

веществ, а также максимально использовать возобновляемые и нетрадиционные источники энергии.

Предложенные мероприятия позволят сократить удельный вес твердого и жидкого топлива в топливном балансе поселков Украины, снизить техногенную нагрузку на воздушную среду и обеспечить необходимый уровень экологической безопасности на уровне сельских регионов.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Сайт Госкомстата України.
2. Кормилицын В.И. Экологические аспекты сжигания топлива в паровых котлах. Москва: Издательство МЭИ, 1998.- 336 с.
3. Шурчков А.В., Забарный Г.М. и др.. Розвиток децентралізованного енергопостачання на основі нетрадиційних місцевих енергоресурсів. НАН України. Інститут технічної теплофізики.К.:2001. – 150 с.
4. Викиди забруднювальних речовин в атмосфері від енергетичних установок. Методика визначення. Київ: «КВІЦ», 2002.
5. Энергетическое топливо СССР: Справочник /В.С.Вдовченко и др. М.: Энергоатомиздат, 1991.-184 с.

УДК 628.356:665.6(579.04)

Семенова О.І., Ткаченко Т.Л., Бублієнко Н.О., Говоруха Т.О. (Україна, Київ)

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКТИВНОГО ОФОРМЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ПРОМИСЛОВИХ НАФТОВМІСНИХ СТІЧНИХ ВОД

У світовій практиці застосовуються технологічні і конструктивні рішення пристроїв для очищення нафтовмісних стічних вод. Проте, масове їх використання у світлі національного і міжнародного законодавства про вимоги до якості вод не може бути забезпечено через недосконалість, низьку продуктивність, недостатню ефективність, складність, дороговизну і незручності в експлуатації існуючих установок. Нові задачі висувують і нові вимоги до цих установок, і перш за все – підвищення ефективності їх застосування при високій якості очищеної води.

Найбільше розповсюджені установки для очищення нафтовмісних стоків, які працюють за технологією біохімічного окиснення забруднень активним мулом. Незважаючи на те, що даний спосіб був залучений із практики очищення побутових, міських і промислових стічних вод, ця технологія застосовується без значних змін, хоча необхідність їх зумовлюється специфічністю забруднень і умов роботи апаратів. Вивчення таких умов і вибору параметрів процесу, які найбільш відповідають їм, дасть змогу інтенсифікувати процес біохімічного очищення нафтовмісних стічних вод.

Інтенсифікація процесів обробки нафтовмісних стічних вод, зокрема технологічної модифікації процесу біохімічного окиснення забруднень активним мулом, передбачає удосконалення апаратурно-технологічного комплексу в цілому за схемою, яка враховує специфіку забруднень, особливо їх фазо-дисперсний стан і дію на них біологічного реагенту – активного мулу.

Проведені дослідження були спрямовані на удосконалення основної частини запропонованої технологічної схеми – блоку біохімічного окиснення.

Склад забруднень нафтовмісних стічних вод характеризується наявністю речовин у вигляді крупнодисперсної фракції та молекулярних розчинів. Перша фракція агрегативно нестійка і здатна до зміни фазово-дисперсного стану при наявності інертних або активних центрів коагуляції та коалесценції, тоді як інша фракція в стоках знаходиться в розчинному стані. D. Fuselman та Y.Y. Zugen [1] вивчали склад забруднень підсланевих і баластних стічних вод суден військово-морського флоту США. Методом електронної мікроскопії та рентгеноструктурного аналізу встановлено, що до складу нафтових часток розміром 2-100 мкм входять залізо, кальцій, кремній та інші елементи, іони яких в певних умовах утворюють речовини, які мають яскраво виражені коагуляційні властивості. Методом ультрафіолетової спектроскопії в стоках, які утворюються на судах, виявлені ароматичні сполуки; методами хроматографії разом із спектральним аналізом в інфрачервоній та ультрафіолетовій областях виявлені алкани C₅ – C₁₈. Отже, в цих стічних водах міститься велика група речовин, які можна окиснювати біохімічним способом із застосуванням адаптованих мікроорганізмів [1].

Дослідження Я.А. Кареліна, Д.Д. Жукова та І.А. Саїдамінова [2] показали, що в нафтовмісних стічних водах наявні як легко-, так і важкоокиснювані речовини. Авторами запропоновано виражати групу легкоокиснюваних речовин через біохімічне споживання кисню (БСК), а групу важкоокиснюваних речовин – через ефіророзчинні забруднення. Така класифікація складу забруднень дає змогу достатньо точно характеризувати відношення мікроорганізмів активного мулу до забруднень різних фракцій і взаємозв'язок кінетичних параметрів процесів біохімічного окиснення обох груп забруднень. Авторами роботи [2] встановлено, що «підвищення навантаження на активний мул по забрудненням, вираженим через БСК, приводить до зниження ступеня окиснення ефіророзчинних забруднень. У зв'язку з цим, біохімічне очищення таких вод (нафтовмісних) необхідно проводити при мінімальному розбавленні господарсько-побутовими стоками, і в два ступені». Висновок авторів роботи [2], які класифікують забруднення нафтовмісних стічних вод по ступеню їх придатності до біохімічного окиснення, перекикається з висновками, які можна зробити на основі роботи [1], тобто припустити, що для інтенсифікації процесів біохімічного очищення нафтовмісних стічних вод

раціональною буде ступінчаста схема з послідовним вилученням різних фракцій забруднень, враховуючи особливості їх складу.

Забруднюючі речовини нафтовмісних стічних вод відрізняються від забруднень побутових стоків і містять в основному важкоокиснювані (ефіророзчинні) речовини. Звісно, що такі стоки потребують певного підходу як до способів очищення води, так і до складу очисних споруд для видалення вище вказаних забруднень, особливо це стосується використання найбільш дешевого й ефективного способу - біохімічного очищення [3].

Але за основними показниками забрудненості досліджувані нафтовмісні стічні води цілком придатні для біохімічного очищення: концентрація нафтопродуктів (НП) становить 80 мг/л, БСК₅ – 106 мг O₂/дм³, хімічне споживання кисню (ХСК) – 200 мг O₂/дм³, завислі речовини 125 мг/дм³, запах – 2 бали, колір – жовто-сірий, лужність – 3,8 мг-екв/ дм³, рН – 6,9-7,3, азот амонійних солей – 36 мг/дм³, нітриту – 0,3 мг/дм³, нітрати – 0,25 мг/дм³.

Таким чином, найбільш перспективним є подальший розвиток й удосконалення способу біохімічного очищення, шляхом ліквідації його вад, а саме: скорочення часу обробки стічних вод, підвищення надійності й стабільності роботи і збільшення ефективності очищення за рахунок створення технологічних схем з використанням модифікацій процесу, які враховують особливості складу забруднень нафтовмісних стічних вод.

Конструктивне оформлення реактора для біохімічного окиснення забруднень може передбачати можливість застосування величезної кількості заходів по інтенсифікації процесу: сорбція забруднюючих речовин активним мулом, покращення аерації муло-водяної суміші, додавання ферментативних препаратів та інших біологічно активних речовин, електростимулювання мікроорганізмів активного мулу тощо. Так, наприклад, забезпечення умов контактування реагуючих фаз в пінних шарах газорідної протитечії при підвищеному тиску газової фази в камері аерації поєднується зі збагаченням повітря киснем або подачі чистого кисню. Якщо при цьому застосовувати комбіновані аераційні споруди типу аеротенк-відстійник або аеротенк-прояснювач, в якому використати деякі конструктивні елементи в зонах руху рециркуляційного потоку у вигляді пластинчастих електродів і подати на них певний потенціал, можна забезпечити електростимуляцію діяльності активного мулу, переваги якого описані в спеціальній літературі [4].

У ході експериментальних досліджень були визначені параметри процесу біохімічного очищення нафтовмісних стічних вод по вилученню нафтопродуктів з інтенсифікованим процесом на лабораторній установці з використанням всіх намічених засобів інтенсифікації, які полягають в наступному.

По-перше, процес очищення нафтовмісних стічних вод поділявся на дві фази: біосорбція забруднень активним мулом в умовах газорідної протитечії і обробка стічних вод в аеротенку-прояснювачі.

По-друге, конструкція аеротенка-прояснювача приймалася з напівпсевдозрідженим шаром, а перегородка-ламінаризатор, яка забезпечувала умови напівпсевдозрідженого завислого шару, використовувалась у вигляді пакету пластин, для додаткового здійснення другого ступеню прояснення очищеної води в режимі тонкошарового відстоювання. Конструкція пристрою показана на рис. 1.

Пристрій складається із двох основних частин: пінотенка (перша ступінь) і аеротенка-прояснювача (друга ступінь).

Стічна рідина поступає через патрубок у верхню частину пінотенка, сюди ж подається і циркулюючий активний мул, який за допомогою ерліфта перекачується із зони прояснення. В пінотенку повітря проходить через перфоровані тарілки, утворюючи на їх поверхні пінні шари муловодяної суміші, яка потім через направляючу колонку поступає в зону аерації.

В зоні аерації розміщуються тканинні аератори, через які надходить стиснене повітря, що подається від комплексу компресора з ресивером.

Зони аерації, дегазації, прояснення у завислому шарі, тонкошарового відстоювання і захисна зона утворюють в комплексі аеротенк-прояснювач. Із захисної зони очищена прояснена вода збирається лотками і відводиться із установки. Відпрацьоване повітря видаляється із пінотенку через патрубок, а циркулюючий мул із зон прояснення - через отвори.

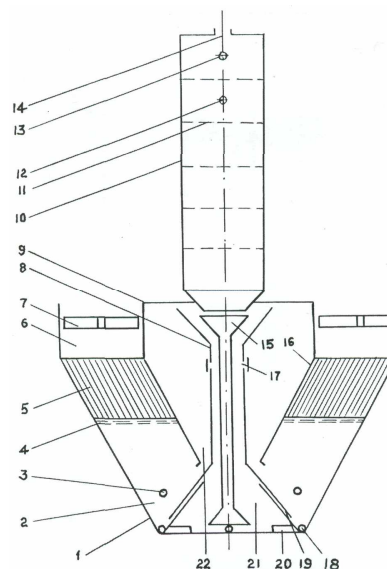


Рис. 1. Схема блоку біохімічного окиснення:

1 - корпус; 2 - зона завислого шару; 3 - випуск циркулюючого активного мулу; 4 - сітка-електрод; 5 - ламінаризатори; 6 - захисна зона; 7 - збірні лотки, вихід очищеної води; 8 - перегородка; 9 - перегородка; 10 - корпус пінотенка; 11 - тарілки; 12 - впуск циркулюючого активного мулу; 13 - впуск стічної рідини; 14 - випуск повітря; 15 - направляюча колонка; 16 - перегородка; 17 - переливні вікна з шиберами; 18 - система випуску; 19 - «зуб»; 20 - аератори; 21 - зона аерації; 22 - зона дегазації

Модель реактора, представлена на рис. 1, досліджувалась, перш за все, за функцією розподілення часу перебування за допомогою аналізу кривої відгуку на імпульсне введення трасуючої речовини. Це необхідно для встановлення типу реактора і визначення фактичної тривалості перебування рідини в об'ємі реактора.

Як трасуюча речовина використовувався метиленовий синій. Концентрація трасуючої речовини на виході з установки визначалась за оптичною густиною.

Експерименти по отриманню кривої відгуку проведені при витратах води 30,32 дм³/год, що при робочому об'ємі апарату 32 дм³ забезпечило середню тривалість перебування рідини в апараті (t_p) близько 63,32 хв. Витрата циркулюючого активного мулу, який перекачувався ерліфтом, складала 13,33 дм³/год, що відповідає ступеню рециркуляції 0,44 од.

Аерація рідини проводилася при витраті повітря 53 дм³/хв., визначеного експериментально з умов забезпечення необхідної окиснюючої потужності установки.

Згідно з уявленням про коміркову модель реакторів, запропонований апарат є практично змішувачем із застійними зонами, розрахункова кількість комірок для якого становитиме близько двох.

З метою визначення параметрів, які обумовлюють найбільш оптимальне здійснення процесу біохімічного окиснення, основним параметром оптимізації вибрана ефективність видалення нафтопродуктів активним мулом. Ефективність видалення нафтопродуктів з точки зору хімічної технології є виходом процесу і дозволяє оцінити інтенсивність його перебігу. В той же час, при відносно стабільній величині вхідної концентрації нафтопродуктів в стічній рідині (80 мг/дм³) ефективність видалення нафтопродуктів безпосередньо виражає якість очищеної води, що нормується по залишковій концентрації нафтопродуктів, тобто, в дійсності, параметром оптимізації процесу є, в даному випадку, показник якості процесу.

Основними факторами оптимізації, що в найбільшій мірі впливають на величину прийнятого параметру оптимізації, є час перебігу процесу і концентрація активного мулу.

Максимальне значення концентрації мулу, визначене експериментально в дослідженнях моделі реактора-змішувача, становила 4 – 5 г/дм³, а мінімальне значення, обмежене умовами існування завислого шару в аеротенку-прояснювачі, становить 2 – 2,5 г/дм³.

Таким чином, граничні значення (рівні) факторів оптимізації становлять: час перебування t_p – 1 і 6 год., концентрація мулу S – 2,3 і 4,8 г/дм³.

У першій серії дослідів у аеротенку-прояснювачі при збільшенні часу перебування стічної рідини спостерігалось погіршення ефективності вилучення нафтопродуктів, що пояснюється тим, що нафтопродукти, в основному, сорбуються активним мулом, а їх окиснення проходить в незначній мірі. Внаслідок значного зменшення швидкості окиснення, пластівці мулу подрібнюються, самоокиснюються, тоді має місце десорбція раніш сорбованих нафтопродуктів.

Зі збільшенням концентрації активного мулу ефективність видалення НП збільшується, що обумовлюється збільшенням загальної сорбційної ємкості мулу.

Таким чином, процес очищення стічних вод, які містять нафтопродукти, в аеротенку-прояснювачі йде найбільш ефективно при меншій тривалості перебування і більшій концентрації активного мулу. Мінімальне значення часу перебування визначається розрахунковим гідравлічним навантаженням на завислий шар активного мулу і в цілому для аеротенків-прояснювачів становить близько 1 год. Збільшення концентрації активного мулу, що обумовлює збільшення ефективності видалення нафтопродуктів, також має максимальну межу, вище якої може розпочатися винесення частинок із завислого шару. Ця межа при муловому індексі 100 см³/г, визначеного експериментально, і гідравлічного навантаження 0,5 м³/м²-год. становить близько 5,5 г/дм³, проте, із врахуванням досліджених умов росту активного мулу в реакторі-змішувачі межа концентрації мулу повинна бути трохи меншою.

Таким чином, швидкість процесу вилучення нафтопродуктів свідчить, що більший вплив пінотенка на величину константи швидкості спостерігається при вищій концентрації активного мулу. Тому, процес інтенсифікується в більшій мірі, за рахунок великої маси біосорбента, тобто біосорбція є визначальною для вилучення нафтопродуктів із промислових стічних вод.

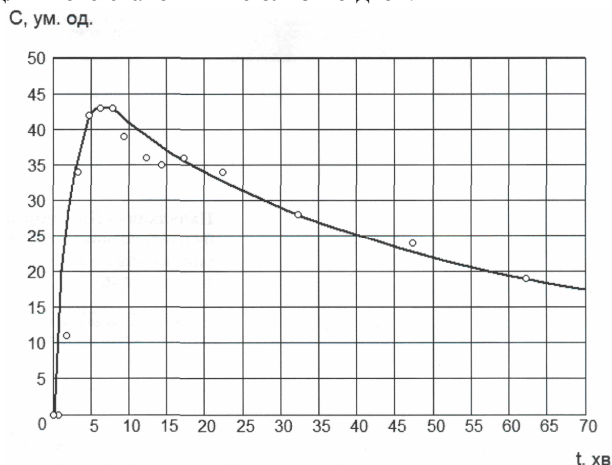


Рис. 2. Крива відгуку на імпульсне введення трасуючої речовини в блок аеротенка-прояснювача з пінотенком

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Freeman D.H., Zertn J.J. Initial classification of oily waste water from U.S. Navy vessels. – 29th Pittsburg Conference. State Art Anal. Chem. and Appl. Spectrosc., Cleaveland, Ohio, 1978, Abstracts, Monroeville, Pa, s.a., 402-403.

2. Карелин Я.А., Жуков А.И., Саидаминов А.И. Биохимическая очистка нефтесодержащих сточных вод в аэротенках. – Химия и технология топлив и масел, 1979, № 7, С. 55-58.
3. Mirsch K. Przydatnosc metod analitycznych oczyszczenia produktow naftowych w badanifah nad biochemicznym jczyszczaniem sciekow. – Nafta (PRL), 1978, 34, No 6, 201-205.
4. Ткачук Н.Г. Влияние электрического тока на рост и ферментативную активность микроорганизмов активного ила. – Электронная обработка материалов, 1978, № 4, С. 78-79.

УДК: 628.356;628.113;628.543

Ткаченко Т.Л., Семенова О.І., Бублієнко Н.О., Левандовський Л.В. (Україна, Київ)

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД МОЛОКОПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВ

Потужний розвиток підприємств харчової промисловості України обумовлює посилену зацікавленість прикладної екології до даної галузі народного господарства. Як відомо, харчова та переробна промисловість має достатньо велику кількість невирішених екологічних проблем, серед яких, в першу чергу, виділяють величезні обсяги стічної води. Нині лічені підприємства харчової промисловості забезпечені власним комплексом споруд для очищення стічних вод. У кращому випадку підприємства скидають свої стоки в міську каналізаційну мережу, але у зв'язку з тим, що в зазначених відходах можуть міститися специфічні забруднення, їх скид у каналізацію обмежений комплексом вимог. Приймання стічних вод підприємств у каналізаційні системи здійснюються згідно з "Правилами приймання стічних вод підприємств у комунальні та відомчі каналізаційні міст та селищ України". Так, наприклад, для Києва гранично допустимі норми скиду стічної води складають приблизно 500 мг $O_2/дм^3$ за показниками забруднення (ХСК), в той час як ці величини стічних вод, наприклад, молокопереробних підприємств перевищують ці норми в кілька разів.

Вищенаведене визначає актуальність спорудження на харчових підприємствах локальних очисних станцій.

Для очищення стічних вод харчової промисловості використовується технологія, що забезпечує повне вилучення забруднень. Саме такою є комплексна технологія, що поєднує різні принципи - механічне, фізико-хімічне та біохімічне очищення стоків від забруднюючих речовин.

Універсальним способом біохімічного (біологічного) очищення є застосування мікроорганізмів в спеціальних очисних спорудах – метантенках чи аэротенках, в залежності від показників забруднення стоків. Концентрація забруднень стоків залежить від асортименту продукції молокозаводу. Так стічні води підприємства, що виробляє питні види молока, деякі кисломолочні продукти є малоконцентрованими (ХСК становить до 2000 мг $O_2/дм^3$), в той час як підприємства, основною продукцією яких є вершкове масло, твердий сир, мають достатньо концентровані стічні води (ХСК – до 5000 мг $O_2/дм^3$).

При невеликій забрудненості стічних вод (близько 1000-1500 мг $O_2/дм^3$ за ХСК) можна застосовувати традиційну аеробну ферментацію. У випадку масло- та сироробних підприємств (більше 2000 мг $O_2/дм^3$ за ХСК) немає іншого варіанту, як застосовувати комплексну анаеробно-аеробну ферментацію із застосуванням метанового бродіння на першій, так званій «попередній», стадії блоку біологічного очищення.

Разом з тим метановому бродінню підлягають або весь загальний стік, або лише його найбільш концентровану частину, оскільки малозабруднені води сильно розбавляють загальний стік. Попередньо очищена вода після метанового бродіння направляється в загальний стік, який очищається в типових аэротенках. Причому поняття «попереднє очищення» має на увазі послідовність процесу, а не його допоміжний характер. Так як у відношенні глибини очищення метанова ферментація у всіх випадках є головним складовим етапом технологічного ланцюга, вона дозволяє знизити концентрацію забруднень на 60-95 % в залежності від субстрату та умов проведення процесу.

Анаеробна технологія має цілий ряд суттєвих переваг в порівнянні з загально прийнятою, «традиційною» аеробною.

Метанова ферментація значно розширює діапазон стоків, що придатні до біологічного очищення. Анаеробний процес здійснюється з меншим використанням біогенних елементів, що важливо при обробці стоків з їх дефіцитом. Так, стоки з співвідношенням $БСК_5:N:P = (300-500):7:1$ придатні для анаеробної обробки. Аеробна ж технологія потребує додавання біогенних елементів з доведенням цього співвідношення до 100:5:1. Крім того складність біохімічного очищення стічних вод молокозаводів методом аеробної ферментації може полягати в тому, що вони містять повільнометаболізуючу лактозу і білки, які погано розкладаються асоціаціями аеробних мікроорганізмів.

Метанове бродіння дозволяє отримати економічно цінний біогаз, що містить 50-80 % метану та є газоподібним паливом [1-2]. Одним з найпростіших шляхів застосування біогазу є його спалювання. Більш перспективним є використання біогазу для отримання електричної енергії, що дає можливість створення власної енергетичної бази, яка покриває 40-50 % загальних витрат енергії. Дане питання є надзвичайно актуальним в умовах сучасних світових тенденцій щодо недостатнього застосування нетрадиційних альтернативних джерел енергії, що неминуче відображається на ефективності технологічного процесу та конкурентоспроможності продукції підприємства.