

4. Patel, M. P. Studies of novel water-soluble colored polyesters containing azo moiety [Text] / M. P. Patel, B. J. Modi, R. G. Patel, V. S. Patel // Journal of Applied Polymer Science. — 1998. — № 68(12). — P. 2041–2048. — Available at: \www/URL: doi: 10.1002/(SICI)1097-4628(19980620)68:123.0.CO;2-3.
5. Verma Bimal. Synthesis and characterization of dye based coloured copolyesters [Text] / Verma Bimal, Lakshmikanta // Journal of the Indian Chemical Society. — 2005. — Vol. 82, no 8. — P. 718–722.
6. Wang Guojie. A novel hyperbranched polyester functionalized with azo chromophore: synthesis and photoresponsive properties [Text] / Wang Guojie, Wang Xiaogong // Polymer Bulletin. — 2002. — Vol. 49, Is. 1. — P. 1–8. — Available at: \www/URL: doi: 10.1007/s00289-002-0073-4.
7. Способ получения структурно-окрашенных аминсолов [Электронный ресурс]: пат. 2080335 Рос. Федерация, МПК С 08 G 12/00, С 08 G 12/00 / Чурсин В. И., Илюхина О. А.; заявитель и патентообладатель НПО «Центр. науч.-иссл. ин-т кож.-обув. пром-ти». — заявл. 29.04.1993, опубл. 27.05.1997. — Режим доступа: \www/URL: http://ru-patent.info/20/80-84/2080335.html.
8. Zhou Wen-fu. Synthesis, structure and properties of light color bisphenol phenolic resin modified by oleic acid and rosin [Text] / Zhou Wen-fu, Mo Yue-qi, Jia De-min // Linchan huaxue yu gongye. — 2000. — № 1, Т. 20. — P. 57–64.
9. Поликарбонат-полисилоксаны, содержащие краситель в полимерной цепи [Текст]: материалы 2-й всероссийского каргинского симпозиума «Химия и физика полимеров в начале 21 века», 29–31 мая 2000 г. / отв. ред. В. Л. Иванова. — Черноголовка, 2000. — Ч. 2. — 28 с.
10. Применение азокрасителей в производстве полимерных материалов [Текст]: тез. докл. научн.-техн. конф. / отв. ред. А. Н. Дубенков. — Новосибирск: Рос. хим.-технол. ун-т, М.: РХТУ, 2001. — 248–249 с.
11. Маслош, В. З. Изучение закономерностей получения структурно-окрашенной алкидной смолы [Текст] / В. З. Маслош, Н. Н. Алексеева, О. В. Маслош // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2011. — № 6/6(54). — С. 42–45.
12. Сорокин, М. Ф. Практикум по химии и технологии пленкообразующих веществ [Текст] / М. Ф. Сорокин, К. А. Лялошко. — М.: Химия, 1976. — 264 с.
13. Гурвич, Я. А. Химия и технология промежуточных продуктов органических красителей и химикатов для полимерных материалов [Текст] / Я. А. Гурвич, С. Т. Кулик. — М.: Высшая школа, 1974. — С. 126–171.

ОТРИМАННЯ І ВЛАСТИВОСТІ СТРУКТУРНО-ЗАБАРВЛЕНОЇ АЛКІДНОЇ СМОЛИ

Описано спосіб отримання структурно-забарвленої алкидної смоли, модифікованої маслом. Спосіб відрізняється від традиційної схеми отримання алкидної смоли, модифікованої маслом тим, що по закінченню переетерифікації в суміш вводять азопігмент, як забарвлюючу речовину. Синтезовані забарвлені смоли мають високу покривність та світлостійкість і можуть застосовуватися у виробництві лакофарбових матеріалів як олігомерні барвники.

Ключові слова: модифікація, азопігмент, світлостійкість, олігомерний барвник.

Тараненко Наталія Николаевна, асистент, Інститут хімічних технологій, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Рубежное, Україна, e-mail: natalinik2000@mail.ru.

Тараненко Наталія Миколаївна, асистент, Інститут хімічних технологій, Східноукраїнський національний університет ім. В. Даля, Рубіжне, Україна.

Taranenko Natalia, Institute of Chemical Technology, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Rubezhnoe, Ukraine, e-mail: natalinik2000@mail.ru

УДК 504.06+577.1

Шестопапов О. В.,
Пітак І. В.

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПРОЦЕСІВ ТА АПАРАТІВ БІОЛОГІЧНОЇ ОЧИСТКИ ГАЗОВИХ ВИКИДІВ

Представлено аналіз та класифікацію процесів та апаратів, які використовуються для біотехнологічної детоксикації газових викидів в атмосфері. Виявлено недоліки сучасних деструктивних методів та визначено перспективи біологічних методів очистки викидів. У експериментальних дослідженнях були встановлені кінетичні характеристики окислення забруднюючих речовин мікробною асоціацією в газоподібних викидах.

Ключові слова: викиди в атмосферу, біотехнологічна детоксикація, біоскрюбер, біоабсорбер, біофільтр.

1. Вступ

Газоподібні викиди різного промислового походження за об'ємом, складом шкідливих речовин та їх концентраціями є небезпечним та потужним джерелом забруднення навколишнього середовища. Негативність впливу посилюється ще й тим, що переважно джерела аеротехногенного забруднення знаходяться у зонах мешкання та життєдіяльності людей. Більшість промислових викидів мають неприємний запах, який відчувається людиною навіть при дотриманні підприємствами встановлених нормативів.

Складність проблеми дезодорації газоповітряних викидів обумовлена наступними причинами:

1. Низькою концентрацією одорантів (менш ніж гранично допустима), через що застосовувати рекупераційні методи дезодорації із вилученням цільового компоненту для подальшого використання стає економічно недоцільно.

2. До складу викидів разом із одорантами можуть входити водяна пара, а також аерозоль у твердій або рідкій фазах, що ускладнює процес очистки.

3. Важко оцінити ефективність дезодорації, оскільки вона в більшості випадків носить суб'єктивний характер

(навіть, коли концентрація одоранту менше дозволеного нормативу запах може відчуватися).

При мікробіологічному очищенні викидів, шкідливі компоненти вибірково утилізуються різними штамми мікроорганізмів, які можуть бути дисперговані в промивній рідині (абсорбенті) або іммобілізовані на поверхні насадок у вигляді біологічної плівки.

Завдяки здібності мікроорганізмів до адаптації, цей універсальний принцип використовується для утилізації широкого спектру забруднюючих речовин органічного походження, а також деяких неорганічних сполук, наприклад, аміаку, фосфорної кислоти, мінеральних солей і т. д.

Шляхом біохімічного окиснення в клітинах мікроорганізмів забруднюючі повітря речовини найчастіше розкладаються до вуглекислого газу та води.

Відомо, що установки біологічної очистки повітря є екологічно чистими, дешевими та простими в експлуатації. Тому, дослідження процесів біологічної очистки газоподібних викидів є актуальною темою.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Різноманіття джерел виділення одорантів і умови виробництв обумовлюють вибір різноманітних методів дезодорації. З найбільш відомих методів дезодорації можна виділити наступні [1–4]:

- термічний і термokatалітичний методи, що засновані на процесах деструкції і окиснення одорантів киснем повітря, при підвищених температурах в газовому середовищі або на поверхні спеціального каталізатора;
- метод абсорбції, заснований на промивці газів рідкими поглиначами (вода, водні розчини лугів, кислот та інших хімічних окиснювачів);
- метод адсорбції заснований на поглинанні одорантів твердими сорбентами, хімічними реагентами або спеціальними складами за атмосферних умов (температурах);
- газозафазна обробка полягає у введенні у газоповітряні викиди потоку озону або спеціальних речовин, здатних нейтралізувати або маскувати неприємні запахи;
- біологічне очищення засноване на вловлюванні та нейтралізації ННР вологою масою або водною суспензією, що містить мікроорганізми.

Термічний і термokatалітичний методи вимагають великих капітальних вкладень та енерговитрат (витрата природного газу). Слід також наголосити на неекономічність обробки такими способами невеликих об'ємів газу з низькою концентрацією забруднень, яка практично залишається без змін. Великі ж концентрації призводять до швидкої «втоми» каталізаторів.

Одним з найпоширеніших методів дезодорації газоповітряних викидів є абсорбований — особливо в тих випадках, якщо ННР добре розчиняються у воді або водних розчинах.

Одним з недоліків описаного методу, є утворення великої кількості забруднених стічних вод. Окрім цього, матеріали з яких виготовляють очисні установки для абсорбції, повинні бути корозійностійкими, оскільки розчини-абсорбенти в більшості випадків хімічно агресивні.

При використанні методу абсорбції вдаються до регенерації промивної води, яка включає такі способи:

1. Фізичний спосіб — відгонка легких фракцій, екстракція, дистиляція, ректифікація, упарювання.
2. Хімічний спосіб — використання перманганату, хлору, озону і т. д.
3. Біологічний спосіб — біохімічне окиснення абсорбованих забруднень.

Проте, застосування перших двох способів пов'язане з необхідністю використання складного енергоємного устаткування (наприклад, для озонування води) або з труднощами виділення утвореного в процесі абсорбції шламу. Крім того, окиснення хлором може призвести до небезпеки утворення хлорвмісних сполук (хлорфенол і т. д.) в промивній воді та емісії хлора, та ще, при нейтралізації кислотного або лужного абсорбенту існує небезпека повторного виділення забруднюючих речовин. Саме тому для регенерації абсорбенту надається перевага біологічному способу, перш за все, через менші виробничі витрати та відсутність вторинного навантаження на навколишнє середовище. У загальному випадку, біологічна регенерація абсорбенту є окремим випадком біотехнологічної дезодорації газоповітряних викидів.

Адсорбція не дозволяє проводити повну дезодорацію відпрацьованого повітря через деяку селективність адсорбуючої речовини. Крім того, виникає необхідність проводити десорбцію, що робить цей метод затратним.

З кінця 60-х років ХХ сторіччя почалися дослідження та розробки методів мікробіологічної дезодорації, в якій штучно використовуються процеси, що протікають в природі. Ці методи цікаві тим, що будучи порівняно дешевими, вони тривалий час забезпечують стабільну та високу ефективність дезодорації, прості в експлуатації та не призводять до вторинних забруднень. Ці способи можна розглядати як комбінацію двох способів, які використовують для дезодорації газоповітряних потоків та очищення стічних вод.

3. Формулювання цілей та задач

Використання біотехнологічних методів для охорони навколишнього середовища, зокрема атмосфери, є дуже перспективним напрямком в сучасній екологічній біотехнології. Залежно від виду мікроорганізмів, які можливо використовувати у процесі детоксикації викидів, на одному і тому ж устаткуванні можливо здійснити очищення і дезодорацію цілого ряду компонентів забруднень газоповітряного потоку. Розробки в цьому напрямі активно ведуться у всьому світі, хоча промисловий досвід в нашій країні ще не напрацьований.

Метою статті є аналіз та узагальнення наявних технічних рішень, а також класифікація процесів та апаратів біологічної очистки та дезодорації газових викидів промислового походження.

4. Результати досліджень процесів та апаратів біологічної очистки та дезодорації газових викидів

В даний час для біологічного очищення повітря використовується три основних типи установок: біофільтри, біоскрубери і біореактори з омиваним шаром (табл. 1) [5–7]. Газоподібні з'єднання, що підлягають очищенню, проходячи через шар біокаталізатора

Таблиця 1

Порівняльна характеристика установок біологічного очищення повітря

Тип установки	Робоче тіло установки	Водний режим	Основні стадії видалення домішок із забрудненого повітря	Джерело мінеральних солей
Біофільтр	Фільтруючий шар — мікроорганізми, іммобілізовані на природних носіях	Відсутня циркуляція води	1) Адсорбція матеріалом фільтруючого шару. 2) Деструкція іммобілізованими клітинними мікроорганізмів	Матеріал фільтруючого шару
Біоскрубер	Вода, активний мул	Здійснюється циркуляція води	1) Абсорбція водою в абсорбері. 2) Деструкція в аеротенку мікроорганізмами активного мула	Мінеральні солі додаються у воду
Біореактор з омиваним шаром	Біокаталізатор — клітини мікроорганізмів, іммобілізовані на штучних і синтетичних матеріалах	Здійснюється циркуляція води	1) Дифузія через плівку, що покриває шар мікроорганізмів. 2) Деструкція в біологічному шарі	Мінеральні солі додаються у воду

в установках всіх трьох типів, адсорбуються водним середовищем (плівковою вологою, аерозолем), а потім піддаються мікробіологічній деструкції. Це дозволяє при розробці конструктивних і технологічних рішень з біотехнологічного очищення повітря широко використовувати величезний досвід біологічного очищення стічних вод, особливо промислових.

Загальна класифікація методів очищення і дезодорації за допомогою мікроорганізмів наведена на рис. 1.

З схеми видно, перш за все методи утилізації компонентів забруднень газів мікроорганізмами підрозділяються на процеси, які відбуваються в твердій і рідкій фазах. Біофільтрація є способом обробки, при якій газ, що очищається, проходить через шар мікроорганізмів, зосереджених в пористому носії твердї фази. Залежно від типу носія реалізуються способи з інертним матеріалом (цеолітом, керамзитом і т. д.), ґрунтом, торфом або використовуються компости. Можуть застосовуватися і інші носії органічного і неорганічного походження належної вологості і температури. Типовим прикладом очищення за допомогою рідкої фази є спосіб барботування газів через рідину з активним мулом.

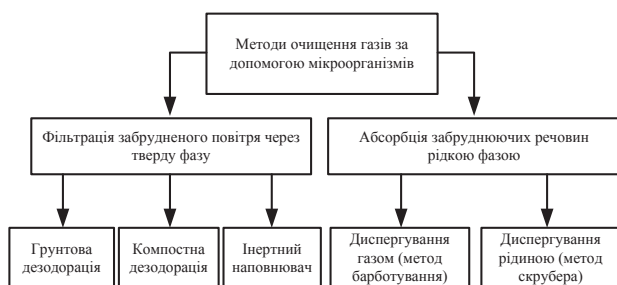


Рис. 1. Класифікація методів очищення і дезодорації викидів за допомогою мікроорганізмів

Інтенсифікація процесу біоочищення безпосередньо пов'язана з використанням чистих культур та їх асоціацій, адаптованих до певних компонентів забруднень [8].

В загальному випадку процес очищення і дезодорації викидів за допомогою мікроорганізмів можна представити як наступну послідовність етапів:

Етап 1. При контакті газів, що містять компоненти забруднюючих речовин або одоранти з абсорбентом або фільтруючим шаром відбувається розчинення і емульгування цих компонентів у воді (у разі біоабсорбції), а також адсорбція на фільтруючому шарі (у разі біофільтрації).

Етап 2. Розчинені і емульсовані у воді компоненти забруднень віддаляються з рідкої фази і фільтруючого шару за рахунок адсорбції (поглинання) їх мікроорганізмами.

Етап 3. Адсорбовані компоненти забруднень піддаються біохімічному окисненню у живих клітинах (стадія регенерації біологічного сорбенту), стають живленням для мікроорганізмів і служать для їх розмноження.

Розглянуті три процеси є послідовними етапами безперервних синхронних реакцій, в результаті яких підтримується ефект очищення і дезодорації викидів від забруднень.

При апаратній реалізації процесу біологічного очищення газів існує можливість проведення процесу за двома варіантами:

- етапи 1, 2, 3 можуть бути суміщені в одному апараті;
- етапи 1 може протікати в окремому масообмінному апараті — абсорбері або скрубери, а етапи 2, 3 в апараті типу аеротенк.

Підчас проведення лабораторних досліджень була поставлена мета експериментально визначити кінетичні показники біологічної аеробної й анаеробної детоксикації газоподібних викидів, що містять органічні забруднення, такі як фенол, формальдегід, метан та хлорорганічні сполуки, а також викидів, що містять H_2S , SO_2 та NH_3 . Ці речовини дуже розповсюджені і містяться окремо або разом у газоподібних викидах багатьох підприємств хімічної, лісохімічної, деревообробної, харчової галузей промисловості, а також у побутових стічних водах. Крім того, ці речовини, які є представниками різних груп сполук (вуглеводні, аліфатичні, сірко-, хлорорганічні та азотвмісні), піддаються біодеструкції [9, 10].

На основі досліджень, було зроблено висновок, що для біотехнологічного очищення газоподібних викидів від формальдегіду, а також хлорорганічних сполук на стадії регенерації води можна рекомендувати анаеробний процес, в якому відбуваються відновні процеси та дегалагенування, що дозволяє значно пришвидшити доведення екологічно небезпечної концентрації цих речовин до встановлених норм ГДК.

Експериментально також встановлено, що в діапазоні концентрацій H_2S у воді 15–120 мг/дм³ швидкість окиснення змінювалася від 12 мг/г за годину у області мінімальних концентрацій до максимальних значень рівних приблизно 40 мг/г за годину. Близькі і аналогічні за характером результати змін отримані і для швидкості окиснення SO_2 у воді. У діапазоні концентрацій NH_3

у воді 2,5–20 мг/дм³ швидкість окиснення змінювалася від приблизно 1,5 мг/г за годину при мінімальних концентраціях до максимального значення рівного 5 мг/г за годину. В цілому, виконаний на лабораторній установці експеримент, з одержаного рівня швидкостей окиснення, показує технологічну застосовність біореактору для очищення від H₂S, SO₂ і NH₃.

Також було виявлено, що при заданому ступені очищення основними чинниками, що впливають на швидкість біохімічних реакцій, є концентрація потоку, вміст розчиненого кисню, температура і рН середовища, вміст біогенних елементів, а також важких металів і мінеральних солей.

5. Висновки

1. Привабливими аспектами використання біотехнологічних методів очистки повітря є низькі, в порівнянні з іншими методами, капітальні і експлуатаційні витрати, а також простота, надійність і відсутність джерел вторинного забруднення. Одна з найбільш позитивних якостей цього методу — це його універсальність.

2. Сучасні апарати біологічної очистки газових викидів можливо класифікувати за конструктивними особливостями (фільтри, скрубери), процесами, які в них відбуваються (адсорбція, абсорбція) та видами мікроорганізмів (аероби, анаероби, термофіли тощо).

3. Власні експерименти підтвердили можливість використанню біологічної деструкції компонентів викидів.

4. Експериментальні дані біодеструкції органічних і деяких неорганічних речовин, розроблені моделі і методики розрахунку реакторів, описані в монографіях [9, 10] можуть бути взяті за основу (з певними коригуючими поправками) під час розробки очисного обладнання від споріднених одорантів.

Література

1. Балабеков, О. С. Очистка газов в химической промышленности. Процессы и аппараты [Текст] / О. С. Балабеков, Л. Ш. Балтабаев. — М.: Химия, 1991. — 250 с.
2. Лебедева, Е. А. Охрана воздушного бассейна от вредных технологических и вентиляционных выбросов [Текст] / Е. А. Лебедева. — Нижний Новгород: ННГАСУ, 2009. — 196 с.
3. Ветошкин, А. Г. Процессы и аппараты защиты атмосферы от газовых выбросов. Учебное пособие по проектированию [Текст] / А. Г. Ветошкин. — Пенза: Изд-во Пенз. технол. ин-та, 2003. — 154 с.
4. Перчугов, Г. Я. Биохимические методы газоочистки. Промышленная и санитарная очистка газов [Текст] / Г. Я. Перчугов, О. Г. Бобров. — Черкассы: ОНИИТЭХИМ, 1986. — 22 с.
5. Уткин, И. Б. Биологические методы очистки воздуха [Текст] / И. Б. Уткин, М. М. Якимов, Е. И. Козляк, И. С. Рогожин // Прикладная биохимия и микробиология. — 1989. — Том 25. — С. 723–731.
6. Рябкин, М. В. Очистка газовой воздушного потока от соединений фенолформальдегидного ряда биофильтрацией [Текст] / М. В. Рябкин, В. Н. Смирнов, А. Ю. Винаров // Химическое и нефтегазовое машиностроение. — 2001. — № 4 — С. 36–39.

7. Бахарева, А. Ю. Использование биотехнологического метода для очистки промышленных газообразных выбросов от H₂S, NH₃ и SO₂ [Текст] / А. Ю. Бахарева, В. А. Юрченко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2005. — № 5/1(17). — С. 95–99.
8. Смирнов, В. Н. Селекция промышленных штаммов микроорганизмов для биодegradации соединений фенольного ряда в газовоздушных и водных потоках [Текст] / В. Н. Смирнов, М. В. Рябкин, А. Ю. Винаров // Биотехнология. — 2002. — № 3. — С. 40–44.
9. Кричковська, Л. В. Проектні рішення у розробці апаратів біологічної очистки газоподібних викидів [Текст]: монографія / Л. В. Кричковська, Л. А. Васьковець, І. В. Туренко та ін.; за ред. Л. В. Кричковської. — Харків: НТУ «ХПІ», 2014. — 210 с.
10. Кричковська, Л. В. Процеси та апарати біологічної очистки та дезодорації газоповітряних викидів [Текст]: монографія / Л. В. Кричковська, О. В. Шестопалов, Г. Ю. Бахарева, К. В. Слісь. — Харків: НТУ «ХПІ», 2013. — 200 с.

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ПРОЦЕССОВ И АППАРАТОВ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ

Представлен анализ и классификация процессов и аппаратов, которые используются для биотехнологической детоксикации газовых выбросов в атмосферу. Обнаружены недостатки современных деструктивных методов и определены перспективы биологических методов очистки выбросов. В экспериментальных исследованиях были установлены кинетические характеристики окисления загрязняющих веществ микробной ассоциацией в газообразных выбросах.

Ключевые слова: выбросы в атмосферу, биотехнологическая детоксикация, биоскрубер, биоабсорбер, биофильтр.

Шестопалов Олексій Валерійович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра хімічної техніки і промислової екології, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна, e-mail: pheonix_alex@mail.ru.

Пітак Інна Вячеславівна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра хімічної техніки і промислової екології, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна, e-mail: ipitak5@gmail.com.

Шестопалов Алексей Валерьевич, кандидат технических наук, доцент, кафедра химической техники и промышленной экологии, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Украина.

Питак Инна Вячеславовна, кандидат технических наук, доцент, кафедра химической техники и промышленной экологии, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Украина.

Shestopalov Oleksii, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Ukraine, e-mail: pheonix_alex@mail.ru.

Pitak Inna, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Ukraine, e-mail: ipitak5@gmail.com