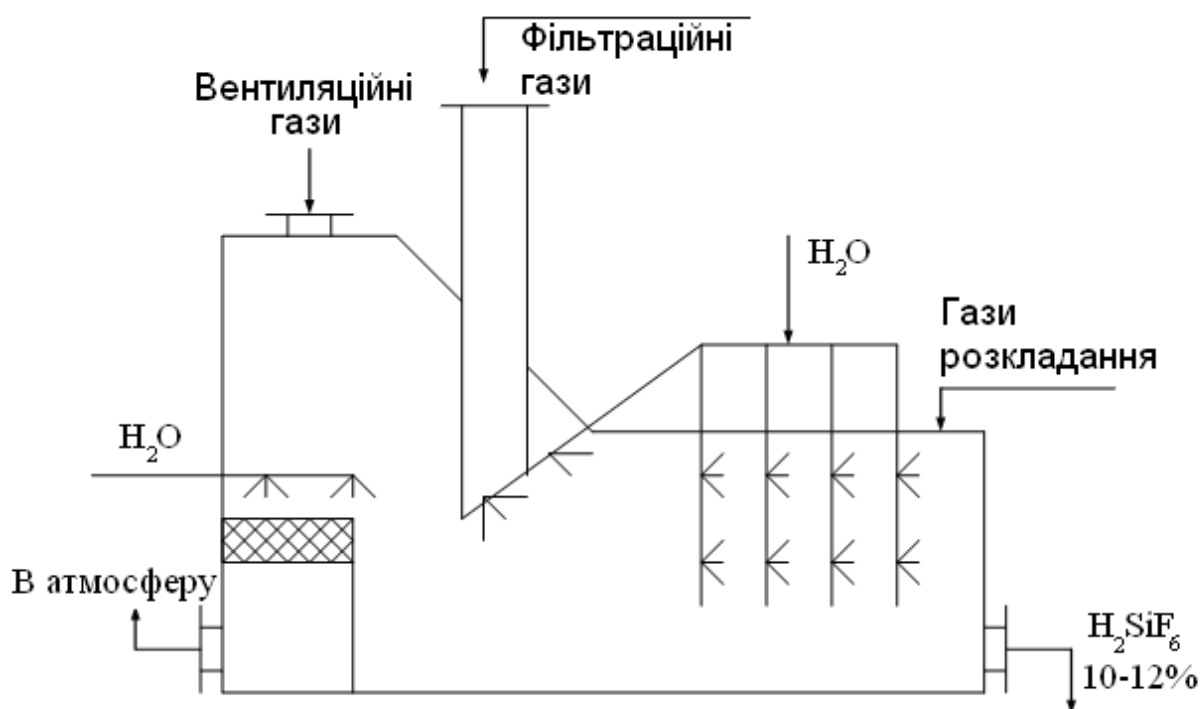


Рисунок 8 - Схема апарату з уловлювання фтористих газів

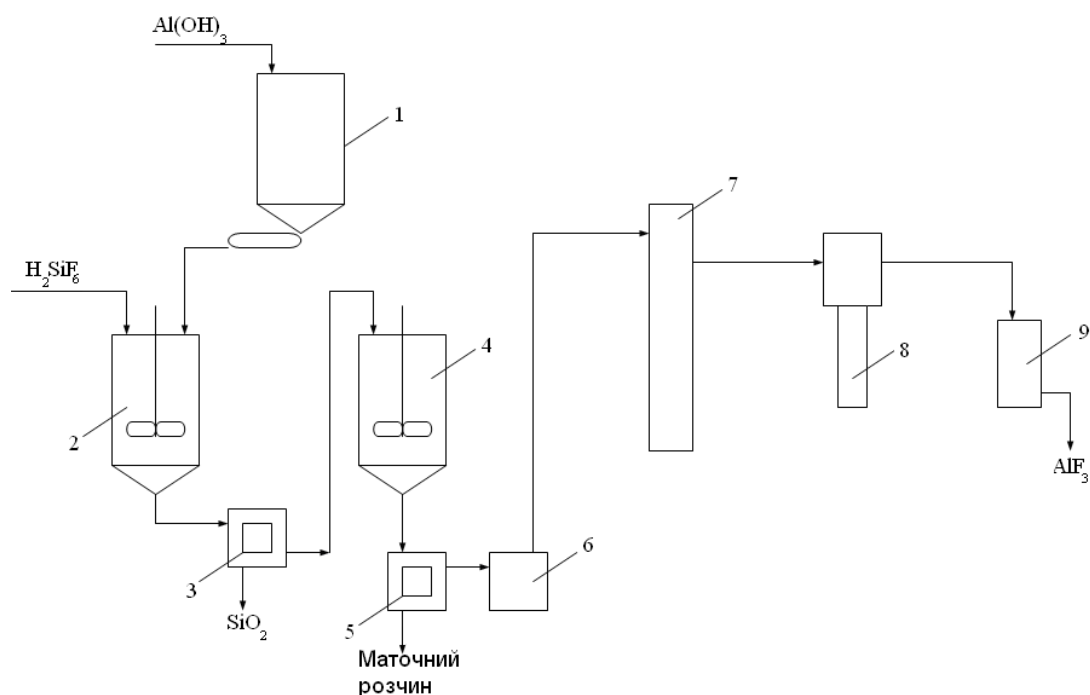


Рисунок 9 - Технологічна схема виробництва фториду алюмінію (з отриманням на першій стадії тригідрату)

1 – бункер-дозатор; 2 – реактор; 3,5 – центрифуги; 4 – кристалізатор; 6 – сушарка; 7 – піч попередньої прокалки; 8 – піч КШ; 9 – холодильник

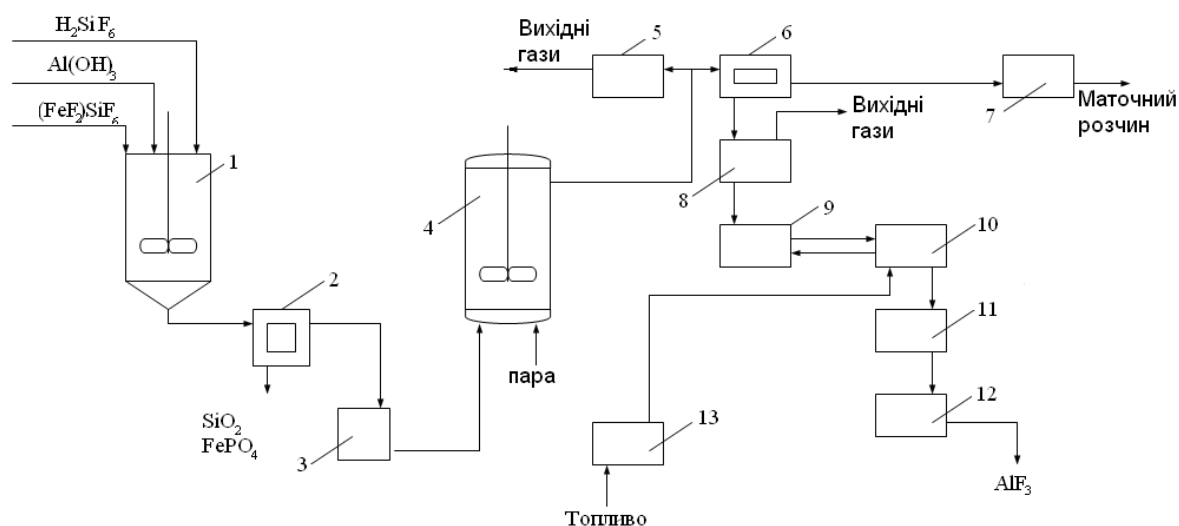


Рисунок 10 - Технологічна схема отримання фториду алюмінію (з отриманням на першій стадії моногідрату)

1 – реактор; 2,6 – центрифуги; 3,7,8 – проміжна ємність; 4 – кристалізатор (автоклав); 5 – система утилізації тепла; 9 – сушарка; 10 – кальциновий (піч); 11 – холодильники; 12 – бункер; 13 – піч спалювання палива

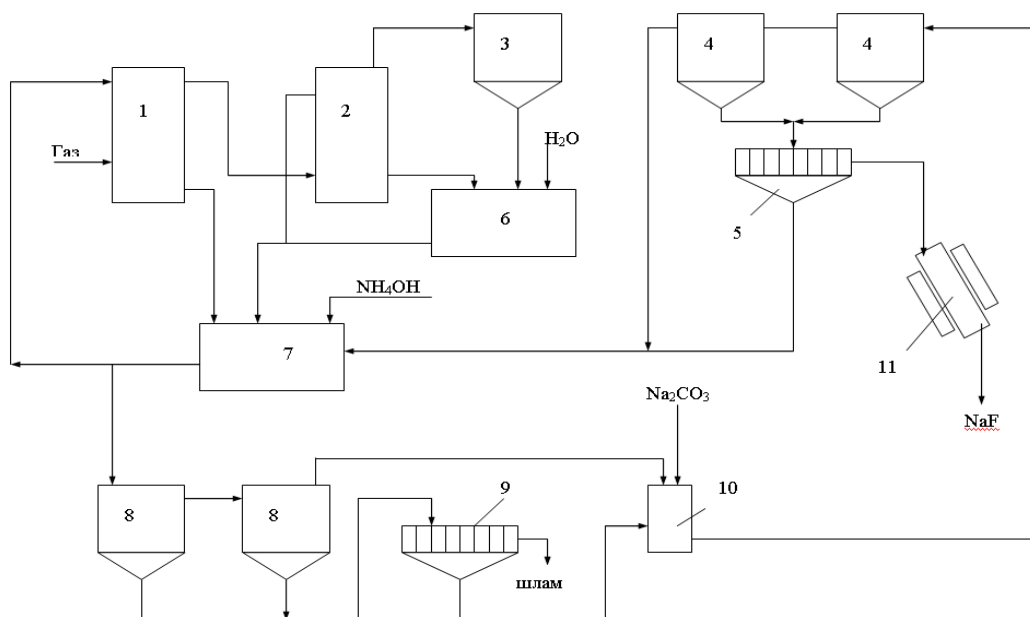


Рисунок 11 - Технологічна схема очистки F-вмісних газів с одночасним отриманням фториду натрію

1,2 – абсорбційні башти; 3 – сепаратор; 4,8 – осаджувальні баки; 5,9 – вакуум-фільтри; 6,7 – збірники; 10 – каскад реакторів; 11 – сушарка

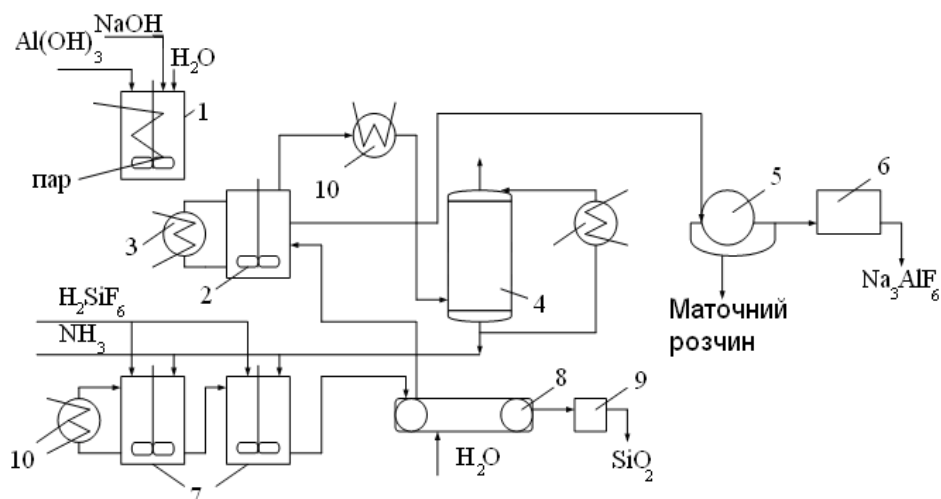


Рисунок 12 - Технологічна схема виробництва кріоліту

1,2 – реактори; 3 - підогрівач; 4 – абсорбер; 5 – вакуум-фільтр; 6 - сушарка; 7 – каскад реакторів; 8 – стрічковий вакуум-фільтр; 9 – сушарка; 10 – холодильник

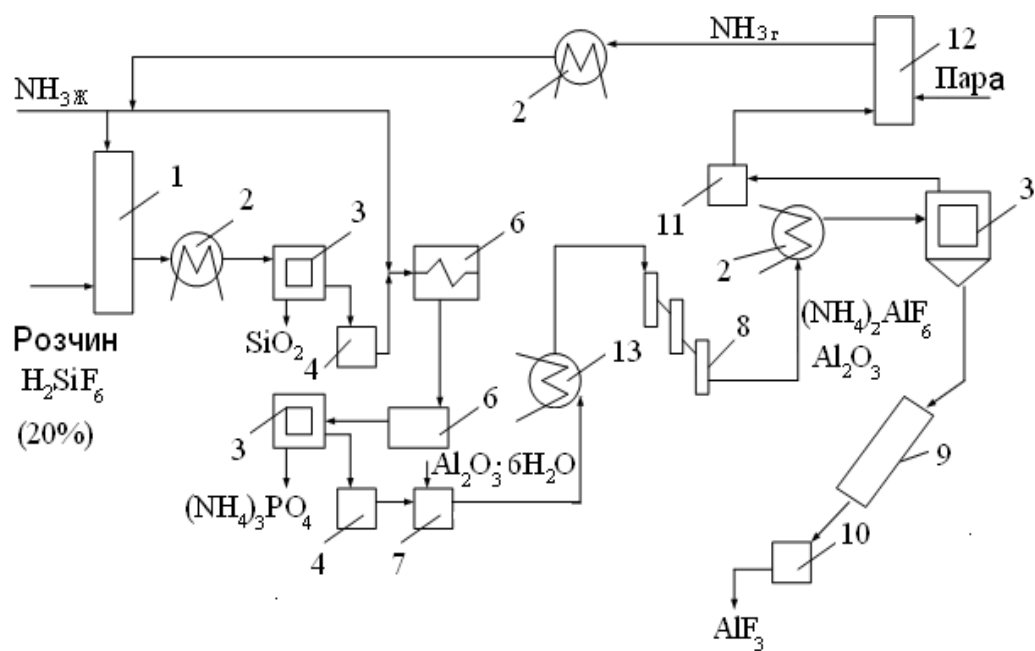


Рисунок 13 - Технологічна схема виробництва AlF_3

1 – реактор амонізації; 2 – холодильники; 3- центрифуги; 4,11 – збірники; 5 – реактор-кристалізатор; 6 – кристалізаційна ємність; 7 – змішувач; 8 – каскад реакторів; 9 – барабанна піч; 10 – охолоджувач; 12 – десорбер аміаку; 13 – підігрівач

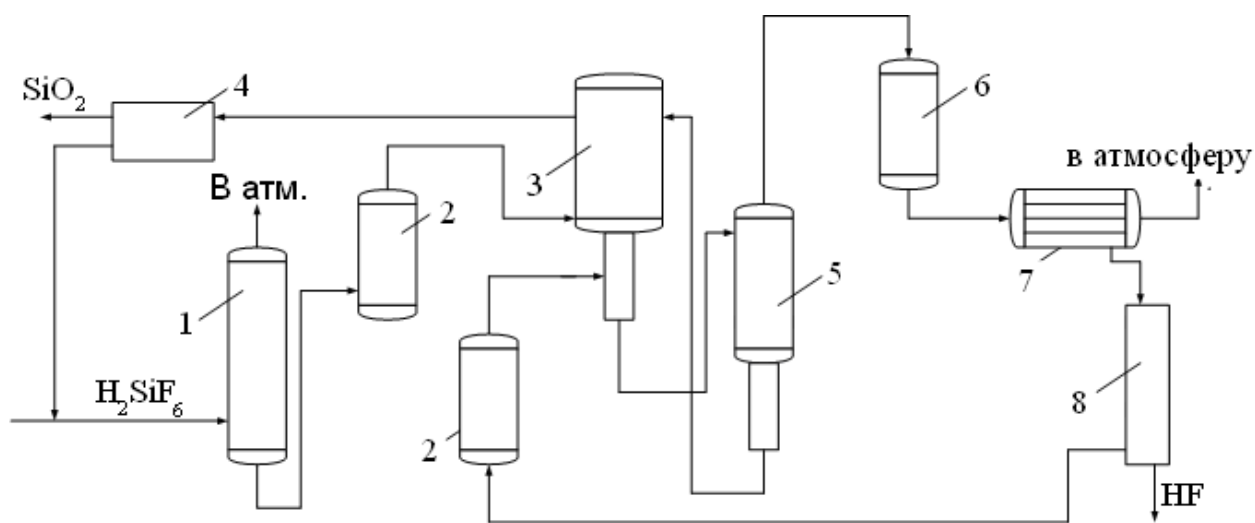


Рисунок 14 - Технологічна схема отримання HF шляхом термічного розкладання H_2SiF_6

1 – концентрувальна колонна; 2 – випарний апарат; 3 – абсорбційна колона; 4 – фільтр; 5 – десорбційна колона; 6 – водяний конденсатор; 7 – холодильник-конденсатор; 8 – ректифікаційні колони

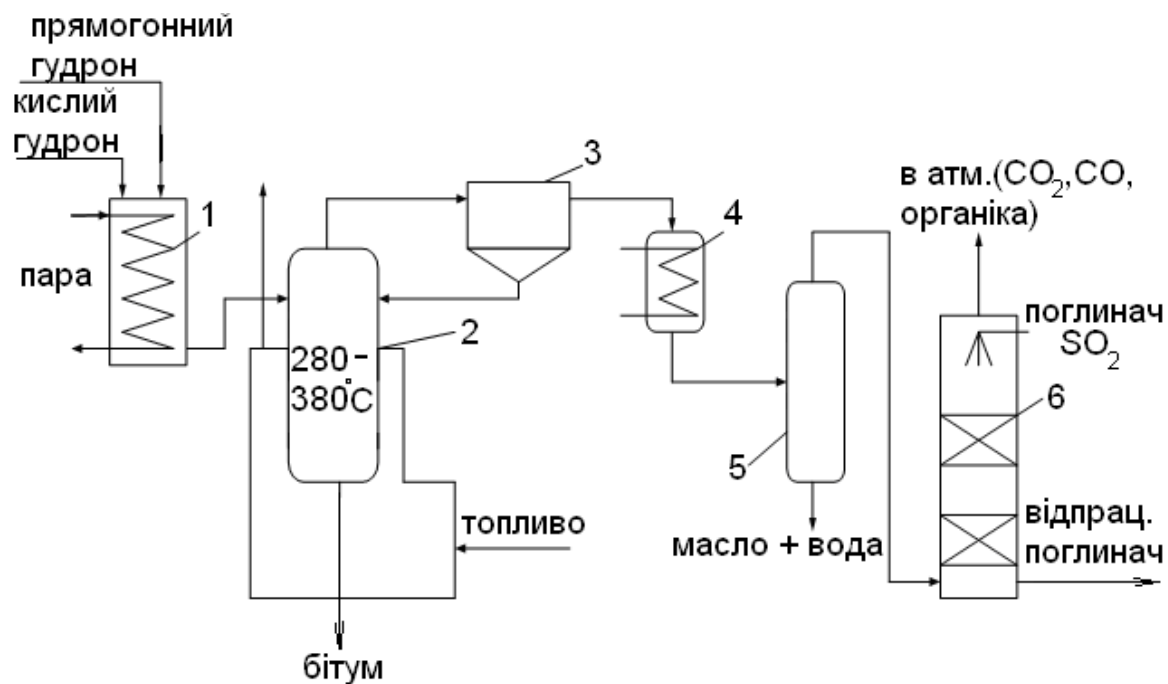


Рисунок 17 - Технологічна схема переробки кислих гудронів у бітум
 1 – змішувач; 2 – куб; 3 – відбійник; 4 – холодильник; 5 – сепаратор; 6 – абсорбер

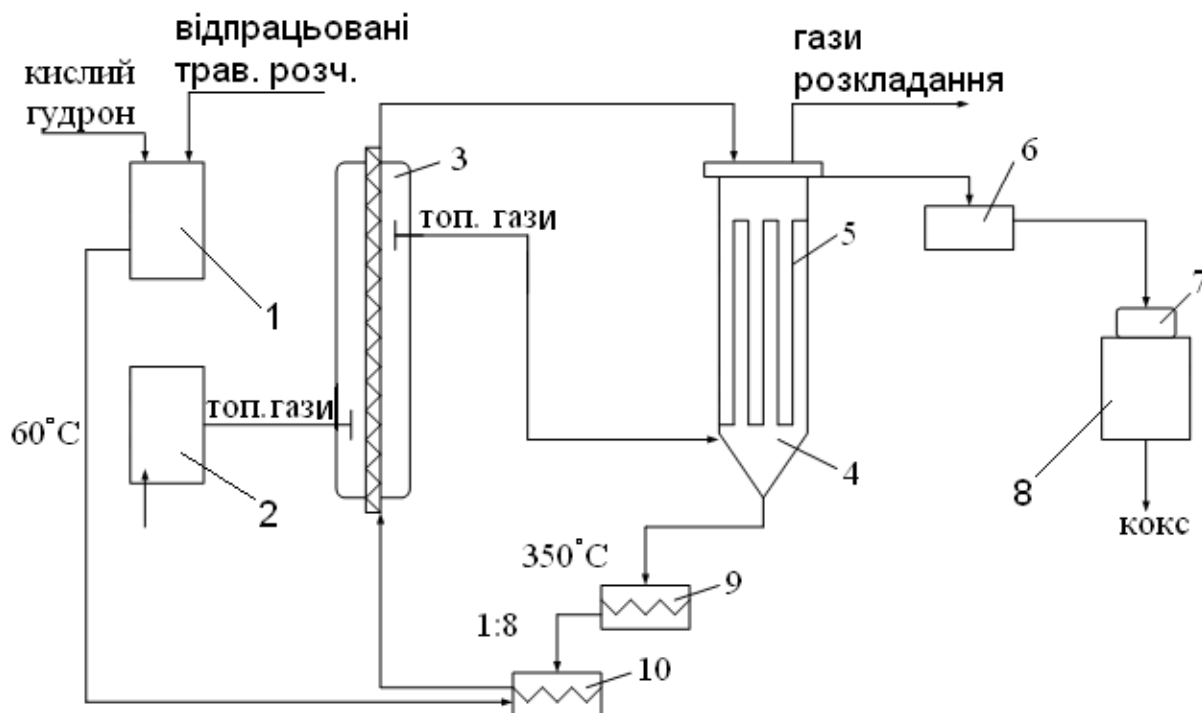


Рисунок 18 - Технологічна схема отримання високосірчаного коксу з гудронів

1 – відділення підготовки маси, що коксується; 2 – пічне відділення; 3 – шнековий під'ємник;
 4 – реторта; 5 – конвеєр-вирівнювач; 6 – конвеєр; 7 – сепаратор; 8 – бункер коксу; 9 –
 дозатор коксу; 10 – конвеєр-змішувач