

концепцією «готовність платити», робляться спроби побудови «сурогатних» ринків. Широко застосовуються методи анкетування і опитувань.

У 2004 р експерти Світового банку застосували підхід загальної економічної цінності до оцінки екосистемних послуг в різних країнах Середземноморського регіону. Основу розрахунку окремих компонентів загальної економічної цінності становив щорічний потік вигод від різних послуг і функцій лісу. За підсумками розрахунків використання деревини, в тому числі деревного палива, в середньому склали менше 1/3 загальної економічної цінності. Таким чином, 2/3 економічної цінності лісів забезпечується за рахунок їх «недеревних» функцій [2].

Основне завдання, яке вирішують за допомогою ПЕП в залежності від рівня реалізації на місцевому, національному або регіональному рівнях, - збереження і раціональне використання екосистемних послуг лісів.

ПЕП можуть стати економічним механізмом, який дасть лісам можливість і надалі виконувати свої багатоцільові функції, а суспільство отримає можливість вирішити проблеми зниження рівня бідності, боротьби зі зміною клімату. ПЕП може стати джерелом додаткових доходів для застосування стійкої лісгосподарської практики.

Наявність і застосування ПЕП лісів сприятиме обліку позитивних ефектів і вигод всіх лісових екосистем в національній політиці і заходах, що вживаються в державі.

### ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Оценка экосистем на пороге тысячелетия. Экосистемы и благосостояние людей. Рамки оценки. Island Press Вашингтон, Ковело, Лондон. 2005. - [Електронний ресурс] - URL: [www.millenniumassessment.org/documents/document.786.aspx.pdf](http://www.millenniumassessment.org/documents/document.786.aspx.pdf).

2. Сотник И. Н., Могиленец Т. В. Анализ подходов к экономической оценке экосистемных услуг. Механизм регулювання економіки. 2011. № 2. С. 152–158

### АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ АКТИВОВАНОГО ВУГІЛЛЯ ЯК СОРБЕНТУ

*Хоботова Е.Б., проф., д.х.н., Грицай К., студент  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет,  
м. Харків, Україна  
[elinahobotova@gmail.com](mailto:elinahobotova@gmail.com)*

Найбільшого поширення для вилучення розчинених речовин з води набули вуглецеві матеріали завдяки значній енергії міжмолекулярної взаємодії адсорбат – адсорбент. Під час дослідження адсорбції на вуглецевих сорбентах і практичного використання адсорбції речовин має значення

оцінка внеску поверхневих оксидів вуглецевих сорбентів у загальну величину енергії і врахування пористої структури вуглецевих сорбентів.

Активоване вугілля – матеріал з розвинутою пористою структурою. На 87–97 % складається із Карбону, містить також Гідроген, кисень і речовини, введені в активоване вугілля при його одержанні. Зольність активного вугілля може складати 1–15 %.

Пори в активованому вугіллі класифікують за їх лінійними розмірами  $x$  (півширина – для щілиноподібної моделі пор, радіус – для циліндричної або сферичної):  $x \leq 0,6-0,7$  нм – мікропори;  $0,6-0,7 < x < 1,5-1,6$  нм – супермікропори;  $1,5-1,6 < x < 100-200$  нм – мезопори;  $x > 100-200$  нм – макропори.

Для адсорбції в мікропорах (питомий об'єм  $0,2-0,6$  см<sup>3</sup>/г), що відповідають розмірам молекул, які адсорбуються, характерний головним чином механізм об'ємного заповнення. Аналогічно протікає адсорбція також в супермікропорах (питомий об'єм  $0,15-0,2$  см<sup>3</sup>/г) – проміжні області між мікропорами і мезопорами. В цій області властивості мікропор поступово вироджуються, властивості мезопор виявляються.

Механізм адсорбції в мезопорах заключається в послідовному утворенні адсорбційних шарів, що завершується заповненням пор за механізмом капілярної конденсації. У звичайного активованого вугілля питома поверхня – від 20 до 70 м<sup>2</sup>/г; проте у деякого активованого вугілля ці показники можуть досягати відповідно  $0,7$  см<sup>3</sup>/г і  $200-450$  м<sup>2</sup>/г.

Макропори (питомий об'єм і питома поверхня відповідно  $0,2-0,8$  см<sup>3</sup>/г і  $0,5-2,0$  м<sup>2</sup>/г) служать транспортними каналами, які підводять молекули речовин, що поглинаються, до адсорбційного простору зерен (гранул) активованого вугілля. Для придання активному вугіллю каталітичних властивостей в макро- і мезопори вносять, як правило, спеціальні добавки.

В активованому вугіллі часто існують всі різновиди пор, і диференційна крива розподілу їх об'єму за розмірами має 2–3 максимуми. В залежності від ступеня розвитку супермікропор розрізняють активоване вугілля з вузьким розподілом (це пори практично відсутні) і широким (суттєво розвинуті).

Активоване вугілля добре адсорбує пари речовин із порівняно високими температурами кипіння, гірше – летких сполук.

Основна сировина для виробництва активованого вугілля – кам'яновугільний напівкокс; рослинні матеріали, що містять вуглець, наприклад, деревинне вугілля, торф, тирса, шкаралупа горіхів, кісточки плодів фруктових дерев. Продукти карбонізації цієї сировини підвергають активації при  $850-950$  °С. Крім того, активоване вугілля одержують термічним розкладанням синтетичних полімерів, наприклад, полівініліденхлориду.

Активоване вугілля широко застосовують як адсорбент для поглинання парів із газових викидів, вловлювання парів летких розчинників з метою їх рекуперації, для очищення водних розчинів, питної і стічних вод, в

протигазах, в вакуумній техніці, наприклад, для створення сорбційних насосів, в газоадсорбційній хроматографії, для заповнення запахопоглиначів в холодильниках, очищення крові, поглинання шкідливих речовин із травного тракту та ін. Активоване вугілля – також носій каталітичних добавок і каталізатор полімеризації.

Часто як домішку до активованого вугілля використовують кисень. Його вміст коливається від 2 до 25 % в окисненому активованому вугіллі. Щонайменше 25 % усього Оксигену, що міститься в активованому окисненому вугіллі, входить до складу поверхневих оксидів, які мають властивості об'ємних сполук з відповідними функціональними групами. Більш поширені і вивчені кислотні поверхневі групи, що містять Оксиген. Такі поверхневі групи вугілля і сажі не беруть участі у взаємодії молекул ароматичних похідних з поверхнею вуглецевих сорбентів і не впливають на фізичну адсорбцію неполярних органічних речовин з газоподібної фази. Специфічна взаємодія поверхні вугілля з органічними речовинами спостерігалась лише при наявності карбонільних груп на поверхні вугілля та виникненні донорно-акцепторних комплексів.

Структура адсорбенту значною мірою визначає його питому витрату під час адсорбції розчинених речовин і, таким чином, впливає на економічність адсорбційної технології. Очевидно, що мікропори, розміри яких менші від молекул розчинених речовин, не беруть участі в процесі адсорбції і тому в процесі адсорбції складних молекул є некорисною частиною пористої структури, тоді як у разі адсорбції відносно невеликих молекул об'єм мікропор становить головну частину адсорбційного об'єму пор адсорбенту. Об'єм дуже широких пор також не використовується повністю для вибіркової адсорбції з водних розчинів, оскільки вибіркова адсорбція здійснюється лише в мономолекулярному шарі розчину на їх поверхні, а питома поверхня пор швидко зменшується зі збільшенням їх діаметра. Оцінка розмірів молекул речовин у промислових стічних водах, направлених на адсорбційне очищення, дає змогу визначити раціональні межі розмірів пор адсорбентів, призначених для цих цілей.

Отже, для вилучення речовин з водних розчинів потрібні адсорбенти з порами, ефективний радіус яких укладається в інтервал 0,5–10 нм. Тобто не лише макропористість, а й наявність перехідних пор (мезопор), ефективний радіус яких перевищує 10 нм, є істотним недоліком пористої структури адсорбенту. Мікропори з радіусом менш як 0,5 нм також, як правило, непридатні для адсорбції речовин з розчинів, оскільки вони недоступні для всіх молекул.

У таблиці наведені характеристики деяких зразків активованого вугілля вітчизняного та закордонного виробництва, які найчастіше використовують для очищення природних і стічних вод [1].

Таблиця – Характеристики активованого вугілля різних марок

Параметр	Одиниця	Вугілля								
		Carbochem		фірми Futa Mura	кок-сівне	«Акант мезо» активований антрацит	Filtrisorb			TL830
		LQ-1240	LQ-900S				300	400	500	
Щільність насипна	г/см <sup>3</sup>	0,48	0,48	0,48	0,5	0,4-0,46	0,46	0,425	0,425	0,43
Гранулометричний склад: > max < max	Меш	12×40	8×30	12×40	12×40	10×40	8×30	12×40	8×30	10×20
	%	5	10	0,5	0,5	0,1	15	5	15	5
Ефективний розмір	мм	0,9-1,1	1,5-1,7	–	–	0,6-0,8	0,8-1,0	0,6-0,7	0,8-1,0	0,9-1,1
Коефіцієнт однорідності	max	1,9	–	–	–	2,0	1,8	2,0	1,8	1,4
Стирання	% min	75	75	93	99	85	75	75	75	75
Адсорбція за йодом метиленовим синім фенолом	мг/г	850	900	1000	1100	880-1000	950	1050	1050	1000
	мг/г	–	–	180	200	200-300	230	260	260	245
	%	–	–	9,5	9,8	9,9	4,3	4,5	4,5	4,5
Сумарна пористість	см <sup>3</sup> /г	0,8	0,8	–	–	0,55-0,68	0,8-0,9	0,85-0,95	0,95	0,95
Площа питомої поверхні	м <sup>2</sup> /г	950	1000	–	–	900-1050	950	1050	1100	1050

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод// А. К. Запольський, Н. А. Мішкова-Клименко, І. М. Астрелін та ін. – К.: Лібра, 2000. – 552 с.

## ВИКОРИСТАННЯ ВУГЛЕКИСЛОГО ГАЗУ ДЛЯ СИНТЕЗУ КОРИСНИХ ПРОДУКТІВ

*Чупахін І. В. здобувач вищої освіти 2 рівня*  
*Божко В.І. здобувач вищої освіти 1 рівня*  
 Харківський автомобільно-дорожній університет,  
 м. Харків, Україна  
[viktoriabozko004@gmail.com](mailto:viktoriabozko004@gmail.com)

Для того, щоб утримати глобальне потепління на рівні 2°C Міжнародне агентство поновлюваної енергетики (IRENA) розробило стратегію світової енергетичної трансформації: дорожню карту до 2050 р. Згідно з вимогами цього стратегічного документу необхідно: збільшити частку відновлюваних