

further confirmed by ME values that represent the average of absolute difference between experimental and modeling data.

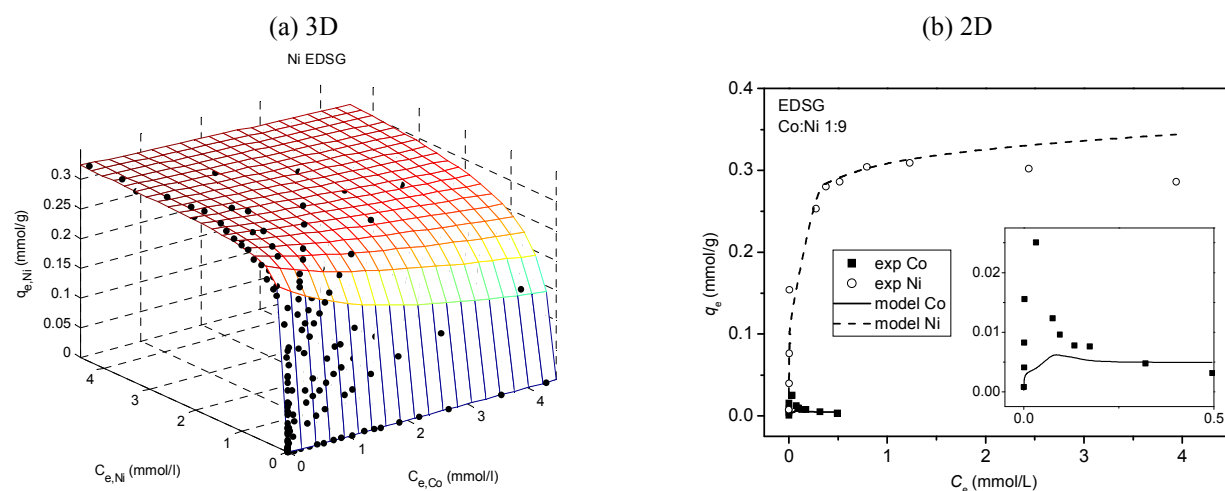


Fig.2 Comparison between the model and experimental data for two-component systems. (a) 3 Dimensional, (b) 2 Dimensional

Table 2. BiLangmuir constants for the two-component systems.

q_{mCo1}	q_{mCo2}	K_{BiLCo1}	K_{BiLCo2}	q_{mNi1}	q_{mNi2}	K_{BiLNi1}	K_{BiLNi2}	R^2	σ	ME
mmol/g		L/g		mmol/g		L/g				%
0.099	0.238	0.529	70.084	0.098	0.229	13.907	492.982	0.9864	0.018	106.953

5. Conclusions

The validation of the parameter values cannot be totally proven by nonlinear regression and corresponded to the global minimum of the objective function. The best correlation with the experimental data was obtained using initial guesses of maximum adsorption capacities (q_m) corresponding to the experimentally obtained ones.

The application of the extended Bilangmuir model confirmed the coexistence of low- (APTES) and high (EDTA) - energy active sites on sorbent surface that showed an unequal ability for Co(II) and Ni(II) adsorption. However, the overlapping parts of the resulting isotherms presented in the three-dimensional graphs could not provide a useful evaluation of the accuracy of the fit.

Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge the State Committee for Scientific Research (Poland) (KBN N N209 760140) for the financial support.

1. Jal P.K., Dutta R.K., Sudarshan M., Saha A., Bhattacharyya S.N., Chintalapudi S.N., Mishra B.K., Talanta 2001, 55, 233–240.
2. Repo E., Kurniawans T.A., Warchoń J.K., Sillanpaa M.E., J. Hazard. Mat., 2009, 171(1-3), 1071-1080.
3. Seferlis P., Hrymak A.N., Computers Chem. Eng., 1996, 20, 1177–1200.
4. Kumar K.V., Sivanesan S., J. Hazard. Mater., 2005, B126, 198–201.
5. Guiochon G., Felinger A., Shirazi D.G., Katti A.M., Fundamentals of preparative and nonlinear chromatography. Elsevier, NY, 2006.
6. Marquardt, D.W., J. Soc. Ind. Appl. Math., 1963, 11 (2), 471–475.

УДК 66.074.5:551.588.74

Дерейко Х. О. (Україна, Львів), Długogorski В.-Z. (Australia, Newcastle),
Мальований М. (Україна, Львів)

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДОЛОГІЇ ОЦІНЮВАННЯ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ ДЛЯ АНАЛІЗУ ПРОЦЕСІВ УЛОВЛЕННЯ ДІОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ

Останнім часом турботи щодо кліматичних змін на Землі набувають все більшої актуальності. Відомо те, що кліматичні зміни викликані головним чином викидами парникових газів, серед яких найбільшої уваги заслуговують викиди діоксиду вуглецю. Основною причиною утворення викидів CO₂ є спалювання палива для забезпечення світових енергетичних потреб. Приблизно 86 % глобального використання енергії та 75 % антропогенних викидів CO₂ є похідними спалювання викопного палива [1]. Зокрема, Австралія є однією з країн,

де зосереджені значні поклади вугілля, а тому основним способом енергозабезпечення у цій країні є спалювання вугілля на теплових електростанціях. Отже, проблеми зниження концентрацій діоксиду вуглецю в світлі Кіотського протоколу для Австралії є особливо актуальними. Останніми роками багаточисленні проекти, наукові дослідження і дискусії були проведені з метою зниження кількості атмосферних викидів CO₂.

Впровадження технологій уловлення та фіксації CO₂ може служити шляхом до зменшення глобальних кліматичних змін. З метою уникнення майбутнього глобального потепління викиди CO₂ можуть бути уловлені на виході з теплових електростанцій і потім зафіксовані у певній стабільній формі. Багато науковців пропонують зберігати великі кількості CO₂ у глибинах океану. Літературні дослідження показують, що багато дослідників висувають можливість уловлення CO₂ морською водою активованою лужним розчином гідроксиду натрію, який в свою чергу продукує електролітичним шляхом [2,3]. Альтернативний метод уловлення і зберігання CO₂ - це так зване мінеральне уловлення, в результаті якого CO₂ хімічно зв'язується у твердій карбонатній кам'яній породі [4].

Метою досліджень, приведених у цій статті, є аналіз шляхом оцінки життєвого циклу методу уловлення діоксиду вуглецю морською водою, порівняння кількості діоксиду вуглецю, який може поглинутися морською водою, активованою лужним розчином гідроксиду натрію, із кількістю CO₂, яка викидається у повітря тепловою електростанцією і забезпечує електроенергію, необхідну для реалізації електролітичного процесу виробництва гідроксиду натрію. Отже, загальна ціль досліджень полягає у визначенні доцільності застосування процесу електролізу для виробництва гідроксид-іонів, які є середовищем для уловлення діоксиду вуглецю морською водою.

Методологія оцінки життєвого циклу та її застосування для аналізу процесу уловлення діоксиду вуглецю морською водою. Оцінка життєвого циклу (Life Cycle Assessment) – це збирання та оцінювання вхідних та вихідних характеристик, а також потенційного екологічного впливу системи продукту упродовж його повного циклу життя, починаючи від видобування та придбання сировини, через енергетичні та матеріальні баланси етапів виробництва, стадії експлуатації і завершуючи переробкою в кінці життя та кінцевим захороненням (ISO 14040) [5]. Для реалізації цього складного процесу оцінки життєвого циклу Міжнародна Стандартизаційна Організація (ISO) встановила методологічну структуру для здійснення досліджень з ціллю оцінки життєвого циклу, яка враховує чотири етапи, включаючи визначення цілей та меж аналізу, інвентаризаційний аналіз, оцінку екологічного впливу та інтерпретацію результатів.

На етапі визначення цілей та меж аналізу формулюють мету досліджуваної оцінки життєвого циклу, межі системи, функціональну одиницю, альтернативні системи, які приймаються до уваги, в цілому обсяг та глибину (або рівень деталізації) дослідження щодо оцінки життєвого циклу у співвідношенні до його мети. Інвентаризаційний аналіз – це фаза кількісної оцінки вхідних та вихідних потоків, складання інвентаризаційної таблиці вхідних та вихідних даних для усіх компонентів процесів, включених у систему оцінки життєвого циклу дослідження. Мета оцінки екологічного впливу в циклі життя полягає в тому, щоб зрозуміти і оцінити розмір та значення потенційних екологічних впливів системи продукту. На цьому етапі категорії впливу (а саме, глобальне потепління, закислення водойм, токсичність для людини та інші) визначають індикатори категорій та фактори характеризування, інвентаризаційні результати розподіляють за окремими категоріями і потім перетворюють в індикатори категорій за допомогою факторів характеризування. Фактори характеризування дозволяють перетворювати екологічні потоки у екологічні впливи. Інтерпретація – це фаза, на якій одержані дані інвентаризаційного аналізу та оцінки екологічного впливу аналізують в залежності від визначених цілей та меж аналізу для того, щоб встановити висновки, пояснити обмеження та надати рекомендації щодо можливих способів зменшення екологічного впливу продукту або системи (ISO 14040).

Щодо аналізу глобальних кліматичних змін, то необхідним є застосування кількісного та методологічного засобу, який надає можливість точно розрахувати кількість CO₂, яку можна зменшити. Застосування такого системного широкого підходу гарантуватиме те, що будь-яка дія для попередження кліматичних змін не створюватиме сама по собі інших ще більших екологічних навантажень та проблем. Саме метод оцінки життєвого циклу (LCA) забезпечує ці вимоги. LCA може бути використаний для того, щоб розширити екологічні дебати стосовно єдиної проблеми (глобальне потепління / кліматичні зміни) і звернути увагу на широкий діапазон екологічних проблем (виснаження ресурсів, токсичні гази і т.д.). LCA успішно застосовується для аналізу стратегій уловлення та фіксації CO₂ [4].

У цьому дослідженні для оцінки життєвого циклу процесу уловлення діоксиду вуглецю морською водою функція системи може бути сформульована як виробництво лужного розчину гідроксиду натрію шляхом електролізу, який здійснюється на основі електроенергії, отриманої за рахунок спалювання вугілля на тепловій електростанції, і застосування цього розчину в процесі уловлення CO₂ морською водою. Функціональна одиниця цієї системи може бути виражена як 1 кілограм виробленого розчину NaOH.

Межі досліджуваної системи оцінки життєвого циклу включають три основні блоки: 1) тепла електростанція, де відбувається спалювання вугілля; 2) хлор-лужна установка для виробництва розчину NaOH; 3) уловлення CO₂ морською водою, активованою лужним розчином NaOH.

У межі системи входять всі основні процеси, необхідні для виробництва електроенергії з вугілля, а саме видобування вугілля, виробництво обладнання, транспортування, а також синтез хімікатів для гірничо-видобувних робіт та функціонування теплової електростанції.

Враховані всі матеріальні та енергетичні потоки процесів, що належать до видобування сировинних матеріалів та проміжних продуктів, а також розташування відходів. Схематично інвентаризаційна модель

оцінки життєвого циклу процесу спалювання вугілля зображена на рис.1 [1].

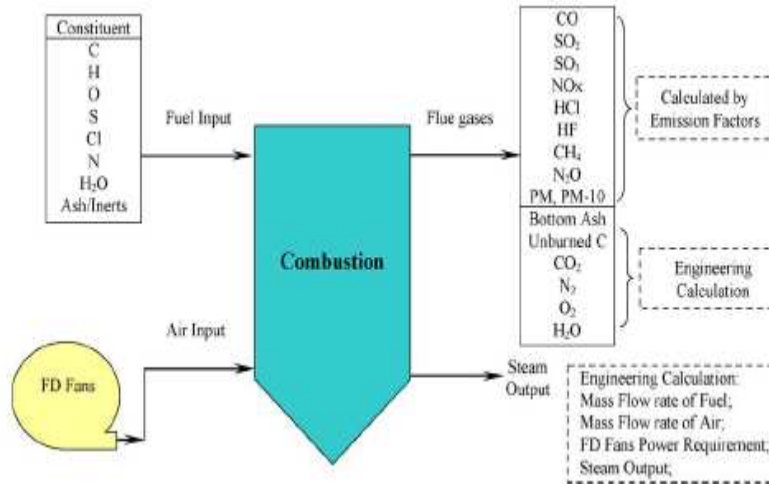
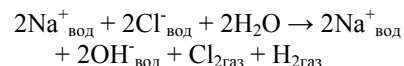


Рис.1. Інвентаризаційна модель оцінки життєвого циклу процесу спалювання вугілля

Діаграма потоків промислового хлор-лужного виробництва із застосуванням мембранної електролітичної камери представлена на рис.2 [6]. В загальному електролітичний процес відбувається згідно реакції:



Промисловий хлор-лужний процес полягає у електролізі насиченого розчину хлориду натрію. У мембранному процесі анод і катод розділені за допомогою водонепроникної іонопровідної мембрани.

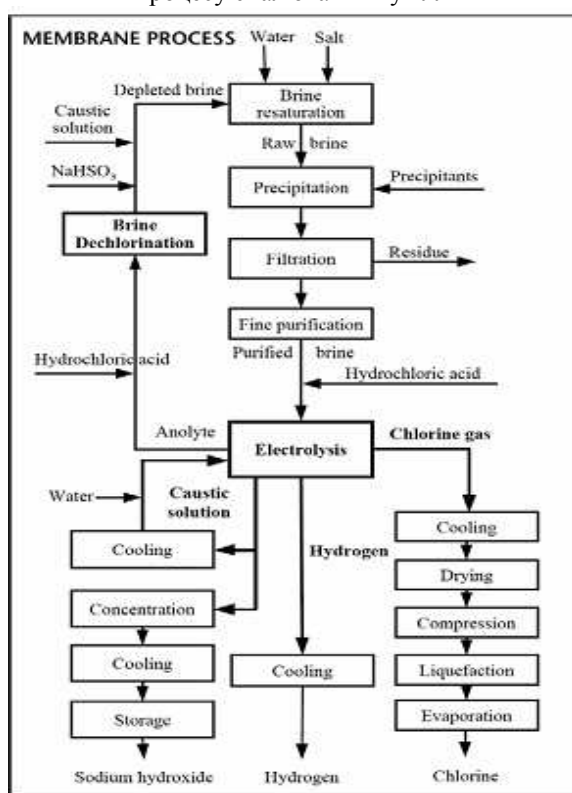


Рис.2. Діаграма потоків промислового хлор-лужного виробництва із застосуванням мембранної електролітичної камери

Переваги мембранного процесу у порівнянні з іншими електролітичними комірками (наприклад, ртутними або діафрагмовими) полягають у виробництві розчину NaOH високої чистоти, меншому енергоспоживанні та екологічності процесу (не використовуються високотоксичні матеріали, такі як ртуть і азбест).

Оцінка життєвого циклу досліджуваного процесу уловлення діоксиду вуглецю морською водою здійснювалася за допомогою програми SimaPro 7 (Голландія).

Висновки

На основі проведених розрахунків та оцінки екологічного впливу досліджуваної системи процесів доведено, що кількість CO₂, яка викидається у навколишнє середовище тепловою електростанцією, що продукує електроенергію для електролітичного процесу виробництва розчину NaOH, значно перевищує кількість CO₂, яка може бути потім поглинута морською водою із додаванням цього лужного розчину.

Це підтверджує неефективність та недоцільність застосування електролітичного способу створення лужного середовища для поглинання CO₂ морською водою. В свою чергу тоді більш перспективним виступає альтернативний спосіб мінерального уловлення CO₂. До того ж, Австралія має значні поклади мінералу серпентиніту (мінерал силікату магнію), який після етапу його попередньої термічної активації реагує з CO₂ і в результаті реакції утворюється карбонат магнію, який є стійкою твердою сполукою, тобто CO₂ переходить у стійку геологічну структуру, що запобігає його викидам у атмосферу. Але цей метод є достатньо новий і становитиме тему для наступних наукових досліджень.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Anna Korre, Zhenggang Nie, Sevket Durucan. Life cycle modelling of fossil fuel power generation with post-combustion CO₂ capture. International Journal of Greenhouse Gas Control (2010), 4(2), 289-300.
2. Thoms, Graham Edward; Green, Kenneth. Improved method of capturing carbon dioxide and converting to carbonate anions and then combining with calcium cations to form calcium carbonate. From Granted Innovation Pat. (Australia) (2008), AU 2007101174 A4 20080131

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