

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ РІДКИХ N-ВМІСНИХ ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА АМОНІЙ СУЛЬФАТУ МЕТОДОМ РЕАГЕНТНОЇ ФЛОТАЦІЇ

Єлатонцев Д.О., Іванченко А.В., Зінченко І.В.

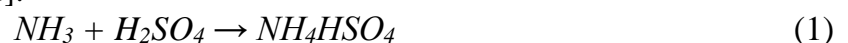
Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське
e-mail: ivanchenkodgtu@gmail.com

Коксохімічні стоки відрізняються значним вмістом зв'язаного нітрогену у різних формах, а отже, можуть характеризуватися як N-вмісні рідкі відходи. Основними забруднюючими агентами даних відходів є смолисті речовини. Наявність також поверхнево-активних речовин робить коксохімічний стік стійкою емульсійною системою. Флотаційні методи очистки рідких відходів від смолистих речовин володіють суттєвими технологічними перевагами (простотою апаратурного оформлення, високою продуктивністю, відсутністю стадії регенерації). Підвищити глибину знемаслювання рідких відходів при флотації можливо тільки за рахунок коагуляції часточок колоїдного ступеня дисперсності. Це досягається при застосуванні флотації, зокрема, при додаванні у стічну воду неорганічних електролітів (найчастіше $FeSO_4$). У роботі досліджено процес реагентної флотації стічних вод ПАТ ЄВРАЗ "Дніпродзержинський КХЗ" з вмістом смолистих речовин 394 мг/дм^3 при додаванні коагулянтів ($AlCl_3$, $FeSO_4$, $Al_2(OH)_5Cl$) та флокулянтів на основі поліакриламідів (A3330, CW3279). Експериментально доведено, що добавка 4 мг/дм^3 аніонного флокулянту A3330 до 25 мг/дм^3 $Al_2(OH)_5Cl$ при реагентній флотації дозволяє досягти вилучення смолистих речовин до рівня 15 мг/дм^3 і скорочує тривалість процесу очистки на 30 % у порівнянні з стандартним режимом. Встановлені закономірності впливу температури води в інтервалі 284-323 K на ефективність флотаційного видалення смолистих речовин. Показано можливість економії коагулянту $Al_2(OH)_5Cl$ шляхом заміщення частини його дози при флотації дешевим $FeSO_4$ без зниження ефективності очистки.

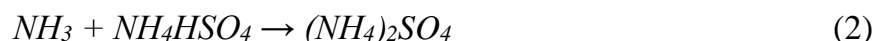
Ключові слова: амоній сульфат, реагентна флотація, смолисті речовини, рідкі відходи, коагулянти

Постановка проблеми

Стічні води коксохімічних виробництв є найбільш потужними антропогенними джерелами забруднення природних вод. Вони характеризуються як значними об'ємами утворення, так і наявністю надзвичайно небезпечних токсичних речовин органічного походження. В сучасних умовах підвищення екологічної безпеки промислових регіонів України все більшого значення набуває інтенсифікація процесів переробки рідких відходів коксохімічних виробництв, на яких виробляють неорганічне мінеральне добриво – амоній сульфат з кокосового газу, який уловлюють сульфатною кислотою. Процес нейтралізації амоніаку сульфатною кислотою протікає в два ступеня: спочатку утворюється кисла сіль амоній бісульфат за рівнянням [1]:



У міру насичення розчину амоніаком кисла сіль переходить в середню, тобто амоній сульфат:



ПАТ ЄВРАЗ "Дніпродзержинський КХЗ" (м. Кам'янське) – підприємство промислового комплексу України з повним циклом коксохімічного виробництва: підготовка вугільної шихти, випалювання коксу, уловлювання хімічних продуктів коксування, переробка сирого бензолу з отриманням чистих продуктів ректифікації, переробка кам'яновугільної смоли з одержанням кам'яновугільного пеку і кам'яновугільних масел.

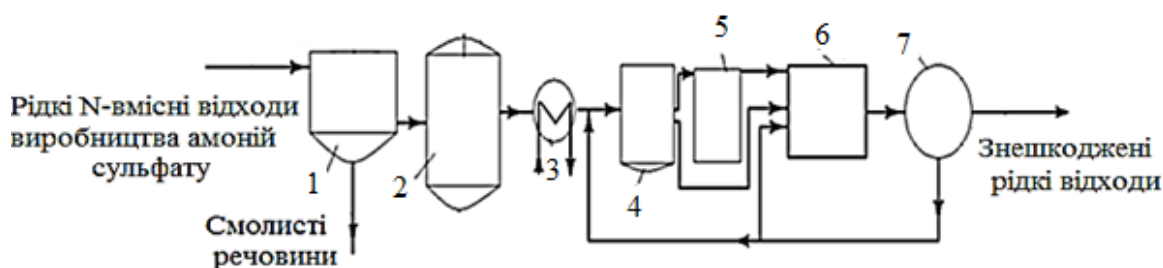
Амоніак утворюється в процесі коксування із нітрогену і гідрогену кам'яного вугілля. Велика частка нітрогену вугілля (до 60%) залишається в коксі у вигляді термічно стійких азотистих сполук, а остання частка видаляється з вугілля разом з леткими продуктами коксування – газом, смолою і надсмольною водою.

У газі нітроген знаходиться, головним чином, у вигляді елементарного нітрогену (20-30 %), амоніаку (10-17 %), ціаністого водню (до 3 %) і легких піридинових основ (0,07-0,1 %) [2]. В кам'яновугільній смолі нітроген знаходиться у вигляді піридинових і хінолінових сполук, а в надсмольній воді у вигляді ціанідів, роданідів і інших солей амонію.

Вихід цих продуктів при коксуванні залежить від вмісту нітрогену у вугіллі, ступеню метаморфізму і вологості останніх, від температури і швидкості коксування, а також від температури простору коксових камер і часу перебування в ньому летких продуктів коксування. Утворення амоніаку при коксуванні вугілля починається при температурі біля 600°C, а максимальний вихід його досягається при температурах 800-900°C.

У коксохімічній промисловості найбільшого поширення набув напівпрямий спосіб отримання амоній сульфату з використанням сатураторів барботажного типу. Суть процесу полягає в тому, що після нагнітача коксовий газ, що містить газоподібний амоніак поступає в сатуратор по трубі, що закінчується барботажем зонтом. Зонт занурений в маточний розчин, що містить сульфатну кислоту. При проходженні газу через маточний розчин амоніак вступає в реакцію взаємодії з сульфатною кислотою і утворює з нею кінцевий продукт - амоній сульфат.

Технологічна очистки N-вмісних рідких відходів виробництва амоній сульфату зображена на рис. 1 [3].



1 - смоловідстійник; 2 – флотатор; 3 – холодильник; 4 – усереднювач-передаеротенк; 5 – розплідники; 6 – аеротенк; 7 – вторинний відстійник

Рис.1. Технологічна схема очистки рідких N-вмісних відходів виробництва амоній сульфату

Загальний стік надходить у смоловідстійник 1 для очищення від смол. У смоловідстійниках також видаляється частина легких масел, що спливають на поверхню. Для більш ефективного вилучення смол у стічні води згідно регламенту передбачено додавати розчин сульфатнокислого феруму у флотатор 2. Очищені від смол і масел стічні води надходять в усереднювач-передаеротенк 4. Надлишкова надсмольна вода з

смолопереробного цеху, яка теж поступає на установку, охолоджується в холодильнику типу "труба в трубі" з 3 до 40 °С (у літній період) і при відсутності смолистих речовин подається в усреднювач-передаєротенк 4. Подача біогенної добавки - розчину ортофосфорної кислоти здійснюється також в усреднювач-передаєротенк зі збірника 4. Усереднена стічна вода насосом подається в аєротенки 6. Для підтримки необхідної для біохімічного окислення фенолів і роданідів температури 30 – 35 °С стічна вода перед надходженням в аєротенки при необхідності охолоджується або підігрівається в кожухотрубчастих теплообмінниках. Після очистки в аєротенку стоки надходять у відстійник 7. З відстійника 7 здійснюється повернення активного мулу з чистою водою у кількості 50 % від очищеної в усреднювач-передаєротенк (10-20 %) і в аєротенки 6 (30-40 %). Очищена стічна вода направляється на гасіння коксу або на міські очисні споруди для доочистки з господарсько-побутовими водами.

У таблиці 1 представлені усереднені дані якості вихідних рідких N-вмісних відходів виробництва амоній сульфату [4].

Таблиця 1. Усереднені дані якості вихідних рідких N-вмісних відходів виробництва амоній сульфату

| Показники | Одиниці вимірювання | Нормативні значення (проектні) | Фактичні значення |
|-------------------|-----------------------------------|--------------------------------|-------------------|
| Феноли | мг/дм ³ | 415 | 962 |
| Роданіди | мг/дм ³ | 400 | 943 |
| Амоніак летючий | мг/дм ³ | 250 | 166 |
| Амоніак загальний | мг/дм ³ | 960 | 1200 |
| pH | - | 8 | 7,9 |
| Смолисті речовини | мг/дм ³ | 200 | 235 |
| Сірководень | мг/дм ³ | 100 | 100 |
| Ціаніди | мг/дм ³ | 30 | 30 |
| Хлориди | мг/дм ³ | 1640 | 1640 |
| Сульфати | мг/дм ³ | 1480 | 1480 |
| ХСК | мгО ₂ /дм ³ | 2500 | 2900 |

У відповідності до стандартних методик нами зроблені аналізи якості очищених рідких відходів на певних етапах очистки за такими найважливішими показниками як фенол, роданіди, ціаніди, pH, смолисті речовини, а також амоніак летючий. Усереднені дані якості очищених рідких N-вмісних відходів виробництва амоній сульфату представлено у таблиці 2 [5].

Таблиця 2. Усереднені дані якості очищених рідких N-вмісних відходів виробництва амоній сульфату

| Показники | Одиниці вимірювання | Місце відбору проб | | | ГДК (нормативні значення) |
|-------------------|---------------------|--------------------|-----------|---------------|---------------------------|
| | | Усереднювач | Аєротенки | Очищений стік | |
| Феноли | мг/дм ³ | 483 | 6,3 | 3,99 | не більше 1 |
| Роданіди | мг/дм ³ | * | * | 560 | не більше 5 |
| Ціаніди | мг/дм ³ | 20,5 | * | 7,2 | не більше 2 |
| pH | — | 7,9 | 6,2 | 6,3 | 7-9 |
| Смолисті речовини | мг/дм ³ | 18 | * | 24 | не більше 25 |
| Амоніак летючий | мг/дм ³ | 115 | * | 37 | не нормується |

* - проби стічної води у даній очисній споруді не аналізувалися

Дані таблиці 2 свідчать про значне перевищення нормованих концентрацій основних забруднюючих речовин – фенолів та роданідів, а також смолистих речовин. Як наслідок – надмірне навантаження на біоценоз активного мулу та на усю технологію біохімічистки в цілому. Ефективність біологічного методу вилучення цих речовин із стічних вод ПАТ «ЄВРАЗ Дніпродзержинський КХЗ» (м. Кам'янське) напряму залежить від попередньої стадії їх механічної очистки від смол та масел. Надмірна концентрація цих речовин у стічній воді призводить до масової загибелі мікроорганізмів активного мулу, що тягне за собою порушення роботи установки БХО, а отже, значні матеріальні збитки підприємства. Нажаль, через застарілість і ненадійність технологічного обладнання, очистка від масел і смол, як правило, виявляється недостатньою для нормального функціонування усєї технології в цілому. Наразі вміст цих речовин після стадії механічної очистки перевищує нормативний у 2-4 рази. Тому вона конче потребує удосконалення та модернізації, адже очисні споруди підприємства не доводять вміст забруднюючих речовин до нормативних вимог, що спричиняє забруднення р. Дніпро та повітря значної частини м. Кам'янське токсичними речовинами.

Середньомісячний вміст смолистих речовин у вихідних та очищених рідких N-вмісних відходах виробництва амоній сульфату за 2016 рік представлені на рис. 2 і 3 відповідно [6].

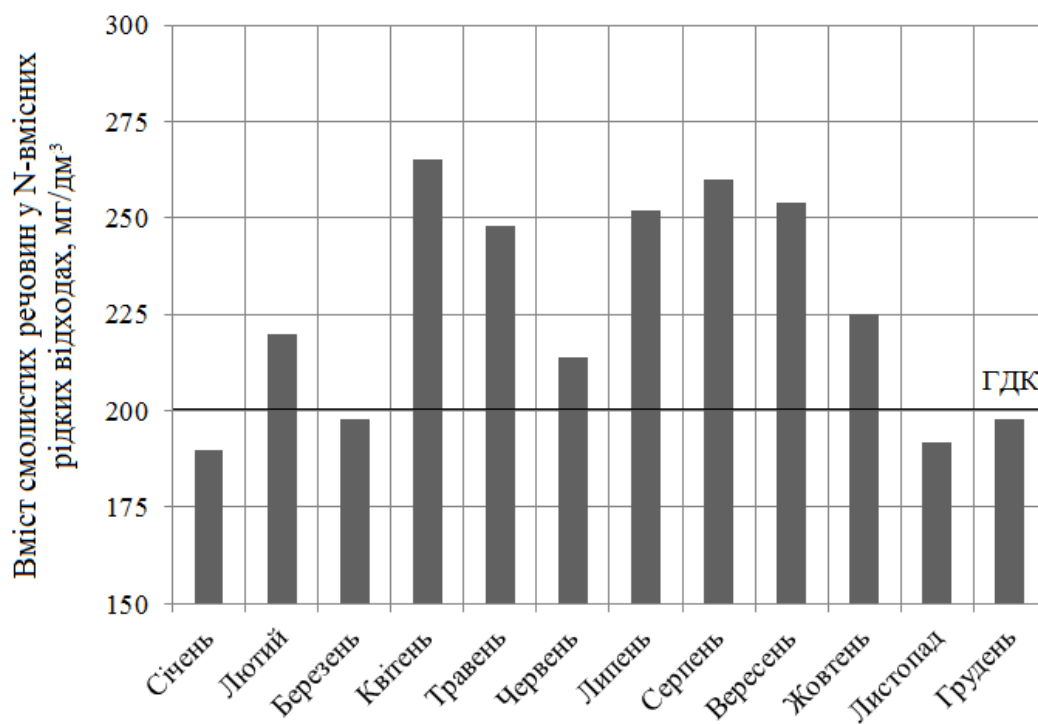


Рис. 2. Вміст смолистих речовин у вихідних рідких N-вмісних відходах виробництва амоній сульфату за 2016 рік

З рисунків 2 і 3 видно, що спостерігаються постійні порушення норм ГДК за смолистими речовинами як у вихідних рідких відходах (більше 200 мг/дм³), так і у очищених (більше 25 мг/дм³) [7]. Крім того, при застосуванні флотаційного безреагентного методу на підприємстві ПАТ «ЄВРАЗ Дніпродзержинський КХЗ» не відбувається освітлення стоків і вони потребують додаткової обробки. Варто зазначити, що подібна ситуація спостерігається не лише в м. Кам'янське, але і в інших містах з розвинутою коксохімічною промисловістю по всій країні. Таким чином, задача доведення вмісту смол і масел у рідких N-вмісних відходах на стадії механічної очистки до нормативного рівня вимагає якнайшвидшого наукового розв'язання.

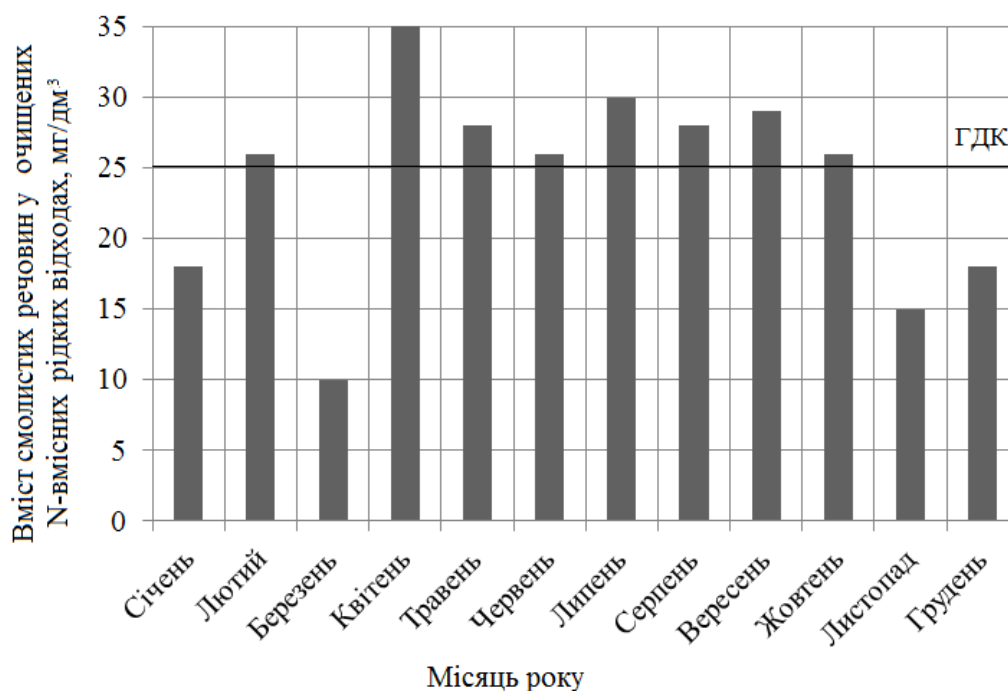


Рис. 3. Вміст смолистих речовин у очищених рідких N-вмісних відходах виробництва амоній сульфату за 2016 рік

Аналіз останніх досліджень та публікацій з даної теми

Найбільше розповсюдження у практиці очистки як нафтовмісних, так і фенольних стічних вод отримала напірна флотація (з виділенням газів з насиченої ними рідини). Дана технологія флотації застосовується насамперед для очистки стоків від нафти, нафтопродуктів, масел, жирів, ПАВ, волокнистих речовин та зкоагульованих забруднень. Поєднання коагуляції та флотації вимагає ретельного врахування умов ведення обох процесів: температури, гідродинамічних умов, рН та ін.. Роль флотації в цьому випадку зводиться до інтенсифікації виділення скоагульованих забруднень з рідини. Механізм процесу реагентної флотації – це, перш за все, коагуляція, а бульбашки повітря виконують, головним чином, транспортну функцію. Це в повній мірі стосується і флотації в поєднанні з флокуляцією. Утворення флотоагрегатів здійснюється шляхом виділення бульбашок на утворених пластівцях гідроксидів, а також внаслідок зіткнень (агломерації) бульбашок з пластівцями [8].

З метою інтенсифікації процесу флотації у стічну воду забруднену смолистими речовинами додають різні неорганічні електроліти – солі тривалентних металів. Через свою низьку вартість, найчастіше використовується FeSO_4 . Присутність феруму (II) сульфату у воді при флотації позитивно впливає на наступне біохімічне окислювання фенолів і роданідів, зокрема за рахунок зв'язування частини ціанідів у нетоксичні для біохімічного процесу комплекси фероціанідів. Механізм дії реагента FeSO_4 при флотації інший, ніж у класичних коагулянтів, на пластівцях яких у воді сорбуються масла – він полягає у коалесценції (укрупненні) частини високодисперсних часточок масла [9].

Однак отримані дані, які засвідчують суттєве прискорення процесів корозії сталевих апаратури при внесенні сульфатів та хлоридів заліза при реагентній флотації [10]. В цьому відношенні солі алюмінію мають перевагу – при їх застосуванні досягається аналогічний ступінь очищення, а корозійні процеси активізуються в значно меншій мірі, тому використання алюмінієвих коагулянтів більш доцільне. У ході попередніх досліджень було встановлено, що найбільш ефективним коагулянтом на основі Алюмінію є $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}$

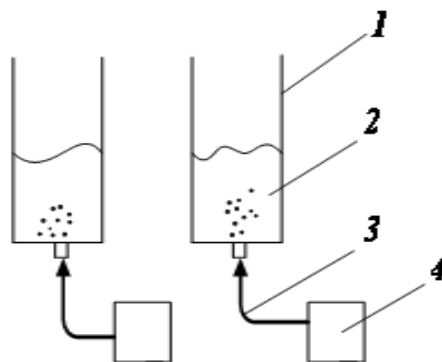
[7]. Подальша інтенсифікація процесу реагентної флотації при застосуванні $Al_2(OH)_5Cl$ можлива за рахунок додавання флокулянтів на основі поліакриламідів.

Мета роботи

Метою даної роботи є дослідження технології вилучення смолистих речовин з рідких N-вмісних відходів виробництва амоній сульфату методом реагентної флотації і доведення концентрації останніх до нормативних значень шляхом підбору оптимальних поєднань коагулянту $Al_2(OH)_5Cl$ та флокулянтів на основі поліакриламідів.

Методи та об'єкти дослідження

Для проведення досліджень створено лабораторну флотаційну установку на якій проведено серію випробувань коагулянтів $AlCl_3$, $FeSO_4$, $Al_2(OH)_5Cl$ та флокулянтів на основі поліакриламідів – аніонного А3330 і катіонного CW3279 на предмет ефективності з точки зору вилучення смол та масел з рідких відходів. Установка складалась з двох циліндричних ємностей об'ємом по $1,5 \text{ дм}^3$ кожна, двох компресорів для подачі повітря. Інтенсивність подачі повітря складала $0,325 \text{ дм}^3/\text{хв}$. Схема лабораторної установки переробки рідких N-вмісних відходів методом реагентної флотації представлена на рис. 4.



1 – реактори (I, II); 2 – рідкі N-вмісні відходи; 3 – гумова трубка; 4 – компресор

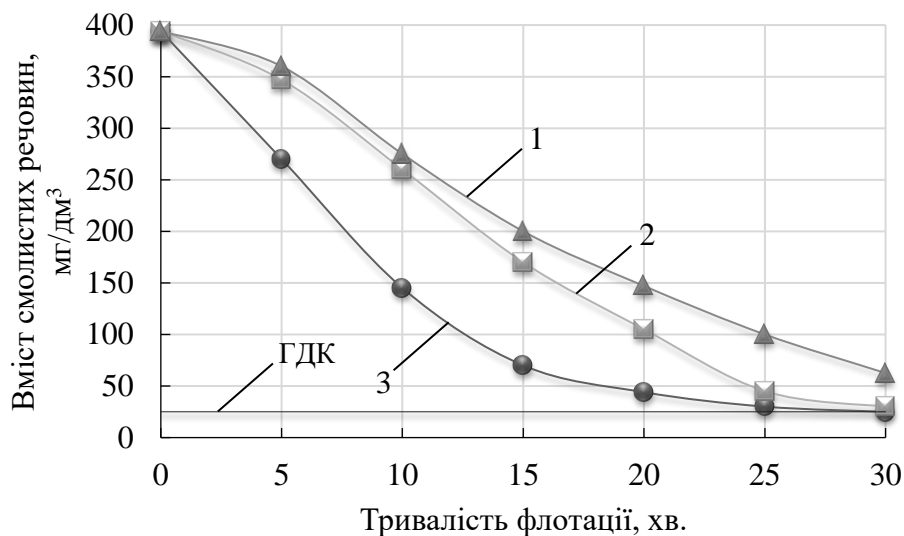
Рис. 4. Схема лабораторної установки переробки рідких N-вмісних відходів методом реагентної флотації

Методика експерименту полягала у наступному. Проби стічної води, ємністю 1 дм^3 кожна, помістили у реактори флотації, додаючи різні дози реагентів, і увімкнули компресори для подачі повітря. Для досягнення необхідної температури стічної води її попередньо підігрівали на електричній плитці та розміщували у термостат. Аерацію води проводили за допомогою компресору протягом 30-ти хвилин при інтенсивності подачі повітря $0,325 \text{ дм}^3/\text{хв}$. Після цього відбирали з верхніх шарів реакторів по 50 см^3 сфлотованої стічної води для визначення залишкової концентрації смолистих речовин спектрометричним методом. Початкова концентрація смолистих речовин у рідких відходах становила $394 \text{ мг}/\text{дм}^3$. У перший реактор додавали $10 \text{ мг}/\text{дм}^3 \text{ AlCl}_3$, $10 \text{ мг}/\text{дм}^3 \text{ FeSO}_4$ та $4 \text{ мг}/\text{дм}^3$ аніонного флокулянту поліакриламідів А3330. В другий реактор додавали $10 \text{ мг}/\text{дм}^3 \text{ Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}$, $10 \text{ мг}/\text{дм}^3 \text{ FeSO}_4$ та $4 \text{ мг}/\text{дм}^3$ аніонного флокулянту поліакриламідів А3330.

Викладення основного матеріалу

На першому етапі досліджували ефективність застосування коагулянту в поєднанні з флокулянтами різних типів для підвищення ступеню вилучення смолистих речовин до нормативних значень. Проведено випробування коагулянту $Al_2(OH)_5Cl$ у кількості $25 \text{ мг}/\text{дм}^3$ з додаванням аніонного та катіонного флокулянтів (А3330 та CW3279, відповідно) у кількості $4 \text{ мг}/\text{дм}^3$ при використанні фільтросної трубки діаметром $1,5 \text{ мм}$ для забезпечення диспергування повітря до бульбашок оптимального розміру. Температура води становила 284 К . Результати експериментальних досліджень наведено на рис. 5.

Визначено, що найвищою ефективністю володіє гідроксихлорид алюмінію з додаванням аніонного флокулянту А3330, при таких технологічних параметрах вміст смолистих речовин знижується до 25 мг/дм³. Застосування катіонного флокулянту характеризується меншим ступенем вилучення смолистих речовин – вміст в очищеній воді 30 мг/дм³ (на 5 мг/дм³ більше ГДК). Найменш ефективним є застосування коагулянту без флокулянту (62,5 мг/дм³ смолистих речовин в очищеній воді). Аніонний флокулянт можна застосувати для осадження зважених речовин в первинних відстійниках міських і виробничих стічних вод, а $Al_2(OH)_5Cl$ володіє високою ефективністю в порівнянні з іншими коагулянтами, менш корозійно активний ніж ферумвмісні коагулянти, не викликає зниження рН та працює в широкому інтервалі значень температур. Таким чином, слід рекомендувати поєднання $Al_2(OH)_5Cl$ з аніонним флокулянтом А3330 для подальших досліджень.

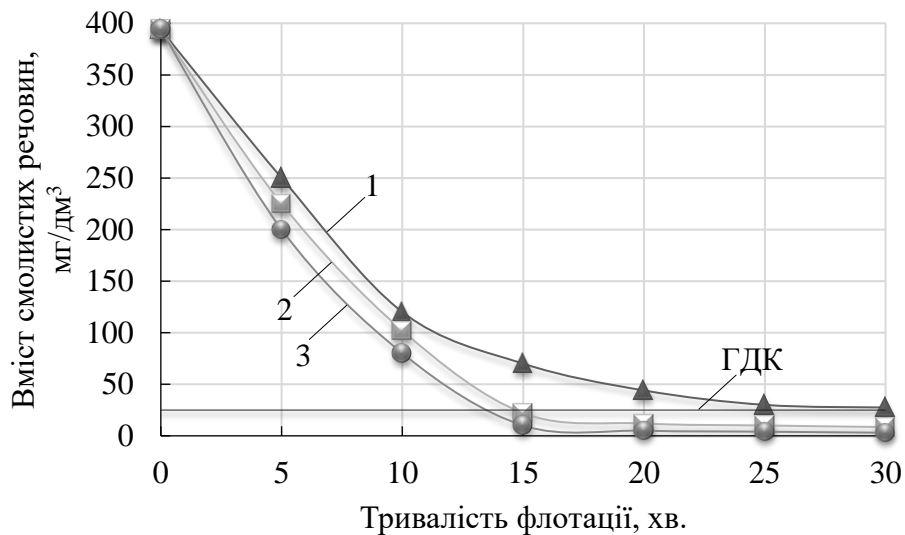


1 – без флокулянту; 2 – катіонний CW3279; 3 – аніонний А3330

Рис. 5. Залежність вмісту смолистих речовин від тривалості реагентної флотації при застосуванні 25 мг/дм³ $Al_2(OH)_5Cl$ з додаванням різних типів флокулянтів

На другому етапі визначили вплив температури рідких відходів в інтервалі значень 284-323 К на процес вилучення смолистих речовин методом реагентної флотації з додаванням коагулянту $Al_2(OH)_5Cl$ і аніонного флокулянту А3330. Доза коагулянту становила 25 мг/дм³, флокулянту – 4 мг/дм³. Результати досліджень представлено на рис. 6.

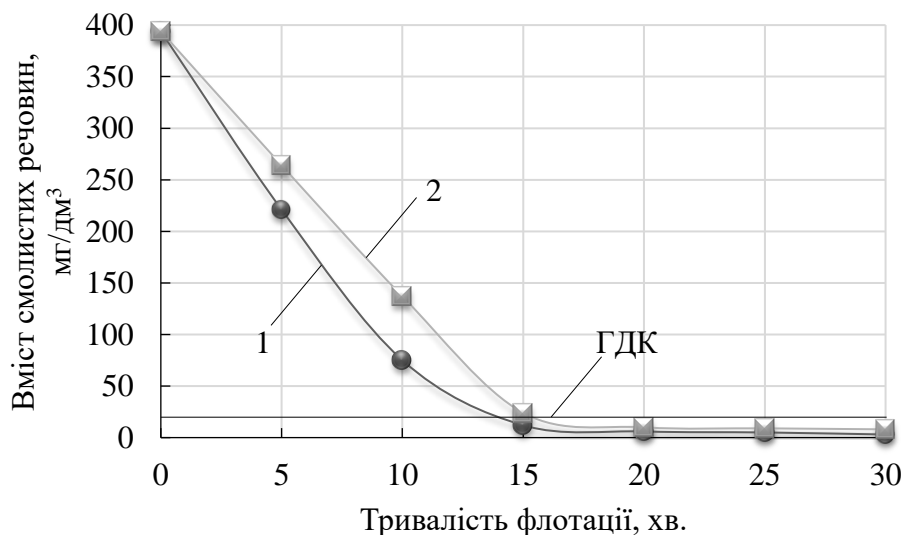
З рисунку 6 видно, що збільшення температури в інтервалі 284-323 К суттєво підвищує ефективність вилучення смолистих речовин при реагентній флотації та скорочує тривалість очищення до норм ГДК вдвічі (з 30 до 15 хвилин). Досліди, які проводились при температурі рідких відходів 323 К, тобто в умовах, ідентичних промисловим, демонструють найвищу ефективність очищення порядку 98 % (залишкова концентрація смолистих речовин в очищеній воді після 30 хвилин флотації – 7,5 мг/дм³). Зростання температури води до 303 К забезпечує майже таку саму ефективність очистки, як і при 323 К. Підвищення температури води призводить до зростання ефективності процесу очищення, що є наслідком збільшення швидкості коагуляції високодисперсних часточок смолистих речовин за рахунок прискорення броунівського руху молекул рідкої фази.



1 – 284 К; 2 – 303 К; 3 – 323 К

Рис. 6. Залежність вмісту смолистих речовин від тривалості реагентної флотації із застосуванням $25 \text{ мг/дм}^3 \text{ Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}$ і аніонного флокулянту А3330 у кількості 4 мг/дм^3 при різних температурах рідких відходів

Далі нами досліджено можливість часткового заміщення доволі високовартісного $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}$ більш дешевим FeSO_4 , котрий у великих кількостях утворюється у процесі сульфатного травлення феруму, без збільшення загальної дози коагулянту. Існуючою технологією очистки стоків від смолистих речовин на ПАТ ЄВРАЗ "Дніпродзержинський КХЗ" передбачене застосування FeSO_4 в якості основного реагенту. Для порівняння використали інший алюмовмісний коагулянт – AlCl_3 . Результати дослідження зображено на рис. 7.



1 – $10 \text{ мг/дм}^3 \text{ Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl} + 10 \text{ мг/дм}^3 \text{ FeSO}_4 + 4 \text{ мг/дм}^3 \text{ A3330}$; 2 – $10 \text{ мг/дм}^3 \text{ AlCl}_3 + 10 \text{ мг/дм}^3 \text{ FeSO}_4 + 4 \text{ мг/дм}^3 \text{ A3330}$

Рис. 7. Залежність вмісту смолистих речовин від тривалості реагентної флотації для різних комбінацій коагулянтів та флокулянту А3330

Результати дослідження показали, що найвищою ефективністю видалення смолистих речовин з фенольної води володіє комбінація реагентів: $\text{Al}_2(\text{OH})_5\text{Cl}$ та FeSO_4 з додаванням

аніонного флокулянту, при таких технологічних параметрах вміст смолистих речовин після 30 хвилин флоатації знижується до 7,5 мг/дм³. Поєднання AlCl₃ та FeSO₄ є менш ефективним (вміст смолистих речовин в очищеній воді після – 9,5 мг/дм³). Таким чином, сумісне використання Al₂(OH)₅Cl та FeSO₄ є технологічно і економічно виправданим, дозволяє використовувати метод реагентної флоатації при дозі коагулянту 20 мг/дм³.

Висновки

Рідкі N-вмісні відходи коксохімічного підприємства ПАТ ЄВРАЗ "Дніпродзержинський КХЗ" містять понаднормові концентрації фенолів, роданідів та ціанідів, що зумовлює систематичні перевищення ГДК цих речовин у зворотних водах. Пояснюється це низькою ефективністю наявної технології вилучення смолистих речовин з фенольних стічних вод. Встановлено, що оптимальним методом вилучення смолистих речовин є реагентна флоатація.

Показано, що найбільш доцільним з точки зору вилучення смолистих речовин при реагентній флоатації є поєднання коагулянту Al₂(OH)₅Cl і аніонного флокулянту А3330. Оптимальні дози реагентів становлять 25 та 4 мг/дм³, відповідно.

Встановлено, що ефективність флоатаційного вилучення смолистих речовин та тривалість процесу очищення напряму залежить від температури стічної води, що в умовах промислового ведення процесу на коксохімічних підприємствах України забезпечить доведення вмісту цих забрудників до норм ГДК протягом 15 хвилин флоатації.

Доведено можливість економії коагулянту Al₂(OH)₅Cl за рахунок заміщення частини його дози при флоатації більш доступним FeSO₄ без зниження ефективності очистки. Доза коагулянту при цьому зменшується на 5 мг/дм³.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ЖИДКИХ N-СОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА АММОНИЙ СУЛЬФАТА МЕТОДОМ РЕАГЕНТНОЙ ФЛОТАЦИИ

Елатонцев Д.А., Иванченко А.В., Зинченко И.В.

Днепропетровский государственный технический университет, г. Каменское
e-mail: ya.nah2015@yandex.com

Коксохимические стоки отличаются значительным содержанием связанного азота в разных формах, а, следовательно, могут характеризоваться как N-содержащие жидкие отходы. Основными загрязняющими агентами данных отходов является смолистые вещества. Наличие поверхностно-активных веществ делает коксохимический сток стойкой эмульсионной системой. Флотационные методы очистки жидких отходов от смолистых веществ обладают существенными технологическими преимуществами (простотой аппаратного оформления, высокой производительностью, отсутствием стадии регенерации). Повысить глубину обезмасливания жидких отходов при флоатации возможно только за счет коагуляции частиц коллоидной степени дисперсности. Это достигается при применении флоатации, в частности, при добавлении в сточную воду неорганических электролитов (как правило FeSO₄). В работе исследован процесс реагентной флоатации сточных вод ОАО ЕВРАЗ "Днепропетровский КХЗ" с содержанием смолистых веществ 394 мг/дм³ при добавлении коагулянтов (AlCl₃, FeSO₄, Al₂(OH)₅Cl) и флокулянтов на основе полиакриламида (А3330, СW3279). Экспериментально доказано, что добавка 4 мг/дм³ анионного флокулянта А3330 к 25 мг/дм³ Al₂(OH)₅Cl при реагентной флоатации позволяет

достичь извлечения смолистых веществ до уровня 15 мг/дм³ и сокращает продолжительность процесса очистки на 30 % по сравнению со стандартным режимом. Установлены закономерности влияния температуры воды в интервале 284-323 К на эффективность флотационного удаления смолистых веществ. Показана возможность экономии коагулянта $Al_2(OH)_5Cl$ путем замещения части его дозы при флотации дешевым $FeSO_4$ без снижения эффективности очистки.

Ключевые слова: аммоний сульфат, реагентная флотация, смолистые вещества, жидкие отходы, коагулянты

RESEARCH OF PROCESSING TECHNOLOGY OF N-CONTAINING LIQUID WASTE OF AMMONIUM SULPHATE PRODUCTION BY THE REAGENT FLOTATION

Yelatontsev D.A., Ivanchenko A.V., Zinchenko I.V.

Dneprovsky State Technical University, Kamyanske
e-mail: ivanchenkodgtu@gmail.com

Coke wastewater is characterized by a significant content of bound nitrogen in various forms, therefore, can be considered as N-containing liquid waste. The main polluting agents of this type of waste are resinous substances. The presence of surfactants also characterizes the total coke-chemical effluent as a stable emulsion system. Flotation methods for cleaning liquid waste from resinous substances have significant technological advantages (simplicity of instrumentation, high productivity, lack of regeneration stage). Increase the depth of de-oiling of liquid waste during flotation is possible due to the coagulation of particles of a colloidal degree of dispersion - emulsified resinous substances. This is achieved by using flotation, in particular, when inorganic electrolytes (often $FeSO_4$) are added to the wastewater. The process of reagent flotation of sewage waters of PJSC "Dniprodzerzhynsk Coke Plant" with a tar content of 394 mg/dm³ with the addition of coagulants ($AlCl_3$, $FeSO_4$, $Al_2(OH)_5Cl$) and flocculants based on polyacrylamide (A3330, CW3279) was investigated. It has been experimentally proved that the addition of 4 mg/dm³ of the anionic flocculant A3330 in reagent flotation with the use of $Al_2(OH)_5Cl$ at a dose of 25 mg/dm³ allows recovery of resinous substances to 15 mg/dm³ and shortens the duration of the cleaning process by 30 % method of pressure flotation. The regularities of the effect of water temperature in the interval 284-323 K on the efficiency of flotation removal of resinous substances are established. In this interval, an increase in the temperature of the wastewater reduces the duration of the pollutant recovery to the normative content from 30 min to 15 min with the use dose of 25 mg/dm³ $Al_2(OH)_5Cl$ and anionic flocculant A3330 in the amount of 4 mg/dm³. The possibility of saving the coagulant $Al_2(OH)_5Cl$ by replacing part of its dose during flotation with cheap $FeSO_4$ without reducing the efficiency of purification is shown.

Key words: ammonium sulphate, reagent flotation, resinous substances, liquid waste, coagulants

ЛІТЕРАТУРА

- 1 Денисенко Г. Ф. Охрана окружающей среды в черной металлургии / Г. Ф. Денисенко, З. И. Губонина. – М.: «Металлургия», 1989. – 300 с.

REFERENCES

- Denisenko G. F., Gubonin Z. I. *Environmental protection in ferrous metallurgy* (Moscow: Metallurgy, 1989). [In Russian].

- 2 Старовойт А. Г. Природоохранная работа коксохимических предприятий Украины / А. Г. Старовойт // Экология и промышленность. — 2014. — № 4. — С. 45-49. — Режим доступа: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ekolprom_2014_4_8.
- 3 Рябчиков Б. Е. Современные методы подготовки воды для промышленного использования / Б. Е. Рябчиков. — М.: ДеЛи принт, 2004. — 328 с.
- 4 Ivanchenko A.V. Determination of the adsorbent specific surface area at tar removing from industrial waste water of ammonium sulphate production / A.V. Ivanchenko, D.O. Yelatontsev // Pratsi Odes'kyi Politechnichniy Universytet. — 2016. — № 3 (50). — P. 62-68.
- 5 Іванченко А.В. Дослідження технології біохімічної очистки стічних вод ПАТ ЄВРАЗ «Дніпродзержинський КХЗ»/ А.В. Іванченко, О.О. Дупенко, М.А. Криворот, М.Д. Волошин // Збірник наукових праць Дніпродзержинського державного технічного університету (технічні науки). — 2014. — № 1 (18). — С. 195 – 197.
- 6 Developing of effective technology of the phenolic wastewater/ I.V. Klymenko, D.A. Yelatontsev, A.V. Ivanchenko, O.A. Dupenko, N.D. Voloshin// Eastern European Journal of Enterprise Technologies. — 2016. — Vol. 3, No 10 (81). — P. 29-34.
- 7 Іванченко А.В. Дослідження технології вилучення смолистих речовин зі стічних вод коксохімічних підприємств методом реагентної флоатації/ А.В. Іванченко, Д.О. Єлатонцев, М.Д. Волошин, О.О. Дупенко // Праці Одеського політехнічного університету. — 2015. - Вип. 1(45). — С. 158—163.
- 8 Стахов Е. А. Очистка нефтесодержащих сточных вод предприятий хранения и транспорта нефтепродуктов / Е. А. Стахов. — Л.: Недра, 1983. — 263 с.
- Starovoit A. G. Environmental Protection of Coke-Chemical Enterprises of Ukraine. Ecology and Industry. 2014. 4. 45-49. [In Russian].
- Ryabchikov B. E. *Modern methods of water treatment for industrial use* (Moscow: DeLi print, 2004). [In Russian].
- Ivanchenko A. V., Yelatontsev D. O. Determination of the adsorbent specific surface area at tar removing from industrial wastewater of ammonium sulphate production. Works of the Odessa Polytechnic University. 2016. 3(50). 62-68. [in Ukrainian].
- Ivanchenko A. V., Dupenko O. O., Krivorot M. A., Voloshin M. D. Research on technology of biochemical treatment of wastewater at JSC EVRAZ "Dneprodzerzhinsk Coke Plant". Proceeding of Dneprodzerzhinsk State Technical University: Engineering. 2014. 1(18). 195-197. [in Ukrainian].
- Klymenko I. V., Yelatontsev D. O., Ivanchenko A. V., Dupenko O. A., Voloshin N. D. Developing of effective technology of the phenolic wastewater. Eastern European Journal of Enterprise Technologies. 2016. 10(81): 3. 29-34. [in English]. DOI: 10.15587/1729-4061.2016.72410
- Ivanchenko A. V., Yelatontsev D. O., Voloshin M. D., Dupenko O. O. Research of tar substances removal technology from coke enterprises wastewater by means of reagent flotation. Works of the Odessa Polytechnic University. 2015. 1(45). 158-163. [in Ukrainian].
- Stakhov E. A. *Purification of oily wastewater from storage and transportation of petroleum products* (Leningrad: Nedra, 1983). [In Russian].

- 9 Винарский Н.С. Применение коагулянтов для очистки сточных вод коксохимического производства / Н.С. Винарский, А.В. Миргородская, М.И. Близнюкова [и др.] // Углекимический журнал. – 1983. – № 3. – с. 40-42. Vinarsky N. S., Mirgorodskaya A. V., Bliznyukova M. I., Berdnikova R. D. The use of coagulants for coking wastewater treatment. The Carbon-Chemical Journal. 1983. 3. 40-42. [In Russian].
- 10 Винарский Н.С. Влияние коагулянтов на коррозионную активность фенольной сточной воды / Н.С. Винарский, М.И. Близнюкова, А.М. Ханин [и др.] // Углекимический журнал. – 1982. – № 8. – с. 48-50. Vinarsky N. S. Bliznyukova M. I., Khanin A. M., Berdnikova R. D. Effect of coagulants on the corrosion activity of phenolic wastewater. The Carbon-Chemical Journal. 1982. 8. 48-50. [In Russian].