

3. Lin, Chien-Feng. Method for the sequestration of carbon dioxide. From German Offen. (2010), DE 102008054395 A1 20100617
4. Hsien H. Khoo, Reginald B.H. Tan. Life Cycle Evaluation of CO₂ recovery and mineral sequestration alternatives. Environmental Progress (2006), vol. 25, № 3, 208-217.
5. ДСТУ ISO 14040:2004 Екологічне керування. Оцінювання життєвого циклу. Принцип та структура.
6. L. Nilsson, P. Olof Persson, L. Ryden, S. Darozhka, A. Zaliauskiene. Cleaner Production. Technologies and Tools for Resource Efficient Production. Book 2 in a series on Environmental Management. The Baltic University Press, Uppsala, 2007.

УДК 66.047.45

Петрушка І.М., Мальований М.С. (Україна, Львів), Петрус Р. (Польща, Жешув)

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ АДСОРБЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ЗАХИСТІ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Актуальність досліджень. Підвищення екологічної безпеки України досягається шляхом впровадження на практиці максимально можливих заходів щодо оптимізації способів впливу суспільства на природу, сучасних методів природокористування, впровадження нових досягнень науки і техніки. Вирішення проблеми підвищення екологічної безпеки України неможливе без проведення природоохоронних заходів на окремих підприємствах.

Зокрема, постала проблема очищення стічних вод від органічних сполук, які особливо небезпечні як забруднювачі навколишнього середовища внаслідок комплексності їх впливу та непрогнозованості наслідків. Шкідлива дія органічних речовин, що потрапляють у водойми, посилюється за рахунок кумулятивного ефекту (прогресуюче збільшення вмісту шкідливих сполук у кожній наступній ланці трофічного ланцюга). Серед таких забруднювачів чільне місце займають органічні барвники та розчинники, які широко застосовують у різних галузях економіки та в побуті [1, 2].

Складною проблемою для держави є утворення рідких радіоактивних відходів (РРВ) в результаті порушення правил поводження з радіоактивними матеріалами, розгерметизації контейнерів, в процесі проведення дезактиваційних робіт та в процесі зняття з експлуатації ядерних установок. Для України проблема дезактивації РРВ особливо актуальна з точки зору подолання наслідків аварії на Чорнобильській атомній електростанції (АЕС) та поводження з "історичними РРВ", що зберігаються у сховищах Державної корпорації "УкрДО "Радон". Концепція екологічної безпеки передбачає необхідність професійної підготовки об'єктів, небезпечних з радіаційної точки зору, на випадок аварій. Одним з аспектів такої підготовки є впровадження технологій очищення РРВ, оскільки в результаті проведення дезактиваційних заходів основна частка активності зосереджується у рідкому стані [3].

Фарбопродукуючі та фарбообробні підприємства, які скидають в навколишнє середовище висококонцентровані стічні води, відносяться до розряду водоемких. У стічних водах цих підприємств виявлено більш, ніж 50 видів органічних та мінеральних сполук, а також текстильні волокна та інші речовини. У випадку потрапляння у водойми ці речовини шкідливо діють на флору, знищують живі організми. Фарбуючі речовини та детергенти створюють негативний вплив на органолептичні властивості води і надають їй неприємний смак та запах за рахунок стабілізації у воді інших сполук, властивості солюбілізації та емульгування.

Після проведення порівняльного аналізу технологій очищення стоків від забрудників можна прийти до висновку, що у великій кількості випадків перспективним є застосування адсорбційних технологій, які дозволяють отримати високу ступінь очищення за умови порівняно невеликих затрат. Ще більш перспективним є застосування у адсорбційних технологіях природних дисперсних сорбентів (цеолітів, бентонітів, палигорськітів, глауконітів), перевагами застосування яких є [4-6]:

1. Природні сорбенти широко розповсюджені в Україні;
2. Природні сорбенти є доступним, недорогим матеріалом;
3. Адсорбційні технології з використанням природних дисперсних сорбентів забезпечують високу ступінь очищення;
4. Відпрацьований природний адсорбент у випадку утилізації його шляхом застосування в технологіях отримання корисних продуктів не потребує регенерації.

Для вирішення завдання ліквідації екологічної небезпеки від забруднених шкідливим компонентами стоків, необхідно провести такі дослідження:

- розробити стратегію очищення стоків від забруднень.
- розробити технологію очищення стоків та запропонувати шляхи утилізації відпрацьованих сорбентів.
- розглянути можливість очищення стоків, забруднених багатокомпонентними забрудниками.

Викладення основного матеріалу. Кінетичні та технологічні аспекти очищення стоків від органічних забрудників, радіоактивних сполук, барвників в достатній мірі відображені в публікаціях [1 - 3]. Важливим завданням залишається пошук ефективних методів утилізації відпрацьованих сорбентів.

Утилізацію відпрацьованих сорбентів після очищення стічних вод від забрудників доцільно реалізувати

шляхом використання їх в різних галузях промисловості. Згідно із цієї стратегією, відпрацьовані сорбенти, які вичерпали свої адсорбційні властивості і насичені барвниками, можна використовувати, як підстилаючі породи для створення протифільтраційних екранів або як ефективні добавки у виробництві керамзиту.

Що стосується створення протифільтраційних екранів, то це є необхідною умовою облаштування полігонів побутових та виробничих відходів. І у цьому випадку як глауконіти, так і палигорськіти, які за умови створення з них шару понад 0,3 м забезпечують значний фільтраційний опір, її можна з успіхом використовувати як конструкційний матеріал для таких протифільтраційних екранів.

Нами проводились дослідження можливості використання відпрацьованих сорбентів (бентоніту, палигорськіту, цеоліту та глауконіту) насичених барвниками (зокрема аніонним червоним) у виробництві будівельних сумішей на основі гіпсових в'язучих Івано-Франківського ЦШК марки М-7. Результати досліджень відображені на рис. 1. Аналіз даних, відображених на рис.1, дозволяє зробити висновок про можливість використання відпрацьованих природних сорбентів, насичених синтетичними барвниками для приготування будівельних сумішей на основі гіпсового в'язучого М-7.

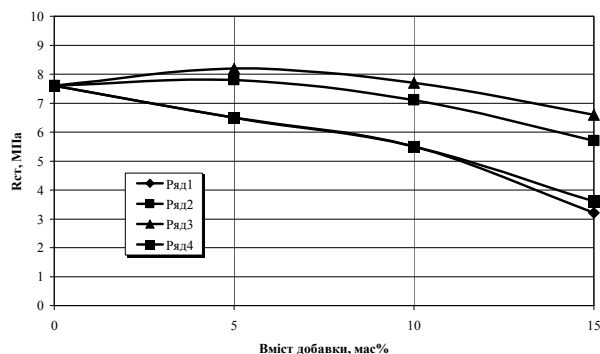


Рис. 1. Вплив добавок відпрацьованих сорбентів на міцність гіпсового в'язучого М-7 (ряд 1 - цеоліт; ряд 2 – глауконіт; ряд 3 – палигорськіт; ряд 4 – бентоніт).

У випадку, коли стоки є висококонцентрованими і забруднені зразу декількома забрудниками, які до того ж мають значну вартість, доцільно було б застосовувати технологію селективного виділення цих продуктів і повернення їх в технологічний процес [7, 8]. Застосовувати адсорбційну технологію очищення таких стоків недоцільно не тільки з економічних позицій, а й з позицій ефективності очищення, оскільки в процесі очищення один із компонентів може витіснити інший, виводячи його в потік води після очищення і цим спричиняючи вторинне забруднення. Такими стоками, наприклад, є суміші розчинників, які застосовуються в ряді технологій хімічної, лакофарбової та машинобудівної промисловості. Завдання виділення окремих розчинників із цих стоків може бути вирішене шляхом застосування селективної адсорбції (промислової хроматографії), яка на сьогоднішній день ще досить мало застосовується в Україні, але знаходить застосування в Польщі, Німеччині та інших передових промислово розвинутих країнах в основному в фармацевтичній промисловості.

У випадку застосування технології хроматографічного очищення стоків вдається досягти не тільки необхідної чистоти очищених стоків, але і в процесі регенерації хроматографічної колони виділити окремі розчинники, які можуть повертатись в технологію, де вони застосовуються. Нами досліджувалось хроматографічне розділення 3-х компонентних систем, (випадок, коли в основних технологіях разом з гексаном у виробництві застосовуються і інші розчинники). Виходячи із аналізу даних щодо поширеності різних типів органічних забрудників та їх сумішей в стоках реальних виробництв, найчастіше такими забрудниками виступають етилацетат, циклопентанол та ізопропанол в суміші з гексаном. Тому нами досліджувалось розділення методом селективної адсорбції таких систем органічних розчинників.

1. Етилацетат – гексан - вода.
2. Циклопентанол – гексан - вода.
3. Ізопропанол – гексан - вода.

Для інтерпретації даних експериментальних досліджень сумісно з кафедрою хімічної інженерії Жешувської політехніки під керівництвом професора Романа Петруса було створене відповідне програмне забезпечення, яке працює в середовищі Windows. Програма працює у двох версіях: D – 7000 HSM ADMINISTRATION і D – 7000 HSM. Фіксування хроматографічних піків реєструвалось програмою D – 7000 HSM, у якій сигнал записувався безпосередньо з детектора UV у вигляді залежності напруги [mV] від часу і запам'ятовувався.

Отримані експериментально значення коефіцієнтів активності модифікатора розчину: етилацетату, ізопропанолу та циклопентанолу $\gamma_2 = f(x_2)$ у 3-компонентних сумішах у залежності від концентрації відповідного модифікатора розчину ($x_2 \equiv x_{\text{mod}}$), представлені у таблиці 1.

Для інтерпретації експериментальних даних застосовувалась модель ізотерми Ленгмюра для етилацетату, як модифікатора розчину.

В результаті проведеного теоретичного аналізу можливості реалізації процесу промислової хроматографії, запропонована фізична модель реалізації розділення системи органічних розчинників з допомогою процесу

селективної сорбції (промислової хроматографії) для випадків розділення 3-х компонентних систем. Рішення адсорбційної моделі використані для прогнозування конкурентної рівноваги адсорбції розчину та активного компоненту рухомої фази на основі ізотерми адсорбції. Стандартні ізотерми адсорбції були визначені на підставі додаткових даних адсорбції, виміряних в інертній системі. Модель ізотерми пояснює енергетичну гетерогенність адсорбуючої поверхні та неідеальність рухомої фази.

Таблиця 1 – Порівняння коефіцієнтів активності для 3-компонентних сумішей

$x_2 \equiv x_{\text{mod}}$	$x_3 \equiv x_{\text{heksan}}$	γ_2	γ_3
Суміш етиацетат: гексан – вода			
0	1	-	1
0.06566	0.93434	2.845	1.003
0.12919	0.87081	2.563	1.011
0.1907	0.8093	2.322	1.026
0.25027	0.74973	2.116	1.046
0.36397	0.63603	1.785	1.107
0.57178	0.42822	1.355	1.331
Суміш ізопропанол: гексан-вода			
0.00846	0.99154	21.53	1
0.01685	0.98315	19.551	1.001
0.03348	0.96652	16.391	1.004
$x_2 \equiv x_{\text{mod}}$	$x_3 \equiv x_{\text{heksan}}$	γ_2	γ_3
0.082	0.918	10.671	1.019
0.15867	0.84134	6.427	1.061
0.23049	0.76951	4.484	1.116
0.4211	0.5789	2.302	1.346
Суміш циклопентанол: гексан-вода			
0.00736	0.96554	19.953	1
0.01345	0.97415	19.421	1.001
0.02148	0.95351	15.394	1.023
0.072	0.903	10.031	1.004
0.14567	0.81264	5.137	1.031
0.19048	0.75321	3.583	1.123
0.4423	0.5431	2.002	1.341

В процесі перевірки ефективності моделі для прогнозування процесу хроматографії за умови зміни рухомого фазового складу для різних концентрацій модифікатора в рухомій фазі встановлено, що узгодженість між теоретичними та експериментальними профілями є в межах допустимого. Для стандартних умов хроматографії за умови високих концентрацій, надлишку модифікатора відносно розчину розрахована модель є ефективною; проте, ідеальна узгодженість між теоретичними та експериментальними профілями не досягається.

Висновки

В результаті проведеного комплексу порівняльних досліджень сорбції забрудників із стоків природними дисперсними сорбентами встановлено наступне:

1. Всі досліджувані природні сорбенти (бентоніт, глауконіт, палигорськіт) можуть бути використані для очищення стоків від гексану.

2. Витрата кожного із адсорбентів для забезпечення необхідного ступеня очищення встановлюється виходячи із адсорбційної ємності адсорбенту та виходячи із конкретних початкових умов ступеня забруднення стоків.

3. Вибір конкретного адсорбенту для очищення стоків від забрудників визначається ступенем забруднення стоків, їх об'ємом, розміщенням об'єкту очищення (чим визначається вартість адсорбенту на місці очищення з врахуванням транспортних витрат), а також пропонованою технологією регенерації чи утилізації відпрацьованих сорбентів.

Дослідження розділення суміші розчинників методом промислової хроматографії дозволили встановити, що метод може використовуватися для оцінки поведінки адсорбції розчину за наявності різних розчинників, для яких рівновага адсорбції відома. Успішна експериментальна перевірка показала відповідність моделі для стандартної складової рівноваги і моделі прогнозування для подвійної рівноваги розчину-модифікатора.

УДК 631.453+547.4

Мислива Т. М. (Україна, Житомир)

ЕКОЛОГІЧНЕ НОРМУВАННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ТА КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ

Ставлення проблеми. Проголошення концепції стійкого розвитку на глобальному і національному рівнях означило пріоритети фундаментальних наукових досліджень в галузі екології і охорони навколишнього