

У випадку реалізації методу відтискання, рушійна сила процесу екстрагування виражається рівнянням

$$\Delta C_p = C_p - C_{lp}. \quad (8)$$

Як видно із табл. 1, концентрація алкалоїдів в основному об'ємі екстракту  $C_{lp}$ , після розділення фаз для варіанту пресування більша за таку ж концентрацію для варіанту фільтрування. Разом з тим, внаслідок реалізації методу пресування концентрація алкалоїдів у клітинному та в деякій мірі у міжклітинному середовищі  $C_p$ , також значно більша такої ж у випадку використання методу фільтрування для розділення фаз. Це говорить про те, що мембрани вцілілих клітин внаслідок набухання в екстрагенті частково відновлюють свої початкові властивості напівпроникливих оболонок. В результаті вони легко пропускають молекули екстрагенту і не пропускають молекул алкалоїдів, асоційованих у великі об'ємні комплекси з розчинником.

Таким чином, вирішення проблеми повноти вилучення можливе за рахунок застосування в технології отримання екстракту пресування рослинної сировини після кожного екстрагування. Тому у випадку реалізації процесу екстрагування рослинної сировини на практиці, стадію пресування слід не тільки враховувати, а й проводити.

### МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ АНАМОКС

Мальований А.М., Ятчишин Й.Й., Мальований М.С.

Національний університет "Львівська політехніка", mmal@polynet.lviv.ua

Біологічний процес анаеробного окислення амонію (Анамокс), який нещодавно був відкритий, дав можливість розробити системи ефективного повністю автотрофного вилучення амонію з висококонцентрованих стічних вод. Першим кроком вилучення амонію у системах, що базуються на процесі Анамокс є трансформація приблизно половини амонію, що міститься у воді, у нітрит із використанням добре відомого процесу нітрифікації: Другим кроком є процес Анамокс, де залишок амонію окислюється до газоподібного азоту з використанням нітриту, що вироблений у першому кроці, як електрон акцептора. Основними факторами, які проявляють інгібуючий ефект на процес Анамокс є розчинний кисень та вміст органічних речовин з низькою молекулярною масою. Нітрати, сульфіді, фосфати та ацетати проявляють інгібуючі властивості у тих чи інших концентраціях. Амоній та нітрит є головними субстратами для бактерій Анамокс, тому підвищення доступності субстрату повинно збільшувати активність бактерій в зв'язку з пришвидшенням дифузії їх у глибину біоплівки та через мембрани бактерій. Водночас, підвищена концентрація загального амонію та нітриту зменшує активність бактерій Анамокс.

Досліджувався вплив температури, вмісту загального азоту (ЗА) та відношення ВА/БАК (ВА – вільний амоній, БАК – вільна азотиста кислота), які можуть мати найбільш вагомий вплив на специфічну активність процесу Анамокс (САА). Для планування експериментів з ціллю дослідження впливу температури та вмісту субстрату на САА було обрано програму MODDE версії 7.0, що розроблена Umetrics AB. Ця програма дає можливість визначати залежність кількох відгуків системи від різних факторів (кількістю до 20) використовуючи мінімальну кількість експериментів. У програму вводились відрізки значень факторів, які досліджувались, після чого програма пропонувала сукупність тестів з різною комбінацією значень факторів, які аналізувались. Після проведення тестів значення відгуку вводилось у програму і створювалась модель (використовувався метод множинної лінійної регресії), яка відповідала експериментальним даним. Пізніше обчислювались значення відгуку та межі неточності для кожної точки інтервалів факторів, які аналізувались, та будувались дво-, три- та чотиривимірні графіки залежності відгуку від факторів. Досліджувані проміжки факторів для двох наборів тестів подано у Таблиці. Значення ВА/БАК використовувались у логарифмічній шкалі. Перший набір тестів не показав

максимуму САА і тому був проведений другий набір тестів і проміжки було зміщено у напрямку росту САА.

Таблиця 1 – Проміжки значень ЗА, ВА/ВАК та Т, що використовувались у наборах тестів

|          | Перший набір тестів |        |       | Другий набір тестів |        |       |
|----------|---------------------|--------|-------|---------------------|--------|-------|
|          | ЗА, мг/л            | ВА/ВАК | t, °C | ЗА, мг/л            | ВА/ВАК | t, °C |
| Мінімум  | 100                 | 0,3    | 15    | 300                 | 0,003  | 22,5  |
| Середина | 300                 | 30     | 22,5  | 500                 | 0,3    | 30    |
| Максимум | 500                 | 3000   | 30    | 700                 | 30     | 37,5  |

Для першого набору тестів використовувалась композитна модель з центруванням на грань з двома центральними точками (16 експериментів). Експериментальна робота над другим набором включала 17 експериментів. Для опрацювання даних цього набору використовувалась повнофакторіальна модель з двома центральними точками для того, щоб використати дані першого набору експериментів, які лежать у проміжку першого набору. Результати опрацювання експериментальних даних першого та другого набору тестів програмою MODDE, показали, що створені моделі можуть пояснити 99 % та 96 % відхилення відгуку та передбачити 98% та 79% його відхилення відповідно.

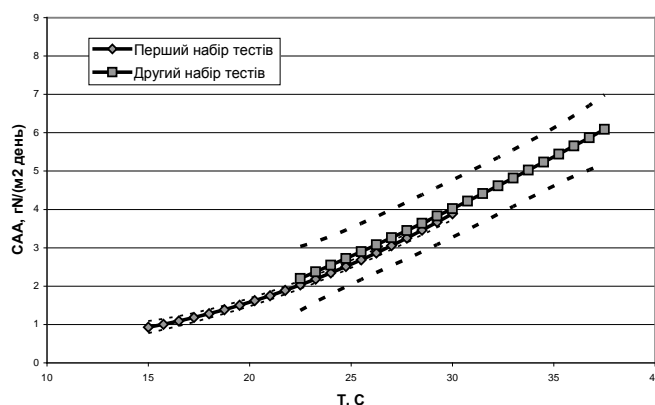


Рис. 1. САА як функція температури, за умови ЗА=300 мг/л та ВА/ВАК=30 (переривчасті лінії визначають інтервал 95% достовірності).

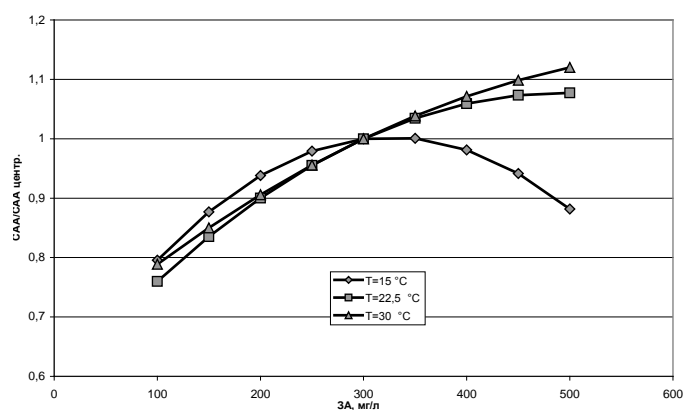


Рис. 2. Залежність САА від ЗА для різних значень температур (базис-центральна точка).

Аналогічно досліджувався і вплив ВА/ВАК на САА.

Результати аналізу експериментальних даних показали, що температура має найбільший вплив на САА і вплив її залежить в значній мірі від інших факторів. Оптимальним є проведення процесу за підвищених температур, проте оскільки економічно необґрунтованим через високі енергетичні затрати є нагрівати стічну воду, важливо підтримання інших параметрів, що впливають на процес, на оптимальному рівні. У випадку високої температури вихідної стічної води (наприклад фільтрату центрифугування мулу анаеробного розкладу), слід вжити заходів для збереження її найвищою до подачі у біологічний реактор. Інгібіція процесу ЗА значно залежить від температури і за вищої температури бактерії можуть працювати за вищих значень ЗА, а оптимум ЗА лежить у проміжку 400-500 мг/л за температур вищих 22,5 °С. Проте підтримання ЗА у реакторі ідеального змішування постійної дії на такому рівні означає, що вихідний потік буде мати таку ж високу концентрацію азоту, а ціллю застосування процесу Анамокс є зменшення рівня ЗА у стічній воді до мінімуму. Такий результат також означає, що чим нижчою є бажана концентрація на виході з реактора, тим довшим має бути гідравлічний час затримання у реакторі. Оптимум відношення ВА/ВАК лежить у проміжку 0,1-1. Встановлено, що ВА та ВАК залежать від концентрацій амонію та нітриту відповідно, а також від значення рН. Ріст рН підвищує значення ВА/ВАК за сталих концентрацій амонію та нітриту. Для досягнення низького значення ВА/ВАК, концентрація амонію повинна бути мінімальною з максимальною концентрацією нітриту та низьким рН.

### МОДЕЛЮВАННЯ СТАТИКИ ТА КІНЕТИКИ АДСОРБЦІЇ ЙОНІВ АМОНІЮ

Мацуська О.В., Гумницький Я.М., Параняк Р.П., Сабадаш В.В.

Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій  
імені С.З. Гжицького

Національний університет «Львівська політехніка»

До промислових забрудників навколишнього середовища належать сільськогосподарські тваринницькі комплекси і комбінати з перероблення м'ясної та молочної продукції. Адже відомо, що перероблення сільськогосподарської сировини супроводжується споживанням значної кількості води, яка після її промислового використання збагачується органічними речовинами, а також рядом біогенних елементів, насамперед, сполук Нітрогену та Фосфору. А надходження цих елементів у водні об'єкти стає лімітуючим фактором для водної рослинності, оскільки спричинює явище евтрофікації, де внаслідок бурхливого розвитку рослинності різко зменшується розчинений у воді Оксиген, порушується процес її самоочищення, що призводить до загибелі аеробної флори та фауни гідроекосистем.

Особливо небезпечними для людей, тварин і рослин є сполуки Нітрогену, які мають здатність нагромаджуватись у поверхневих та ґрунтових водах, а також у повітрі.

Концентрація амонійного азоту у стоках м'ясопереробних підприємств значно перевищує їх гранично допустиму концентрацію ( $\text{ГДКNH}_4^+ < 1,1 \text{ мг*екв/дм}^3$ ), тому стічні води перед скидом із підприємства потребують обов'язкового очищення. З метою зменшення навантаження на водні об'єкти існує багато методів очищення стоків даних підприємств. З огляду на те, що очищенню підлягають значні об'єми стічних вод, найбільш економічно доцільним є застосування природних сорбентів.

Тому для досліджень нами було використано цеоліт, основною складовою частиною якого є клиноптилоліт у натрієвій формі та досліджено статику і кінетику сорбції іонів амонію на ньому у діапазоні низьких концентрацій, характерних для стічних вод м'ясокомбінатів. Також досліджувався вплив супутніх забруднень стоків на процеси поглинання йонів  $\text{NH}_4^+$ .