

УДК 628:314

Струтинська А.В., Косоголова Л.О., Гаркава К.Г., Нежанківська В.Є. (Україна, Київ)

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНОЇ ВОДИ БІОТЕХНОЛОГІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ

Проблема охорони довкілля є однією з найбільш серйозних проблем, оскільки потреба населення в достатній кількості води необхідної якості завжди залишається життєво важливою. У воді поверхневих водойм разом з домішками природного походження містяться і різного складу хімічні забруднення (пестициди, феноли, нафтопродукти, солі важких металів і ін.), що обумовлено скидом у водоймища недостатньо очищених виробничих і побутових стічних вод. Технології та обладнання, які застосовують в даний час для обробки води далеко не завжди забезпечують необхідну міру очищення та знезараження водних середовищ.

Серед галузей промисловості, що скидають значну кількість забруднених органічними речовинами стічних вод одне з перших місць займають біотехнологічні виробництва. Відомо, що стічні води дріжджового виробництва найбільш забруднені органічними речовинами, що впливає на флору та фауну природних водойм.

На сьогодні застосовують різні способи очищення стічних вод: механічні, хімічні, біологічні і фізичні.

Очищення стічних вод механічними методами, а саме в пісколовках, первинних та двоярусних відстійниках, не забезпечує належну ефективність очистки.

Серед хімічних методів, які застосовуються на дріжджових виробництвах найбільш поширеними є обробка вапняним молоком, хлорним вапном, хлорним залізом, сірчаноокислим закисним залізом, сірчаноокислим амонієм, глиноземом.

Недоліком цього методу є використання великих доз реагентів та неможливість підтримувати необхідну їх концентрацію.

Стичну воду можна очищати за допомогою біофільтрів, аеротенків, метантенків, активного мулу.

Найбільшого застосування набули біофільтри, так як вони стійкі до великих перепадів концентрації органічних забруднень в процесі їх очищення. Процес очищення проводиться в періодичному режимі, ступінь зниження забруднень не високий.

В аеротенках вміст органічних речовин знижується на 88-95%, проте для очищення необхідні аеротенки великої місткості, які вимагають значних капіталовкладень для будівництва.

Для очищення стічних вод дріжджових заводів широко використовують метод безкисневої ферментації, тобто анаеробного зброджування. Але це не забезпечує належного ефекту очищення і цей метод може служити тільки попереднім ступенем очищення.

Очищення стічних вод активним мулом знижує концентрацію органічних забруднень до 40%, але при дуже тривалому часі аерації.

Альтернативою для реагентних способів очистки стічних вод дріжджової галузі можуть бути різні електрохімічні методи: обробка води змінним електричним струмом, дія надзвичайно високих частот (НВЧ), високих (ВЧ) та низьких частот (НЧ), ультрафіолетове опромінення, ультразвук та магнітна обробка.

Очищення стічних вод фізико-хімічними методами відбувається внаслідок перебігу реакцій під дією електричного струму. В електрохімічних процесах багато токсичних речовин змінюються, й утворюються інші, менш токсичні речовини. Іноді сполуки, які утворюються, мають малу розчинність у воді і випадають в осад.

Досі не існує достатніх доказів безпосереднього впливу НВЧ-поля на мікробну клітину. Проте дослідження за інтегральним ефектом дії НВЧ-поля на харчові об'єкти вказують, що можливою є пастеризація і стерилізація стічної води. У деяких випадках бактерицидний ефект пояснюють безпосередньою взаємодією електромагнітного поля з життєво важливими елементами клітини. Результатом цього є загибель або пригнічення її життєдіяльності.

Так в результаті випромінювання спостерігається часткова інактивація мікроорганізмів і зміна їх морфологічних властивостей. При цьому відбувається незначне підвищення температури, що пояснюється зміною проникності стінок клітин.

Експериментальна доказовість цього факту ускладнена через складність відокремлення одночасної теплової дії електромагнітного поля, яке навіть за малих потужностей може бути значним

внаслідок локального виділення енергії, що є результатом дискретних властивостей самої клітини, її оболонки та зовнішнього середовища.

Існує декілька гіпотез про вплив НВЧ-поля на мікроорганізми. Так, при опроміненні клітин електромагнітним полем виділення енергії відбувається як в оболонці, так і внутрішньоклітинній речовині за рахунок миттєвого розповсюдження НВЧ-енергії по всьому об'єму клітини і визначається величиною падаючого потоку напруги і електричними характеристиками середовища. З іншого боку є гіпотеза про існування нетеплового ефекту електромагнітного НВЧ-поля. Вона полягає у тому, що під впливом таких полів всі поляризовані білкові ланцюги макромолекул орієнтуються в напрямку електричних силових полів, що може призвести до розриву водневих та інших макромолекулярних зв'язків.

На основі численних досліджень було встановлено, що бактерії в слабких електролітах гинуть при невеликій енергії при частоті електромагнітного поля порядку 10-30 МГц, а особливо при 60 МГц. Було висунуто припущення, що летальний вплив НВЧ-енергії на мікроорганізми слід віднести до теплового фактору. Встановлено, що обробка при низьких температурах не призводить до інактивації мікроорганізмів.

Відомо, що тривалість обробки залежить від потужності НВЧ-поля. На практиці швидкість НВЧ нагрівання характеризується або теплотою нагрівання, або тривалістю обробки одиниці маси продукту. Так, величини поглинання НВЧ-енергії більшою мірою залежить від частоти електромагнітного поля і діелектричних витрат обробленого продукту. Це пов'язано з тим, що величина тепла при обробці збільшується пропорційно до росту частоти і залежить від температури продукту та частоти генератора. Аналізуючи вище сказане, слід зазначити перспективність застосування надзвичайно високих частот, але значна вартість та складність апаратного оформлення, виникнення температурної неоднорідності у продуктах, необхідність створення рівномірності поля, а також підвищенні вимог до кваліфікації обслуговуючого персоналу обмежують застосування способу електромагнітної надвисокочастотної обробки.

При використанні струмів високої частоти (ВЧ) середовище нагрівається і немає контакту з джерелом електроенергії. Основна частина електромагнітної енергії перетворюється на теплову всамому пастеризованому середовищі. При цьому має місце діелектричне нагрівання. ВЧ спостерігається при частотах 0,5-100 МГц і при відповідних довжинах хвиль 600-3 м.

Застосування цього методу виявився дорожчим, ніж традиційні методи, та не знайшов широкого практичного застосування.

Велике розповсюдження одержало застосування ультрафіолетового опромінення. Дія ультрафіолетових променів достатньо вивчена, є простою і відносно дешевою формою біологічно активного опромінення. Максимально ефективними є ультрафіолетові промені з довжиною хвилі 260 нм. Різні види мікроорганізмів мають різну чутливість до впливу ультрафіолетового опромінення, стійкість бактерій визначається їх природою та фазою розвитку.

Відомо, що при ультрафіолетовому опроміненні відбувається димеризація пиримедінів, яка супроводжується розривом водневих зв'язків та локальною денатурацією молекули ДНК, яка призводить до зміни її конфігурації.

Важливими параметрами для обробки стічних вод є потужність і доза опромінення. В залежності від дози опромінення можна спостерігати три основних періоди змінення, яке призводить до загибелі клітини. При дуже малому опроміненні в клітині з'являються вакуолі, які поступово збільшуються.

Друга фаза характеризується появою у плазмі клітин надзвичайно маленьких жирових кульок в результаті розщеплення ліпопротеїнового комплексу плазми.

Третя фаза настає при більш тривалому опроміненні, внаслідок чого відбуваються незворотні зміни в клітині. Спостерігається зникнення оболонки, залишається плазматичний вміст, який з'єднується між собою у грубозернисту масу, яка поступово руйнується. Таким чином ультрафіолетове опромінення прискорює темп життєздатності мікроорганізмів і викликає швидке старіння клітин.

Необхідно відмітити, що ефективність ультрафіолетового опромінення залежить від початкової концентрації мікроорганізмів в стічних водах. Для більш надійної обробки стічних вод необхідно застосувати бактерицидні установки, які обладнані джерелом ультрафіолетового опромінення з великим бактерицидним потоком, а це ускладнює їх впровадження на виробництві.

Застосування ультразвукових хвиль базується на їх властивості викликати миттєвий розрив клітин. Це спостерігається у тому випадку, коли інтенсивність акустичних коливань є достатньою для утворення кавітаційних бульбашок у середовищі.

За даними багатьох дослідників в полі ультразвукових хвиль піддаються дезінтеграції грампозитивні, грамнегативні, аеробні та анаеробні бактерії і дріжджі. В основному вибірковість дії ультразвукових хвиль на бактерії обумовлено морфологічними особливостями та їх функціональним станом.

Ефективність дії ультразвукових хвиль на мікроорганізми залежить від концентрації клітин в одиниці об'єму стічних вод, а також від рівня частоти ультразвуку.

Порівнюючи результати впливу ультразвуку на дріжджі при частоті 0,6; 1 та 2МГц можна відмітити, що максимальна загибель мікроорганізмів спостерігається при високій частоті.

Висока концентрація мікроорганізмів в середовищі негативно впливає на ефективність ультразвукового впливу. Так, при концентрації клітин 48 тис. в 1 мм³ їх загибель настає після 75 секунд обробки.

Деякі мікроорганізми виявились дуже чутливими до ультразвукових коливань. Вже при 30 секундах обробки ультразвуком спостерігалось «вспінювання» протоплазми або желатинізація. При збільшенні часу дії ультразвуку до п'яти хвилин встановлено наявність грубих механічних розривів клітин, а саме відрив кінця клітини, розрив на дві частини в місцях перегородок, утворення воронкоподібних дефектів в місцях клітинної стінки.

Дріжджові клітини дуже чутливі до дії ультразвукових коливань, в результаті яких спостерігається сильне ушкодження протоплазми, яке супроводжується звільненням великої кількості краплин жиру. Після 1-1,5 годин ультразвукової обробки кількість кисню, що споживається клітинами дріжджів знижується на 10-12%.

Бактерицидний ефект може бути низьким, коли пригнічується кавітація. Це може бути досягнуто зміною в'язкості середовища або шляхом накладення великого зовнішнього тиску (4-5 атм.). Це пояснюється тим, що кавітація у рідині виникає там, де знаходяться мікробульбашки газу. Бактерицидна дія ультразвукових коливань не залежить від газу, яким насичувалась водна суспензія мікроорганізмів. Велике значення має відстань біологічного організму від бульбашки. Чим ближче до мікроорганізму розташовані кавітаційні порожнини тим більша інтенсивність ударної хвилі, яка виникає в результаті утворення газової бульбашки. Летальний ефект зменшується обернено пропорційно квадрату відстані біологічного об'єкту до місця захоплення газової бульбашки. Ударна хвиля в цих випадках виявляє свою дію на відстані декілька мікрон.

Важкий шлях виявлення тонких біохімічних функціональних змін, які виникають в живій клітині під дією ультразвуку. В клітині виникають фізико-хімічні зміни, які призводять до «розрихлення» внутріклітинних комплексів. В клітинах вивільняється ряд біологічно активних речовин.

Суть ультразвукового очищення полягає в тому, що при поширенні ультразвуку у воді, довкола об'єктів, що знаходяться в ній і мають іншу щільність, виникають мікроскопічні зони дуже високого тиску (десять тисяч атмосфер), що змінюються високим розрідженням. Це явище називають ультразвуковою кавітацією. Жоден мікроорганізм не здатний витримати такі дії і відбувається механічне руйнування бактерій.

Під дією ультразвуку відбувається виділення (флокуляція, осадження агломерація або коагуляція) розчинених, суспендованих або емульгованих у водному середовищі інгредієнтів або мікроорганізмів з подальшим їх відділенням.

Методом ультразвуку знезаражують різні середовища, причому важливу роль в пригнобленні клітин бактерій відіграє переокислення ліпідів мембран бактерій. При цьому в їх клітинах різко зростає концентрація ОН-радикалів, утворюється потужна окислювальна система, яка вражає бактерії і вони гинуть.

Недоліками цього методу є обмеження об'єму оброблюваного водного середовища через неоднорідність розподілу інтенсивності ультразвукових коливань в об'ємі пристрою, а для підвищення ефективності обробки потрібне збільшення часу експозиції.

Під час очищення стічної води магнітним полем в ній збільшується швидкість хімічних процесів та кристалізація розчинених речовин, інтенсифікуються процеси адсорбції, покращується коагуляція домішок і випадання їх в осад.

Для видалення з стічної води важкоосаджуваних тонких суспензій (муті) також застосовують магнітну обробку, а саме її здатність прискорювати коагуляцію (злипання і осадження) часток з подальшим утворенням пластівців. Магнітне очищення успішно застосовується на водопровідних станціях при значній каламутності стічних вод; аналогічна обробка промислових стоків дозволяє

швидко видаляти мілкодисперсні забруднення. Тут магнітне очищення стічної води служить справі охорони природних водойм, запобігаючи попаданню в них шкідливих домішок.

У воді після магнітної обробки збільшується концентрація розчиненого кисню, що збільшує бактерицидну дію магнітної обробки стічної води.

Магнітна обробка води також впливає на електрокінетичний потенціал і агрегативну стійкість зважених часток, завдяки чому прискорює їх осадження, тобто сприяє витяганню з води різного роду суспензій. Пряма дія магнітного поля на іони домішок сприяє активації процесів адсорбції і відкриває широкі перспективи для водоочистки в цілому.

Висновки

Серед існуючих методів очистки стічних вод від органічних забруднень найбільш ефективними є електрохімічні методи.

Нами аналізувалася стічна вода дріжджового виробництва після обробки надзвичайно високими частотами, низькими частотами, ультразвуком та магнітом.

Результати аналізу показали, що ступінь очистки НВЧ від органічних забруднень складала 65%. Концентрація органіки в стічній воді, що піддавалась дії НЧ становила 60%. Ультразвукова обробка води знизила рівень забруднення на 55%. Магнітна обробка води зменшила рівень забруднення на 72%.

Отже, з отриманих результатів аналізу, найбільш ефективним методом очистки стічної води від органічних забруднень дріжджового виробництва є магнітна обробка.