

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Національний технічний університет України
„Київський політехнічний інститут”

**ОЧИСТКА ТА РЕКУПЕРАЦІЯ ПРОМИСЛОВИХ ВИКИДІВ
ПІДПРИЄМСТВ З ПЕРЕРОБЛЕННЯ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ**

та

**ДОДАТКОВІ РОЗДІЛИ ОЧИСТКИ ТА РЕКУПЕРАЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ
ВИКИДІВ ПІДПРИЄМСТВ З ПЕРЕРОБЛЕННЯ РОСЛИННОЇ
СИРОВИНИ**

Методичні вказівки

до практичних занять та самостійної роботи
для студентів напряму підготовки 6.051301 «Хімічна технологія»
спеціальності «Хімічні технології переробки деревини
та рослинної сировини»

Затверджено Методичною радою ІХФ НТУУ «КПІ»

Київ

НТУУ «КПІ»

2012

Очистка та рекуперація промислових викидів підприємств з перероблення рослинної сировини та Додаткові розділи очистки та рекуперації промислових викидів підприємств з перероблення рослинної сировини: Метод. вказівки до практичних занять та самостійної роботи для студентів напряму підготовки 6.051301 «Хімічна технологія» спец. «Хімічні технології переробки деревини та рослинної сировини» / Уклад.: Л. П. Антоненко, І. М. Дейкун – К.: НТУУ «КПІ», 2012. – 30 с.

*Гриф надано Методичною радою ІХФ НТУУ «КПІ»
(Протокол № 9 від 29.10.2012 р.)*

На в ч а л ь н е в и д а н н я

**Очистка та рекуперація промислових викидів підприємств з перероблення
рослинної сировини та Додаткові розділи очистки та рекуперації
промислових викидів підприємств з перероблення рослинної сировини**

Методичні вказівки

до практичних занять та самостійної роботи
для студентів напряму підготовки 6.051301 «Хімічна технологія»
спеціальності «Хімічні технології переробки деревини та рослинної сировини»

Укладачі: *Антоненко Людмила Петрівна, канд. хім. наук, доцент*
 Дейкун Ірина Михайлівна, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний *М. Д. Гомеля, д-р. техн. наук, проф.*
редактор:

Рецензент: *В.М.Радовенчик, д-р. техн. наук, проф.*

ПЕРЕДМОВА

Проблема захисту водойм від забруднень з кожним роком стає все серйознішою, тому що забруднення водойм внаслідок кругообігу води у природі призводить до попадання в організм людини шкідливих речовин, небезпечних для її здоров'я. Таким чином впровадження нових та вивчення існуючих технологій очищення та рекуперації промислових викидів целюлозно-паперових підприємств стає актуальною і важливою задачею.

Курси «Очистка та рекуперація промислових викидів підприємств з перероблення рослинної сировини» та «Додаткові розділи очистки та рекуперації промислових викидів підприємств з перероблення рослинної сировини» є одними з дисциплін, що завершують підготовку студентів за спеціальністю «Хімічні технології переробки деревини та рослинної сировини».

Практичні заняття та самостійна робота з дисципліни «Очистка та рекуперація промислових викидів підприємств з перероблення рослинної сировини» мають своєю метою закріпити теоретичні знання з названого предмету, а також з дисциплін, які вивчались раніше, а саме «Технологія виробництва деревної маси», «Технологія целюлози», «Технологія паперу і картону», навчитися робити теоретичні розрахунки необхідної кількості коагулянту для очищення стічних вод після виробництва різних видів паперу та картону, а також набути необхідних навичок для виконання дипломного проекту.

1. ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ

Курс “Очистка та рекуперація промислових викидів підприємств з перероблення рослинної сировини” належить до нормативної частини циклу професійної та практичної підготовки спеціалістів та магістрів за напрямком підготовки 6.051301 “Хімічна технологія“, спеціальності 7.05130110 та 8.05130110 “Хімічні технології переробки деревини та рослинної сировини”, а курс “Додаткові розділи очистки та рекуперації промислових викидів підприємств з перероблення рослинної сировини” – до варіативної частини циклу професійної та практичної підготовки спеціалістів та магістрів за тим же напрямком підготовки.

Згідно з ОКХ курси “Очистка та рекуперація промислових викидів підприємств з перероблення рослинної сировини” та “Додаткові розділи очистки та рекуперації промислових викидів підприємств з перероблення рослинної сировини” формують відповідну компетенцію, а саме:

- базові уявлення про основні закономірності розвитку й сучасні досягнення в хімічній технології, розуміння ролі енергозбереження в сучасній техніці;
 - базові уявлення про основи хімічної термодинаміки та закони кінетики хіміко-технологічних процесів;
 - базові уявлення про основи загальної, системної й прикладної екології, принципах оптимального природокористування й охорони природи;
 - базові уявлення про принципи, закони хімічної і фазової рівноваги, перебіг реакцій та показники властивостей полімерів;
 - знання й застосування на практиці принципів побудови екологічно чистих виробництв, розуміння соціальних і екологічних наслідків своєї професійної діяльності;
- в обсязі, необхідному для вивчення професійних дисциплін та для використання в обраній професії.

Тому метою курсів “Очистка та рекуперація промислових викидів підприємств з перероблення рослинної сировини” та “Додаткові розділи

очистки та рекуперації промислових викидів підприємств з перероблення рослинної сировини” є професійна підготовка, формування та закріплення у студентів комплексу знань, умінь та навичок, необхідних для управління існуючими технологічними процесами виробництва деревинної маси, целюлози, паперу та картону та удосконалення цих процесів і створення нових більш ефективних, екологічно чистих виробництв, які дозволяють раціонально використовувати дефіцитні волокнисті напівфабрикати, воду, допоміжні хімічні матеріали, трудові та енергетичні ресурси, а також таких, що зменшують забруднення навколишнього середовища різними відходами виробництва.

Згідно з ОПП змістом уміння, що забезпечується, є:

- розрізняти термодинамічні, конструктивні і функціональні властивості сучасних процесів хімічної переробки рослинної сировини;
- вміти використовувати сучасні досягнення в галузі хімічного апаратобудування і технологій для розробки систем знешкодження промислових викидів;
- користуватись теоретичними положеннями та законами хімії, фізики, термодинаміки, хімічної кінетики, каталізу в умовах лабораторії або виробництва для розрахунку масового потоку забруднень з метою обґрунтування та вибору технології знешкодження відходів виробництва базової хімічної продукції або їх утилізації в інших технологічних процесах.

Студент, який закінчив вивчення цієї дисципліни, здатен:

- Ї** використовуючи нормативні та інструктивні документи, наукові положення хімічної екології і технології, алгоритми оптимізації, результати аналізу сучасного стану технології екологічної техніки та технології, в умовах виробництва, з метою складання ТЗ на розробку системи локального знешкодження (утилізації, регенерації) шкідливих викидів хімічного виробництва розрахувати (обґрунтувати, обрати) принципову схему і параметри системи локального знешкодження (утилізації, регенерації) шкідливих викидів виробництва;

- ü використовуючи наукові положення хімії та технології (причини відхилень ТП від норми і їх наслідки), нормативні та інструктивні документи, в умовах виробництва, з метою складання ТЗ на розробку системи попередження шкідливих викидів у довкілля визначати показники (технологічні параметри та їх критичні рівні), які можна використати для діагностики утворення шкідливих викидів в технологічному процесі;
- ü використовуючи лабораторне обладнання та дані про хімічні властивості речовин, основи термодинаміки й кінетики експериментально визначати основні критерії досконалості хіміко-технологічних процесів (ступінь перетворення сировини, вихід продукту, селективність процесу, тощо) в умовах лабораторії для розробки технічного завдання або технічного регламенту;
- ü використовуючи теоретичні положення спеціальних дисциплін, в умовах виробництва або лабораторії розрахувати (спроектувати, обрати) технологічну схему та обладнання виробництва волокнистих напівфабрикатів для складання та контролю технологічного регламенту.

2. ПРОГРАМА КУРСУ

“Очистка та рекуперація промислових викидів підприємств з перероблення рослинної сировини”

2.1. Вплив окремих компонентів та їх сукупностей на навколишнє середовище.

2.1.1. Охорона водних об'єктів та атмосферного повітря від забруднень промисловими викидами

Вплив забруднювальних речовин на людину та довкілля. Граничнодопустимі концентрації забруднювальних речовин у воді та атмосферному повітрі. Граничнодопустимі скиди та граничнодопустимі викиди забруднювальних речовин у навколишнє середовище.

Література: [1] с. 7...30; [2] с. 10...27; [9]

2.1.2. Розсіювання та перетворення промислових викидів у атмосфері

Чинники, що впливають на розсіювання промислових викидів. Перетворення забруднювальних речовин в атмосфері. Охорона довкілля промисловими підприємствами.

Література: [1] с. 31...38; [2] с. 78...82; 120...132; [3] с. 274...283.

2.2. Види та склад промислових викидів

2.2.1. Характеристика стічних вод.

Кількість та якість стічних вод. Характеристика промислових викидів (стічні води): стічні води деревно-підготовного відділу та сульфат-целюлозного виробництва.

Характеристика промислових викидів (стічні води): стічні води сульфїт-целюлозного виробництва, виробництва деревної маси та паперу і картону.

Лїтература: [1] с. 38...46; [2] с. 14...24, с. 78...82; с. 120...132; [3] с. 10...19, с. 274...283; [9].

2.2.2. Характеристика газопилових викидїв.

Характеристика газопилових викидїв: викиди сульфїт-целюлозного виробництва, викиди сульфат-целюлозного виробництва, викиди теплоелектростанцїй.

Розсїювання газопилових викидїв в атмосферї. Методи розрахунку розсїювання домішок в атмосферї.

Лїтература: [1] с. 47...56; [2] с. 78...82, с.120...132; [3] с. 16...40, с. 283...310.

2.3. Методи та технологїї очистки та рекуперацїї промислових викидїв

2.3.1. Очищення стїчних вод ЦПВ.

Методи механїчного очищення стїчних вод: відстоювання та фїльтрування флотацїя, роздїлення суспензїй у полї вїдцентрових сил.

Фїзико-хїмїчні методи очищення: змїшування і нейтралїзацїя стїчних вод, методи окиснення, десорбцїя, коагулювання, адсорбцїя та їонний обмїн, мембраннї методи. Бїологїчні методи очищення стїчних вод.

Очищення стїчних вод гїдролїзно-дрїжджового виробництва. Очищення промислових викидїв вїддїлу вїбїлювання целюлози (характеристика промислових викидїв, способи очищення та рекуперацїї).

Лїтература: [1] с. 106...155; [2] с. 188...285; [3] с. 177...298; [4] с.260...285; [7]; [11].

2.3.2. Очищення газо-пилових викидів.

Характеристика методів пило-уловлювання. Апарати сухого очищення газів від пилових частинок. Тканинні та волокнисті фільтрувальні апарати. Апарати для мокрого очищення газів від пилових частинок. Апарати електростатичного очищення газів. Характеристика способів газопиловлівлювання та показники роботи газопиловлівлювальних апаратів. Література: [1] с. 156...170; [2] с.285...330; [3] с. 137...278, [4] с.137...219, с.278...283.

“Додаткові розділи очистки та рекуперації промислових викидів підприємств з перероблення рослинної сировини”

2.4. Методи попередження промислових викидів, регенерація та рекуперація цінних компонентів.

2.4.1. Технологічні методи попередження та зменшення промислових викидів

Попередження викидів під час варіння сульфатної целюлози. Зменшення викидів під час випарювання чорних відпрацьованих варильних розчинів сульфат-целюлозного виробництва. Попередження викидів під час спалювання чорних відпрацьованих варильних розчинів та енергетичного палива
Література: [1] с. 57...67; [2] с. 10...27; [3] с. 10...19.

2.4.2. Регенерація та рекуперація цінних компонентів з промислових викидів.

Термічні методи регенерації. Рекуперація сірко- та хлоровмісних компонентів з газових викидів.
Література: [1] с. 66...75; [2] с. 78...82, с.120...132, с. 160...182; [3] с. 54...66.

2.4.3. Зменшення об'єму та забрудненості стічних вод у технологічних процесах

Технологічні методи, які запобігають промисловим викидам (запобігання викидам при спалюванні чорних щолоків і енергетичного палива). Замкнутий цикл руху води у виробництві.

Література: [1] с. 75...84; [2] с. 132...156; [3] с. 66...72.

2.5. Утилізація цінних продуктів з промислових викидів та контроль промислових викидів

2.5.1. Утилізація цінних продуктів з промислових викидів

Методи утилізації цінних продуктів із стічних вод – комплексна переробка сульфітних щолоків (склад щолоків, виробництво спирту, кормових дріжджів, спалювання щолоків, хімічне перероблення лігносульфонатів, схеми комплексного перероблення сульфітних щолоків, вловлювання цимолу. Комплексне використання побічних прдуктів сульфат-целюлозного виробництва (одержання одоранту сульфану, одержання очищеного скипидару та технічного пінену, одержання диметил-сульфоксиду, диметилювання лігніну чорного щолоку, одержання талової олії – сирцю та продуктів її дистиляції, утилізація передгідролізату, утилізація стічних вод вибілювального та кислотного цехів). Утилізація твердих відходів. Використання кори, сучків, непровару, відходів тонкого сортування целюлози та дрібного волокна.

Література: [1] с. 84...106; [2] с. 78...82, с.120...132, с. 164...172; [3] с. 54...66, с.87...110; [5] с. 3...118; [8].

2.5.2. Контроль промислових викидів

Загальні положення. Контроль промислових стічних вод. Контроль промислових викидів у атмосферу. Комплексне використання сировини та відходів. Безвідходне виробництво в гідролізній промисловості.

Література: [1] с. 179...185; [8]; [9]

3. ХАРАКТЕРИСТИКА СТІЧНИХ ВОД ПІДПРИЄМСТВ ЦЕЛЮЛОЗНО-ПАПЕРОВОЇ ГАЛУЗІ ПРОМИСЛОВОСТІ

Целюлозно-паперова промисловість - водовмісна галузь народного господарства: на виробництво 1 т паперу витрачається 40...80 м³ води, що зумовлює утворення великих об'ємів стічних вод, в яких знаходяться різноманітні, часом дуже шкідливі домішки.

За характером забруднень стічні води целюлозно-паперових виробництв можна розділити на потоки: корувмісні, волокно- і каоліновмісні (виробництво волокнистих напівфабрикатів, паперу і картону), щолоковмісні (одержання волокнистих напівфабрикатів), кислі (кислотні цехи сульфат-целюлозного виробництва), смердючі (варильні і випарні цехи сульфат-целюлозного виробництва), хлоровмісні (цехи приготування вибілювальних розчинів та вибілювальні цехи), шламо- і золовмісні, умовно-чисті (охолодження обладнання), дощові води.

Об'єми стічних вод кожного потоку залежать від обсягів виробництва продукції, технології, режиму роботи, виду продукції, наявності цехового очищення, типу водокористування (пряме, замкнуте, обігове).

Особливістю стічних вод целюлозно-паперових підприємств є специфічний запах, рН, високий вміст змулених речовин та органічних розчинених сполук, біохімічне споживання кисню (БСК).

Стічні води цехів мокрого способу обкорування деревини мають деревно-скипидарний запах, бурий колір, високу каламутність, БСК та окисність. Стічні води виробництва вибіленої деревної маси мають жовте забарвлення, смолистий запах, вміст змулених речовин - $800...1000 \text{ мг/дм}^3$, з них 80...90 % - органічні, перманганатну окисність - $160...240 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$, БСК₅ - $10...30 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$.

Вказані вище стічні води при надходженні до водойми надають воді запаху, органічні речовини в процесі гниття виділяють сірководень, метан, створюють гіпоксичні умови, викликають загибель рослин і водних організмів.

Щолоковмісні стічні води збагачені розчинними органічними сполуками (лігнін, цукри, геміцелюлози тощо), мають високу окисність, БСК₅ - $180...390 \text{ мг O}_2/\text{дм}^3$, рН 3,4...4,6 (сульфіт-целюлозні виробництва). При їх скиданні у водойми відбувається швидке обростання підводних споруд через швидке розмноження бактерій в поживному середовищі.

Загальний стік виробництва сульфатної целюлози має бурий колір, рН 8,2...10,0, специфічний запах сірководню і меркаптану, концентрація змулених речовин досягає $1000...4000 \text{ мг/дм}^3$, з яких 68...70% - органічних сполук. Скидання чорного щолоку в природні водойми неприпустимо.

Кислі стічні води утворюються в кислотному цеху сульфіт-целюлозного заводу при промиванні целюлози, охолодженні діоксиду сірки, очищенні газу, промиванні кислотних башт. Загальний стік цього цеху має підвищену кислотність, значні кількості змулених речовин (сірка, вапняк), $0,2...0,3 \text{ г/дм}^3$ діоксиду сірки; вода зі скрубєрів містить $2,5...3,2 \text{ г/дм}^3$ діоксиду сірки, до 5 г/дм^3 розчинених речовин, її температура досягає 50°C . Шкідливість вод кислотного цеху для природних поверхневих водойм зумовлена кислим характером і токсичністю сполук сірки.

Стічні води цехів, в яких готуються та використовуються розчини для вибілювання, мають лужний характер, збагачені хлором і ртуттю та їх сполуками, а також органічними речовинами. Загальний стік цеху вибілювання - лужні води зі значною кількістю розчиненого хлору та органічних сполук.

Оскільки ці сполуки токсичні, скидати такі стічні води у водойми можна лише після ретельного очищення.

Стічні води сульфат-целюлозного цеху, що мають неприємний запах, містять лігнін, сульфід натрію, сірководень, метил-сірчисті сполуки. Їх скидають у природні водойми після регенерації сірки і лугу та внутрішньо-цехового очищення.

Таким чином, стічні води целюлозно-паперової галузі промисловості є небезпечними для довкілля і обов'язково очищаються перед скиданням у поверхневі водойми. Оскільки стічні води різних виробництв мають різний хімічний склад, доцільніше їх не змішувати, а проводити цехове очищення з регенерацією і поверненням у технологічний цикл цінних компонентів.

На підприємствах целюлозно-паперової галузі промисловості України існують різні схеми очищення стічних вод. Перша система біологічного очищення стічних вод серед целюлозно-паперових підприємств була застосована на Жидачівському целюлозно-паперовому комбінаті.

Зменшити об'єм стічних вод допоможе і перехід на обігову та замкнену системи водопостачання. Безстічна система при виробництві картону вперше в Україні була спроектована на Рубіжанському картонно-паперовому комбінаті із застосуванням зворотного осмосу і термічного оброблення концентрату.

4. ВИМОГИ ДО ВОДИ, ЩО СКИДАЄТЬСЯ В ПРИРОДНІ ВОДОЙМИ

Стосовно целюлозно-паперових підприємств санітарні вимоги до скидання стічної води базуються на складі і властивостях основних забруднювачів, оскільки при виробництві паперу і картону утворюються великі об'єми стічної води з широким спектром різних сполук. При скиданні стічної води у водойми, що використовуються для питних потреб населення чи мають рибогосподарське значення, нормується не склад стічної води, а якість води

водойми у місцях водокористування після змішування її зі стічними водами і врахуванні розведення водою водойми на шляху від місця скидання до найближчого місця водозабору (1 км) чи межі рибогосподарської ділянки водойми.

При визначенні ступеню розведення стічної води у водоймі враховують найгірші умови розбавлення (найменш маловодний рік за останні 20 років). У непроточні водойми можна скидати стічні води, які забруднені речовинами, що знешкоджуються в природних процесах самоочищення.

У пункті найближчого водокористування нижче місця спуску стічної води ЦПП якість води у водоймі регламентується таким чином:

- вода не повинна набувати запахів і присмаків інтенсивністю більше 2 балів;
- м'ясо риб не повинне набувати від води сторонніх запахів і присмаків;
- забарвлення води не повинне виявлятися в стовпчику води висотою 20 чи 10 см;
- рН води повинне знаходитися в межах 6,5...8,5;
- вміст змулених речовин не повинен перевищувати 0,25...0,75 мг/дм³;
- концентрація кисню в будь-яку пору року не повинна бути меншою, ніж 4...6 мг О₂/дм³;
- повне біохімічне споживання кисню не повинне перевищувати 3...6 мг О₂/дм³.

У водоймі біля пункту водокористування повинні бути відсутні сульфід і активний хлор, оцтова кислота і метанол повинні знаходитися в межах вмісту органічних речовин (за БСК повним) тощо.

При проектуванні целюлозно-паперового підприємства враховується потужність і характер використання водойми для скидання стічної води, об'єм та хімічний склад стічної води, концентрація небезпечних для гідробіонтів забруднювачів. Необхідно зважати і на стабільність компонентів стічної води та можливість трансформації у нетоксичні сполуки, вплив на процеси

аккумуляції та самоочищення. Значна кількість хлору в присутності органічних сполук викликає утворення хлорпохідних, зокрема хлороформу та діоксинів. Всі ці можливі впливи викидів стічної води целюлозно-паперового підприємства необхідно враховувати, щоб зменшити їх негативний вплив на хімічний склад водойм та життєдіяльність гідробіонтів.

5. ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ

Задача 1.

Визначити теоретично необхідну кількість (у см^3) коагулянту FeCl_3 (концентрація $\text{FeCl}_3 = 3,00 \text{ г/дм}^3$) для очищення 5 дм^3 підсіткової води після виробництва писального паперу із 100 % целюлози, якщо вміст змулених речовин у воді 545 мг/дм^3 та запропонуйте схему очищення такої води.

Розв'язання

Для теоретичного (наближеного) розрахунку дози коагулянту існує емпірична формула для каламутних вод

$$D_k = 3,5 \sqrt{M} \cdot E_{\text{FeCl}_3} / E_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3},$$

де D_k – доза коагулянту в розрахунку на безводний $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, мг/дм^3 ;

M – вміст у воді змулених речовин, мг/дм^3 ;

E_{FeCl_3} та $E_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3}$ – еквівалентні маси відповідно FeCl_3 та $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

Визначимо еквівалентні маси FeCl_3 та $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$:

$$E_{\text{FeCl}_3} = M_{\text{FeCl}_3} / 3 = 162,23 / 3 = 54,07;$$

$$E_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} = M_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} / 6 = 341,54 / 6 = 57.$$

Тоді, згідно умови задачі, теоретична доза коагулянту буде становити:

$$D_k = 3,5 \sqrt{545 \cdot 54,07/57} = 77,5062 \text{ мг/дм}^3$$

Для очищення 5 дм³ води необхідно буде витратити 387,5309 мг $FeCl_3$.

Тепер розрахуємо скільки необхідно витратити розчину $FeCl_3$ концентрацією 3 г/дм³

$$1 \text{ дм}^3 - 3000 \text{ мг } FeCl_3$$

$$x - 387,5309 \text{ мг } FeCl_3$$

$$x = 387,5309 / 3000 = 0,1292 \text{ дм}^3 = 129,20 \text{ см}^3$$

Таким чином, для очищення 5 дм³ води необхідно буде витратити 129,20 см³ розчину $FeCl_3$ концентрацією 3 г/дм³.

Як відомо писальний папір належить до середньозольних видів паперу, а ступінь млива целюлози для виробництва цього паперу не перевищує 50 °ШР, тому для локального очищення можна запропонувати відстоювання, а для загальнозаводського очищення – відстоювання – біологічне очищення – відстоювання, або фільтрування на біофільтрах.

Задача 2.

Визначити теоретично необхідну кількість (у см³) коагулянту $Al_2(OH)_5Cl$ (концентрація $Al_2(OH)_5Cl = 3,50 \text{ г/дм}^3$ по Al_2O_3) для очищення 5 дм³ підсіткової води після виробництва паперу для гофрування із 100 % макулатури, якщо вміст змулених речовин у воді 2500 мг/дм³ та запропонуйте схему очищення такої води.

Розв'язання

Для теоретичного (наближеного) розрахунку дози коагулянту існує емпірична формула для каламутних вод

$$D_k = 3,5 \sqrt{M \cdot E_{Al_2(OH)_5Cl} / E_{Al_2(SO_4)_3}},$$

де D_k – доза коагулянту в розрахунку на безводний $Al_2(SO_4)_3$, мг/дм³;

M – вміст у воді змулених речовин, мг/дм³;

$E_{Al_2(OH)_5Cl}$ та $E_{Al_2(SO_4)_3}$ – еквівалентні маси відповідно $Al_2(OH)_5Cl$ та $Al_2(SO_4)_3$.

Визначимо еквівалентні маси $Al_2(OH)_5Cl$ та $Al_2(SO_4)_3$:

$$E_{Al_2(OH)_5Cl} = M_{Al_2(OH)_5Cl} / 3 = 174,41 / 3 = 58,14;$$

$$E_{Al_2(SO_4)_3} = M_{Al_2(SO_4)_3} / 6 = 341,54 / 6 = 56,92.$$

Тоді, згідно умови задачі, теоретична доза коагулянту буде становити:

$$D_k = 3,5 \sqrt{2500 \cdot 58,14 / 56,92} = 89,25 \text{ мг/дм}^3$$

Для очищення 5 дм³ води необхідно буде витратити 446,25 мг $Al_2(OH)_5Cl$.

Тепер розрахуємо скільки необхідно витратити розчину $Al_2(OH)_5Cl$ концентрацією 3,5 г/дм³ по Al_2O_3

$$174,41 \text{ г } Al_2(OH)_5Cl \quad - \quad 101,96 \text{ г } Al_2O_3$$

$$x \quad - \quad 3,5 \text{ г}$$

$$x = 174,41 \cdot 3,5 / 101,96 = 5,987 \text{ г} = 5987 \text{ мг } Al_2(OH)_5Cl$$

$$1 \text{ дм}^3 \quad - \quad 5987 \text{ мг } Al_2(OH)_5Cl$$

$$x \quad - \quad 446,25 \text{ мг } Al_2(OH)_5Cl$$

$$x = 446,25 / 5987 = 0,0745 \text{ дм}^3 = 74,5 \text{ см}^3$$

Таким чином, для очищення 5 дм³ води необхідно буде витратити 74,5 см³ розчину $Al_2(OH)_5Cl$ концентрацією 3,5 г/дм³ по Al_2O_3 .

Оскільки папір для гофрування виробляється з макулатури, то для локального очищення застосовується двоступеневе очищення: I ступінь – фільтрування у фракціонаторах; II ступінь – відстоювання, флотація або фільтрування через шар завислого осаду, а для загальнозаводського очищення – відстоювання – біологічне очищення – відстоювання – фільтрування на мікрофільтрах.

Задача 3.

Визначити теоретично необхідну кількість (у см^3) коагулянту $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ концентрацією $3,50 \text{ г/дм}^3$ для очищення 5 дм^3 підсіткової води після виробництва типографського паперу із 100 % целюлози, якщо вміст змулених речовин у воді 1500 мг/дм^3 та запропонуйте схему очищення такої води.

Розв'язання

Для теоретичного (наближеного) розрахунку дози коагулянту існує емпірична формула для каламутних вод

$$D_k = 3,5 \sqrt{M},$$

де D_k – доза коагулянту в розрахунку на безводний $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, мг/дм^3 ;

M – вміст у воді змулених речовин, мг/дм^3 ;

Тоді, згідно умови задачі, теоретична доза коагулянту буде становити:

$$D_k = 3,5 \sqrt{1500} = 135,5544 \text{ мг/дм}^3$$

Для очищення 5 дм^3 води необхідно буде витратити $677,772 \text{ мг } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

Тепер розрахуємо скільки необхідно витратити $\text{мг } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$, а потім розчину $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ концентрацією $3,5 \text{ г/дм}^3$

$$665,54 \text{ мг } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O} - 341,54 \text{ мг } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$$

$$x - 677,772 \text{ мг } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$$

$$x = 665,54 \cdot 677,772 / 341,54 = 1320,7363 \text{ мг } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$$

$$1 \text{ дм}^3 - 3500 \text{ мг } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$$

$$x - 1320,7363 \text{ мг } \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$$

$$x = 1320,7363 / 3500 = 0,3774 \text{ дм}^3 = 377,4 \text{ см}^3$$

Таким чином, для очищення 5 дм^3 води необхідно буде витратити 377 см^3 розчину $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$ концентрацією $3,5 \text{ г/дм}^3$.

Як відомо типографський папір належить до високозольних видів паперу, тому для локального очищення можна запропонувати одноступеневу схему (відстоювання), або двохступеневу – на першому ступені відстоювання, на другому – фільтрування через шар завислого осаду, а для загальнозаводського очищення – відстоювання – біологічне очищення – відстоювання, або фільтрування на біофільтрах.

Задача 4.

Визначити теоретично необхідну кількість (у см^3) коагулянтів FeCl_3 та $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}$ (концентрація коагулянтів $3,45 \text{ г/дм}^3$) для очищення 5 дм^3 підсіткової води після виробництва типографського паперу із 100 % целюлози, якщо вміст змулених речовин у воді 1325 мг/дм^3 та проаналізуйте отримані результати.

Розв'язання

Для теоретичного (наближеного) розрахунку дози коагулянту існує емпірична формула для каламутних вод

$$D_k = 3,5 \sqrt{M \cdot E_x / E_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3}},$$

де D_k – доза коагулянту в розрахунку на безводний $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$, мг/дм^3 ;

M – вміст у воді змулених речовин, мг/дм^3 ;

E_x та $E_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3}$ – еквівалентні маси відповідно коагулянту, який використовується, та $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$.

Спочатку розрахуємо необхідну кількість FeCl_3 в см^3 .

Для цього визначимо еквівалентні маси FeCl_3 та $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$:

$$E_{\text{FeCl}_3} = M_{\text{FeCl}_3} / 3 = 162,23 / 3 = 54,07;$$

$$E_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} = M_{\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3} / 6 = 341,54 / 6 = 57.$$

Тоді, згідно умови задачі, теоретична доза коагулянту FeCl_3 буде становити:

$$D_k = 3,5 \sqrt{1325 \cdot 54,07/57} = 120,8498 \text{ мг/дм}^3$$

Для очищення 5 дм³ води необхідно буде витратити 604,249 мг $FeCl_3$.

Тепер розрахуємо скільки необхідно витратити розчину $FeCl_3$ концентрацією 3,45 г/дм³

$$1 \text{ дм}^3 - 3450 \text{ мг } FeCl_3$$

$$x - 604,249 \text{ мг } FeCl_3$$

$$x = 604,249 / 3450 = 0,1751 \text{ дм}^3 = 175,1 \text{ см}^3.$$

Аналогічні розрахунки зробимо для коагулянта $Al_2(OH)_5Cl$. Для цього визначимо еквівалентну масу $Al_2(OH)_5Cl$:

$$E_{Al_2(OH)_5Cl} = M_{Al_2(OH)_5Cl} / 6 = 174,41 / 6 = 29,07;$$

Тоді, згідно умови задачі, теоретична доза коагулянту буде становити:

$$D_k = 3,5 \sqrt{1325 \cdot 29,07/57} = 64,975 \text{ мг/дм}^3$$

Для очищення 5 дм³ води необхідно буде витратити 324,875 мг $Al_2(OH)_5Cl$

Тепер розрахуємо скільки необхідно витратити розчину $Al_2(OH)_5Cl$ концентрацією 3,45 г/дм³

$$1 \text{ дм}^3 - 3450 \text{ мг } Al_2(OH)_5Cl$$

$$x - 324,875 \text{ мг } Al_2(OH)_5Cl$$

$$x = 324,875 / 3450 = 0,09417 \text{ дм}^3 = 94,17 \text{ см}^3.$$

Таким чином, для очищення 5 дм³ води необхідно буде витратити 175 см³ розчину $FeCl_3$, або 94 см³ розчину $Al_2(OH)_5Cl$ концентрацією 3,45 г/дм³. Тобто, для очищення 5 дм³ потрібно майже вдвічі менше розчину $Al_2(OH)_5Cl$, ніж $FeCl_3$, однакової концентрації. А це означає, що використання розчину $Al_2(OH)_5Cl$ значно менше підвищить солевміст проясненої води, знизить лужність води, що дасть змогу одержати воду з додатнім індексом стабільності без подальшого оброблення її вапном. Крім того, використання розчину $Al_2(OH)_5Cl$ для коагулювання не збільшує кольоровість води, що теж є

позитивним моментом. Тому для очищення води коагулюванням краще використовувати як коагулянт $Al_2(OH)_5Cl$.

Задача 5.

Визначити теоретично необхідну кількість (у $см^3$) коагулянтів $FeCl_3$ та $Al_2(SO_4)_3$ (концентрація коагулянтів $2,75 \text{ г/дм}^3$) для очищення 10 дм^3 підсіткової води після виробництва картону хром-ерзац, якщо вміст змулених речовин у воді 2250 мг/дм^3 та проаналізуйте отримані результати.

Розв'язання

Для теоретичного (наближеного) розрахунку дози коагулянту існує емпірична формула для каламутних вод

$$D_k = 3,5 \sqrt{M \cdot E_x / E_{Al_2(SO_4)_3}},$$

де D_k – доза коагулянту в розрахунку на безводний $Al_2(SO_4)_3$, мг/дм^3 ;

M – вміст у воді змулених речовин, мг/дм^3 ;

E_x та $E_{Al_2(SO_4)_3}$ – еквівалентні маси відповідно коагулянту, який використовується, та $Al_2(SO_4)_3$.

Спочатку розрахуємо необхідну кількість $Al_2(SO_4)_3$ в $см^3$.

Згідно умови задачі, теоретична доза коагулянту $Al_2(SO_4)_3$ буде становити:

$$D_k = 3,5 \sqrt{2250} = 166,0196 \text{ мг/дм}^3$$

Для очищення 10 дм^3 води необхідно буде витратити $1660,196 \text{ мг } Al_2(SO_4)_3$.

Тепер розрахуємо скільки необхідно витратити розчину $Al_2(SO_4)_3$ концентрацією $2,75 \text{ г/дм}^3$

$$1 \text{ дм}^3 - 2750 \text{ мг } Al_2(SO_4)_3$$

$$x - 1660,196 \text{ мг } Al_2(SO_4)_3 \quad x = 1660,196 / 2750 = 0,604 \text{ дм}^3 =$$

$$= 604 \text{ см}^3.$$

Аналогічні розрахунки зробимо для коагулянта $FeCl_3$. Для цього визначимо еквівалентні маси $FeCl_3$ та $Al_2(SO_4)_3$:

$$E_{FeCl_3} = M_{FeCl_3} / 3 = 162,23 / 3 = 54,07;$$

$$E_{Al_2(SO_4)_3} = M_{Al_2(SO_4)_3} / 6 = 341,54 / 6 = 57.$$

Тоді, згідно умови задачі, теоретична доза коагулянту $FeCl_3$ буде становити:

$$D_k = 3,5 \sqrt{2250 \cdot 54,07/57} = 157,4814 \text{ мг/дм}^3$$

Для очищення 10 дм^3 води необхідно буде витратити $1574,814 \text{ мг } FeCl_3$.

Тепер розрахуємо скільки необхідно витратити розчину $FeCl_3$ концентрацією $2,75 \text{ г/дм}^3$

$$1 \text{ дм}^3 \quad - \quad 2750 \text{ мг } FeCl_3$$

$$x \quad - \quad 1574,814 \text{ мг } FeCl_3$$

$$x = 1574,814 / 2750 = 0,5727 \text{ дм}^3 = 572,7 \text{ см}^3.$$

Таким чином, для очищення 10 дм^3 води необхідно буде витратити 573 см^3 розчину $FeCl_3$, або 604 см^3 розчину $Al_2(SO_4)_3$ концентрацією $2,75 \text{ г/дм}^3$. Тобто, для очищення 10 дм^3 потрібна майже однакова кількість розчинів $Al_2(SO_4)_3$ і $FeCl_3$, однакової концентрації, оскільки це солі трьохвалентних металів. Однак, використання розчину $Al_2(SO_4)_3$ для коагулювання не збільшує кольоровість води, що є позитивним моментом. Тому для очищення води коагулюванням краще використовувати як коагулянт $Al_2(SO_4)_3$.

Задача 6.

Визначити теоретично необхідну кількість (у см^3) коагулянтів $Al_2(SO_4)_3$ та $Al_2(OH)_5Cl$ (концентрація коагулянтів $2,55 \text{ г/дм}^3$) для очищення 1 дм^3 підсіткової води після виробництва газетного паперу із 100 % макулатури, якщо вміст змулених речовин у воді 2250 мг/дм^3 та проаналізуйте отримані результати.

Розв'язання

Для теоретичного (наближеного) розрахунку дози коагулянту існує емпірична формула для каламутних вод

$$D_k = 3,5 \sqrt{M E_x / E_{Al_2(SO_4)_3}},$$

де D_k – доза коагулянту в розрахунку на безводний $Al_2(SO_4)_3$, мг/дм³;

M – вміст у воді змулених речовин, мг/дм³;

E_x та $E_{Al_2(SO_4)_3}$ – еквівалентні маси відповідно коагулянту, який використовується, та $Al_2(SO_4)_3$.

Спочатку розрахуємо необхідну кількість $Al_2(SO_4)_3$ в см³.

Згідно умови задачі, теоретична доза коагулянту $Al_2(SO_4)_3$ буде становити:

$$D_k = 3,5 \sqrt{2250} = 166,0196 \text{ мг/дм}^3$$

Для очищення 1 дм³ води необхідно буде витратити 166,0196 мг $Al_2(SO_4)_3$.

Тепер розрахуємо скільки необхідно витратити розчину $Al_2(SO_4)_3$ концентрацією 2,55 г/дм³

$$1 \text{ дм}^3 - 2550 \text{ мг } Al_2(SO_4)_3$$

$$x - 166,0196 \text{ мг } Al_2(SO_4)_3$$

$$x = 166,0196 / 2550 = 0,0651 \text{ дм}^3 = 65,1 \text{ см}^3.$$

Аналогічні розрахунки зробимо для коагулянта $Al_2(OH)_5Cl$. Для цього визначимо еквівалентні маси $Al_2(OH)_5Cl$ та $Al_2(SO_4)_3$:

$$E_{Al_2(OH)_5Cl} = M_{Al_2(OH)_5Cl} / 6 = 174,41 / 6 = 29,07;$$

$$E_{Al_2(SO_4)_3} = M_{Al_2(SO_4)_3} / 6 = 341,54 / 6 = 57.$$

Тоді, згідно умови задачі, теоретична доза коагулянту $Al_2(OH)_5Cl$ буде становити:

$$D_k = 3,5 \sqrt{2250 \cdot 29,07 / 57} = 84,67 \text{ мг/дм}^3$$

Для очищення 1 дм³ води необхідно буде витратити 84,67 мг $Al_2(OH)_5Cl$.

Тепер розрахуємо скільки необхідно витратити розчину $Al_2(OH)_5Cl$ концентрацією 2,55 г/дм³

$$1 \text{ дм}^3 - 2550 \text{ мг } Al_2(OH)_5Cl$$

$$x - 84,67 \text{ мг } Al_2(OH)_5Cl$$

$$x = 84,67 / 2550 = 0,0332 \text{ дм}^3 = 33,2 \text{ см}^3.$$

Таким чином, для очищення 1 дм³ води необхідно буде витратити 65 см³ розчину $Al_2(SO_4)_3$, або 33 см³ розчину $Al_2(OH)_5Cl$ концентрацією 2,55 г/дм³. Тобто, для очищення 1 дм³ потрібно майже вдвічі менше розчину $Al_2(OH)_5Cl$, ніж $Al_2(SO_4)_3$, однакової концентрації. А це означає, що використання розчину $Al_2(OH)_5Cl$ значно менше підвищить солевміст проясненої води, знизить лужність води, що дасть змогу одержати воду з додатнім індексом стабільності без подальшого оброблення вапном. Це пояснюється тим, що вміст алюмінію в оксихлориді алюмінію в три рази більший, ніж в очищеному сульфаті алюмінію. Тому для очищення води коагулюванням краще використовувати як коагулянт $Al_2(OH)_5Cl$.

Задача 7.

Визначити теоретично необхідну кількість (у см³) коагулянтів $Al_2(SO_4)_3$ та $Al_2(OH)_5Cl$ (концентрація коагулянтів 4,25 г/дм³) для очищення 1 дм³ підсіткової води після виробництва фільтрувального паперу із 100 % целюлози, якщо вміст змулених речовин у воді 185 мг/дм³ та проаналізуйте отримані результати.

Розв'язання

Для теоретичного (наближеного) розрахунку дози коагулянту існує емпірична формула для каламутних вод

$$D_k = 3,5 \sqrt{M \cdot E_x / E_{Al_2(SO_4)_3}},$$

де D_k – доза коагулянту в розрахунку на безводний $Al_2(SO_4)_3$, мг/дм³;

M – вміст у воді змулених речовин, мг/дм³;

E_x та $E_{Al_2(SO_4)_3}$ – еквівалентні маси відповідно коагулянту, який використовується, та $Al_2(SO_4)_3$.

Спочатку розрахуємо необхідну кількість $Al_2(SO_4)_3$ в $см^3$.

Згідно умови задачі, теоретична доза коагулянту $Al_2(SO_4)_3$ буде становити:

$$D_k = 3,5 \sqrt{185} = 47,6051 \text{ мг/дм}^3$$

Для очищення 1 $дм^3$ води необхідно буде витратити 47,6051 мг $Al_2(SO_4)_3$.

Тепер розрахуємо скільки необхідно витратити розчину $Al_2(SO_4)_3$ концентрацією 4,25 г/ $дм^3$

$$\begin{aligned} 1 \text{ дм}^3 & - 4250 \text{ мг } Al_2(SO_4)_3 \\ x & - 47,6051 \text{ мг } Al_2(SO_4)_3 \quad x = 47,6051 / 4250 = 0,0112 \text{ дм}^3 = \\ & 11,2 \text{ см}^3. \end{aligned}$$

Аналогічні розрахунки зробимо для коагулянту $Al_2(OH)_5Cl$. Для цього визначимо еквівалентні маси $Al_2(OH)_5Cl$ та $Al_2(SO_4)_3$:

$$E_{Al_2(OH)_5Cl} = M_{Al_2(OH)_5Cl} / 6 = 174,41 / 6 = 29,07;$$

$$E_{Al_2(SO_4)_3} = M_{Al_2(SO_4)_3} / 6 = 341,54 / 6 = 57.$$

Тоді, згідно умови задачі, теоретична доза коагулянту $Al_2(OH)_5Cl$ буде становити:

$$D_k = 3,5 \sqrt{185} \cdot 29,07/57 = 24,2786 \text{ мг/дм}^3$$

Для очищення 1 $дм^3$ води необхідно буде витратити 24,2786 мг $Al_2(OH)_5Cl$.

Тепер розрахуємо скільки необхідно витратити розчину $Al_2(OH)_5Cl$ концентрацією 4,25 г/ $дм^3$

$$\begin{aligned} 1 \text{ дм}^3 & - 4250 \text{ мг } Al_2(OH)_5Cl \\ x & - 24,2786 \text{ мг } Al_2(OH)_5Cl \\ x & = 24,2786 / 4250 = 0,0057 \text{ дм}^3 = 5,7 \text{ см}^3. \end{aligned}$$

Таким чином, для очищення 1 $дм^3$ води необхідно буде витратити 11 $см^3$ розчину $Al_2(SO_4)_3$, або 6 $см^3$ розчину $Al_2(OH)_5Cl$ концентрацією 4,25 г/ $дм^3$. Тобто, для очищення 1 $дм^3$ потрібно майже вдвічі менше розчину $Al_2(OH)_5Cl$, ніж $Al_2(SO_4)_3$, однакової концентрації. А це означає, що використання розчину

$Al_2(OH)_5Cl$ значно менше підвищить солевміст проясненої води, знизить лужність води, що дасть змогу одержати воду з додатнім індексом стабільності без подальшого оброблення вапном. Це пояснюється тим, що вміст алюмінію в оксихлориді алюмінію в три рази більший, ніж в очищеному сульфаті алюмінію. Тому для очищення води коагулюванням краще використовувати як коагулянт $Al_2(OH)_5Cl$.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Очистка та рекуперація промислових викидів целюлозно-паперових виробництв: навч. посіб. / Л.П.Антоненко, І.М. Дейкун, М.Д.Гомеля. – К.: НТУУ «КПІ», 2010. – 188 с.
2. Очистка и рекуперация промышленных выбросов/ В.Ф. Максимов, И.В. Вольф, Т.А. Винокурова и др. - М.: Лесн. пром-сть, 1989. - 416 с.
3. Очистка и рекуперация промышленных выбросов целлюлозно- бумажного производства. Т. I. Санитарная охрана водоемов и очистка сточных вод / В.Ф. Максимов, И.В. Вольф, О.И. Яковлева, Н.И. Ткаченко - М.: Лесн. пром-сть, 1969. -304 с.
4. Очистка и рекуперация промышленных выбросов целлюлозно- бумажного производства. Т. II. Санитарная охрана воздушного бассейна, очистка и рекуперация газопылевых выбросов / В.Ф. Максимов, В.Б. Лесохин и др., М.: Лесн. пром-сть, 1972. - 312 с.
5. Д.Г. Веретенник. Использование древесной коры в народном хозяйстве. М.: Лесн. пром-сть. 1989. – 120 с.
6. Методичні вказівки до лабораторних робіт по курсу “Очистка і рекуперація промислових викидів целюлозно-паперового виробництва” / Укл. Л.П. Антоненко та інші. К.: НТУУ “КПІ”, 1998. - 32 с.
7. Маршалл Ситтиг. Защита окружающей среды в целлюлозно- бумажной промышленности. - М.: Лесная пром-сть, 1981.
8. Холькин Ю.И., Макаров В.Л., Елкин В.А. Бессточная технология в гидролизно-дрожжевом производстве, М.: 1984.
9. Безотходное производство в гидролизной промышленности / А.З. Евилевич, Е.И. Ахмина, М.Н. Раскин и др. - М.: Лесн. пром-сть, 1982.
10. Комплексное использование сырья и отходов./ Б.М. Раич, В.В. Окладников, В.Н. Лыгач и др. - М.: Химия, 1988.
11. Державні санітарні правила і норми ” Вода питна. Гігієнічні вимоги до

якості води централізованого господарсько-питного водопостачання”,

Наказ Міністерства охорони здоров'я від 23.12.96р № 383.

12. В.И. Рошин, С.Н. Носова. Отбелка целлюлозы. М.: Лесная пром-сть, 1977. - 304 с.

ЗМІСТ

	Стор
Передмова.....	3
1. Загальні вказівки.....	4
2. Програма курсу.....	7
2.1. Вплив окремих компонентів та їх сукупностей на навколишнє середовище.....	7
2.2.Види та склад промислових викидів.....	7
2.3. Методи та технології очистки та рекуперації промислових викидів.....	8
2.4. Методи попередження промислових викидів, регенерація та рекуперація цінних компонентів.....	9
2.5.Утилізація цінних продуктів з промислових викидів та контроль промислових викидів.....	10
3. Характеристика стічних вод підприємств целюлозно-паперової галузі промисловості.....	11
4. Вимоги до води, що скидається в природні водойми.....	13
5. Приклади розв'язування задач.....	15
Список рекомендованої літератури.....	27

Для нотаток