

Білько Д. І., Бородулін Ю. В., Антонюк Н. Г., Колесник І. С., Бурбан А. Ф.

АКТИВАЦІЯ ПОВЕРХНІ ПОЛІАКРИЛАМІДНОГО ГЕЛЮ ХІТОЗАНОМ ДЛЯ ПОДАЛЬШОГО ВИКОРИСТАННЯ В ТКАНИННІЙ ІНЖЕНЕРІЇ

Доведено можливість модифікування структурного каркаса полімерних гідрогелів хітозаном, унаслідок чого відбувається покращення їхніх механічних властивостей без погіршення сорбційної ємності та здатності до набрякання, що робить можливим використання їх у тканинній інженерії як матеріалів біомедичного призначення.

Ключові слова: гідрогель, хітозан, набрякання, тканинна інженерія.

Матеріал надійшов 15.01.2016

УДК 662.997

*Коломієць О. В., Сухий К. М., Беляновська О. А., Вакулюк П. В.,
Томіло В. І., Прокопенко О. М.*

ОСНОВНІ ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПОЗИТНИХ СОРБЕНТІВ «СИЛКАГЕЛЬ/СУЛЬФАТ НАТРІЮ» ТА «СИЛКАГЕЛЬ/АЦЕТАТ НАТРІЮ» ДЛЯ АДСОРБЦІЙНИХ ХОЛОДИЛЬНИКІВ

Досліджено кінетику адсорбції парів води композитними сорбентами «силкагель/натрій сульфат» і «силкагель/натрій ацетат», а також сорбційні властивості цих матеріалів. Показано вплив матеріалу на конструктивні параметри адсорбційного холодильника та холодильний коефіцієнт.

Ключові слова: композитний сорбент, адсорбційний холодильник, холодильний коефіцієнт.

Протягом останнього десятиріччя, коли економія енергоресурсів посідає провідне місце в усіх галузях науки і техніки, а тенденція монотонного зростання вартості первинного палива призводить до здорожчання електроенергії, розробка ефективних теплоакумулювальних матеріалів для акумулювання низькопотенційного тепла та пристроїв для опалення та охолодження на їхній основі є актуальним завданням для енергетиків усього світу. У результаті роботи Паризького саміту було ухвалено рішення про

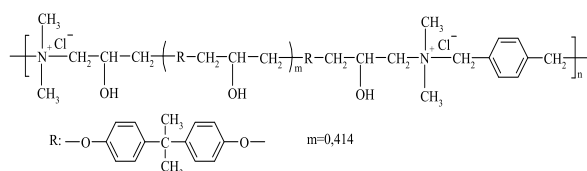
стимулювання розвитку новітніх технологій та зменшення викидів в атмосферу CO_2 , NO_x та інших газів, які спричиняють парниковий ефект. Одним із технічних рішень, яке б дозволило одночасно розв'язати як екологічну, так і енергетичну та економічну проблеми, є конструювання і використання сонячних адсорбційних холодильників [1, с. 252–262; 2, с. 102–123], що споживають переважно теплову енергію. Джерелом теплової енергії найчастіше є сонце [3, с. 1714–1720; 4, с. 172–178]. Базовими

елементами сонячних адсорбційних холодильників є сонячний колектор, адсорбер та випарник, встановлений у холодильну камеру. Експлуатація цих установок зазвичай здійснюється у два етапи: перший – адсорбція та випаровування холодильного агента, що сприяє зниженню температури в холодильній камері, другий – регенерація адсорбенту, тобто десорбція та конденсація холодильного агента. Одним з найбільш екологічно безпечних холодильних агентів є вода. Основним недоліком цих пристроїв є низька сорбційна ємність, що зумовлює більш високу кількість адсорбенту та високі температури регенерації, які призводять до низьких значень холодильного коефіцієнта: 0,136–0,159 для активованого вугілля [5, с. 2747–2760], 0,28–0,35 для цеоліту [6, с. 919–932; 7, с. 231–239], 0,30–0,32 для масивних солей [8, с. 2339–2344]. Більш перспективними є композитні матеріали типу «сіль у пористій матриці». Холодильний коефіцієнт холодильних установок на їхній основі становить 0,33–0,59 [9, с. 2455–2462; 10, с. 61–69; 11, с. 1714–1720]. Тому актуальною є розробка композитних матеріалів, які б дали змогу збільшити продуктивність холодильних систем.

Метою роботи є дослідження основних сорбційних властивостей композитних сорбентів «силікагель/натрій сульфат» та «силікагель/натрій ацетат» та експлуатаційних характеристик сонячних адсорбційних холодильників на їхній основі.

Експериментальна частина

Як об'єкти дослідження обрано композити «силікагель/натрій сульфат» та «силікагель/натрій ацетат», які синтезували з тетраетоксисилану, гідролізованого у водно-спиртовому середовищі в присутності полііоненів, структурні формули яких наведено нижче.



Детально методику синтезу описано в [11, с. 409]. Діаметри гранул композитних сорбентів становлять 0,5–1,5 мм. Синтезовані композитні матеріали захищені патентами України [12; 13].

Сорбційну рівновагу між парами води та сухим сорбентом вивчали ваговим методом за температур 20, 40 та 60 °С та тиску 20 і 760 мм рт. ст. Перед дослідом речовини витримували

в термічній шафі за температури 140 °С протягом 4–6 год. Після сушки зразки (у кількості 1 та 2 г) розсипали по полімерних склянках та визначали їхню загальну вагу. Після цього їх розміщували на решітках усередині ексикаторів (рис. 2), на дні яких містилась дистильована вода. Заповнені ексикатори завантажувались у термічні шафи зі заздалегідь заданою температурою. Температура в термічних шафах підтримувалась з точністю ± 0,1 °С. Необхідний тиск створювався за допомогою вакуумного насоса, під'єданого до ексикатора за схемою, наведеною на рис. 1. Тиск реєструвався за допомогою датчика MKS Baratron type 626A.

Через кожні 20 хв витягували досліджувані зразки та зважували на аналітичних вагах AXIS-ANG200C, II класу точності. Після цього розміщували знову в ексикатор та встановлювали необхідний тиск. Далі ексикатор завантажувалася назад у термічну шафу. Зразки витримували за заданих температур, доки не встановиться рівновага та сорбент набере теоретично необхідну кількість сорбованої води.

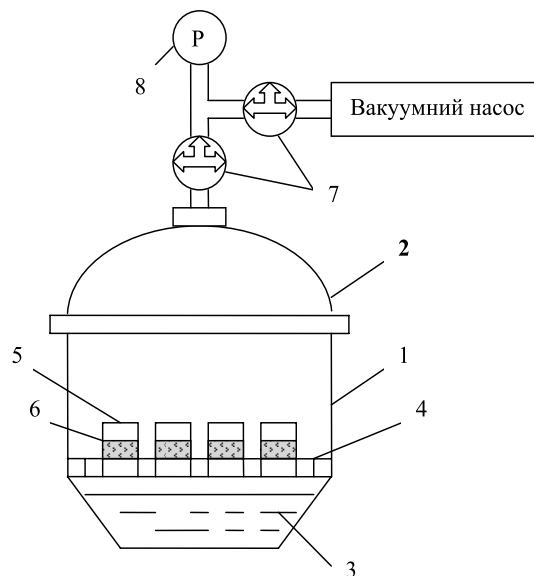


Рис. 1. Експериментальний ексикатор: 1 – нижня частина ексикатора; 2 – кришка; 3 – шар води; 4 – керамічна решітка; 5 – полімерна склянка; 6 – досліджуваний зразок; 7 – триходові крани; 8 – датчик тиску

Диференційно-термічний аналіз проводили з використанням дериватографа Q-1500Д системи Ф. Паулік, Й. Паулік, Л. Ердей у динамічному режимі в діапазоні температур 20–1000 °С зі швидкістю нагрівання 5 °С/хв. Маса зразків становила 200 мг.

Конструктивне виконання та принцип дії сонячного адсорбційного холодильника наведено в [14]. Його основними елементами є адсорбер

(1), виконаний у вигляді сонячного колектора, поперечний переріз якого зображено на рис. 2, конденсатор і розміщений у холодильній камері випарник. Для зменшення впливу погодних умов на час регенерації в адсорбері розміщено гідроаккумулятор об'ємом 0,01 м³. Холодильна камера виготовлена з алюмінію завтовшки 5 мм. Як теплоізоляцію використано мінеральну вату завтовшки 100 мм з коефіцієнтом теплопровідності 0,035 Вт/мК.

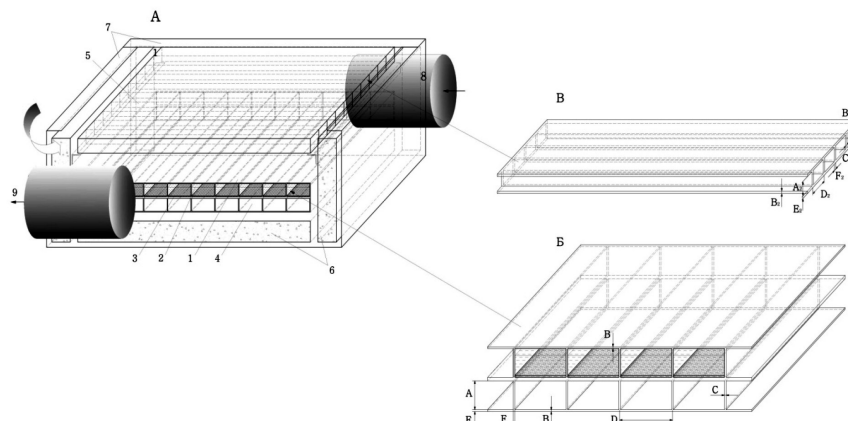


Рис. 2. Схема полімерного сонячного колектора ПСК-ВС2-2:

1 – адсорбер; 2 – верхній ярус адсорбера; 3 – поглинач сонячного випромінювання, виконаний із вуглецевої стрічки; 4 – нижній ярус адсорбера; 5 – прозора ізоляція; 6 – теплова ізоляція; 7 – корпус; 8, 9 – вхідний та вихідний канали для теплоносія

Основний адсорбційний цикл складається з чотирьох етапів (двох ізобар і двох ізостер), які можуть бути представлені на діаграмі Клапейрона (рис. 3).

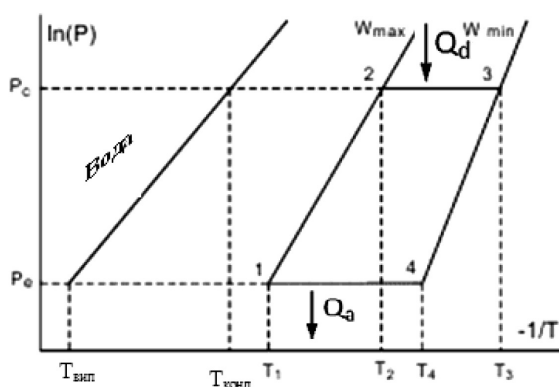


Рис. 3. Термодинамічний цикл сорбційного перетворювача теплоти [15, с. 86–88]

Термодинамічний цикл сорбційного перетворювача теплоти, робота якого заснована на процесі сорбції/десорбції парів води розчинами гігроскопічних солей або пористими адсорбентами, представлено на рис. 3. Цикл складається з двох ізобар (1-4 та 2-3) та двох ізостер

(1-2 та 4-3). Цикл характеризується трьома температурами: температурою води в конденсаторі $T_{\text{конд}}$, у випарнику $T_{\text{вип}}$ та температурою дегідратації сорбенту $T_3 = T_{\text{дес}}$. Температура конденсації зазвичай залежить від температури навколишнього середовища, оскільки туди розсіюється тепло в конденсаторі, і становить у літній час 25–50 °С. Температура випарника задається температурою охолодження і зазвичай перебуває в діапазоні від 0 до 10 °С.

Температура дегідратації сорбенту визначається наявним джерелом тепла. Q_d – тепло, яке потрібно підвести в ході десорбції; Q_a – теплота адсорбції. За цим циклом працюють і теплові насоси, і холодильники, різниця в тому, яке тепло вважається корисним.

Результати та їх обговорення

Основну увагу при дослідженні синтезованих композитних сорбентів приділено їхнім сорбційним властивостям, які лежать в основі термохімічного перетворення та акумулювання низькопотенційного тепла. Для цих потреб передовсім необхідно дослідити здатність композитних сорбентів оборотно зв'язувати та віддавати пари води, визначити температурні діапазони процесів сорбції та десорбції.

Кінетика встановлення рівноваги в системі композитний сорбент – вода дає важливу інформацію про механізм сорбції та часові характеристики цього процесу. З метою визначення зазначених параметрів було досліджено кінетику сорбції води композитами «силікагель/сульфат натрію» та «силікагель/ацетат натрію» за температур 20, 40 та 60 °С і тиску 1010,8 мбар.

Кінетичні криві сорбції води досліджуваними речовинами в порівнянні з масивними солями представлено на рис. 4.

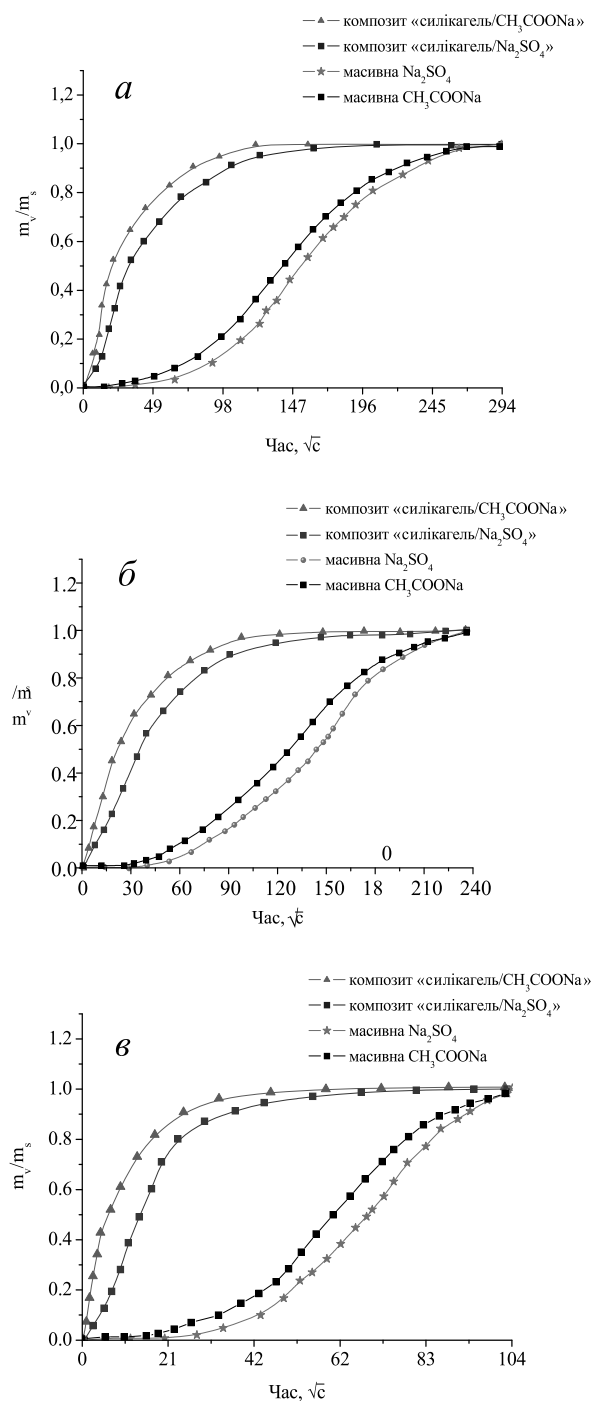


Рис. 4. Кінетичні криві сорбції води при $P_{H_2O} = 1010,8$ мбар:
а – $T = 20$ °С; б – $T = 40$ °С; в – $T = 60$ °С

З кінетичних кривих сорбції видно, що механізм процесів сорбції пари води для композитних сорбентів «силікагель-кристалогідрат» суттєво відрізняється від сорбції масивними солями. Для масивних солей гідратація протікає в кінетичному режимі, про що свідчить S-подібна форма

кінетичної кривої. Для композитних сорбентів початкова ділянка кінетичної кривої практично лінійна в координатах « $m/m - \sqrt{t}$ », що свідчить про дифузійний характер процесу, тобто хімічна реакція води з дисперсною сіллю протікає швидко, а лімітуючим фактором є транспорт води по системі пор силікагелю. Рівновага для масивних солей досягається значно пізніше, ніж для композитів.

Таким чином, можна говорити про те, що синтезовані композитні сорбенти являють собою високопоруватий тривимірний кремній-кисневий остов, у порах якого розміщені молекули кристалогідрату. Для масивних кристалогідратів сорбція води ускладнюється кінетичними перешкодами, а для композитних сорбентів транспорт води по системі пор відбувається значно легше. З підвищенням кількості сорбованої води теплота сорбції монотонно знижується, що свідчить про зниження енергії зв'язку між молекулами води і солі. Ця теплота є вищою за теплоту випару води і теплоту сорбції води масивними солями.

Сорбційні властивості композитів «силікагель/кристалогідрат» дещо відрізняються від властивостей масивної солі та силікагелю через особливості цієї дисперсної системи. Це можна побачити, якщо порівняти сорбційні ємності цих речовин. Згідно з проведеними дослідженнями, сорбційна ємність «чистого» силікагелю становить 0,18 г/г, масивного сульфату натрію – 1,27 г/г, а композита «силікагель/сульфат натрію», відповідно, 0,85 г/г, масивного натрій ацетату – 0,65 г/г, композита «силікагель/натрій ацетат» – 0,42 г/г. Стехіометричний склад композитного сорбенту, відповідно до умов синтезу, становить $Na_2SO_4 : SiO_2 = 1 : 1,27$. Лінійну суперпозицію сорбційних здатностей «чистого» силікагелю та сульфату натрію розраховували за такою формулою:

$$m_{\Sigma} = a \cdot X_{H_2O}^{Na_2SO_4} + (1-a) \cdot X_{H_2O}^{SiO_2}, \quad (1)$$

де a – масова частка сульфату натрію в композиті, $a = 0,44$; $X_{H_2O}^{Na_2SO_4}$, $X_{H_2O}^{SiO_2}$ – кількість води (z), що поглинається 1 г масивної солі Na_2SO_4 та 1 г силікагелю відповідно, $X_{H_2O}^{Na_2SO_4} = 1,27$, $X_{H_2O}^{SiO_2} = 0,18$.

Лінійна суперпозиція сорбційної ємності механічної суміші силікагелю та натрій сульфату, розрахована за рівнянням (1), становить 0,66 г/г. Аналогічно обчислено лінійну суперпозицію сорбційної ємності механічної суміші силікагелю та натрій ацетату, яка дорівнює 0,32 г/г. Це свідчить про те, що сорбційні властивості синтезованих композитних сорбентів «силікагель/кристалогідрат» не є лінійною комбінацією властивостей силікагелю і масивної солі, тобто синтезовані

композитні сорбенти мають унікальну структуру, яка підвищує швидкості протікання реакцій між кристалогідратами та парами води в розвинених порах кремній-кисневої матриці.

Далі було проведено випробування синтезованих композитних сорбентів у сонячному адсорбційному холодильнику. Критерієм ефективності подібних пристроїв є холодильний коефіцієнт.

Холодильний коефіцієнт циклу визначали як співвідношення тепла, яке відбирається в холодильній камері, до тепла, яке потрібно затратити на регенерацію адсорбенту:

$$COP_{II} = \frac{m_B \cdot (h_v - C_B \cdot \Delta T_B)}{m_k \cdot C_k \cdot \Delta T_k + m_B \cdot C_B \cdot \Delta T_B + m_B \cdot H}, \quad (2)$$

де m_k , m_B – відповідно маса композита і сорбованої води, кг;

C_k , C_B – відповідно теплоємність композита та води, кДж/кг·°С;

ΔT_k – зміна температури композита від температури навколишнього середовища до температури десорбції, °С;

ΔT_B – зміна температури води від температури випаровування до температури десорбції, °С;

H – теплота десорбції води, що дорівнює 2850 кДж/кг;

h_v – теплота випару води, що становить 2420 кДж/кг.

Найпоширенішим методом визначення COP сонячного холодильника є розгляд усієї сонячної енергії, яку отримує поверхня сонячного колектора (Q_s). Таким чином, сонячний COP визначається як:

$$COP_s = \frac{Q_e}{Q_s}. \quad (3)$$

Сонячна енергія, що надходить у систему (Q_s), дорівнює добутку площі поверхні сонячного колектора (A_c) та інтегрованого потоку сонячної радіації на поверхню колектора (G) за один день роботи:

$$Q_s = A_c \cdot \int_0^{24 \cdot 3600} G dt, \quad (4)$$

$$COP_s(b) = \frac{\Delta m_r \cdot [h_{v,r} - C_{p,r} \cdot (T_c - T_e)]}{A_c \cdot \int_0^{24 \cdot 3600} G dt}, \quad (5)$$

де Δm_r – маса холодоагента, що десорбується в один цикл, кг;

$h_{v,r}$ – прихована теплота пароутворення;

$C_{p,r}$ – питома теплоємність рідкого холодоагента, кДж/кг·°С;

T_c – температура конденсації;

T_e – температура випаровування, °С.

У табл. 1 наведено розрахункові значення основних конструктивних параметрів сонячного адсорбційного холодильника за методикою, описаною в [16, с. 178], для різних об'ємів холодильної камери. Коефіцієнт запасу площі колектора при розрахунках прийнято 2, а коефіцієнт заповнення холодильної камери – 0,5.

У табл. 2 наведено дані з інтенсивності сумарного середньодобового сонячного випромінювання для періоду з травня по вересень при встановленні сонячного колектора під кутом 30° до горизонту в південній орієнтації в м. Дніпропетровськ та результати розрахунку COP за формулами

Таблиця 1. Основні конструктивні параметри сонячного адсорбційного холодильника

Сорбент	V_{k2} , м ³	m_B , кг	m_S , кг	Q_s , кДж	F_k , м ²
«сілікагель/Na ₂ SO ₄ »	0,181	6,13	13,93	18496,04	5,6
	0,125	4,50	10,20	13466,40	4,1
	0,640	2,55	5,80	7697,01	2,3
«сілікагель/CH ₃ COONa»	0,181	6,13	6,13	17710,95	5,4
	0,125	4,50	4,50	12894,80	3,9
	0,640	2,55	2,55	7370,40	2,2

Примітка. V_{k2} – об'єм холодильної камери; m_B – маса води, необхідна для забезпечення безперервної роботи холодильника; m_S – маса сорбенту; Q_s – тепло, необхідне для регенерації адсорбенту; F_k – площа колектора, який може покрити це теплове навантаження.

Таблиця 2. Коефіцієнт продуктивності адсорбційного холодильника

Місяць року	Сумарне середньодобове значення сонячного випромінювання (кВт·год/м ²)	«сілікагель/Na ₂ SO ₄ »		«сілікагель/CH ₃ COONa»	
		COP _{II}	COP _s (b)	COP _{II}	COP _s (b)
Травень	5,99	1,084	0,130	1,021	0,189
Червень	5,86	1,084	0,133	1,021	0,193
Липень	6,06	1,084	0,128	1,021	0,187
Серпень	5,66	1,084	0,137	1,021	0,200
Вересень	4,41	1,084	0,176	1,021	0,257

(4) та (5) з використанням наведеної інтенсивності для роботи адсорбційного холодильника на основі композитних сорбентів «силікагель/ CH_3COONa » та «силікагель/ Na_2SO_4 ».

Незважаючи на різну масу сорбенту (різниця приблизно у 2 рази), величина холодильного коефіцієнта циклу $\text{COP}_{\text{ц}}$ для обох матеріалів є величиною майже одного порядку. Це зумовлено більш низькою температурою регенерації композита «силікагель/натрій ацетат» (60°C) в порівнянні з «силікагель/натрій ацетат» (90°C). Навпаки, значення експлуатаційних холодильних коефіцієнтів установок на основі «силікагель/ CH_3COONa » приблизно у 2 рази вище в порівнянні з композитом «силікагель/ Na_2SO_4 », що пов'язано з більш низькою температурою регенерації сорбенту «силікагель/ CH_3COONa ». Ефективність роботи адсорбційного холодильника на основі композитного сорбенту «силікагель/ CH_3COONa » вища за результати, отримані під час роботи аналогічного

холодильника на основі композитного сорбенту «силікагель/ Na_2SO_4 », це пояснюється нижчою температурою регенерації композита «силікагель/ CH_3COONa ». Отже, отримані результати є конкурентоспроможними та перебувають у тих самих рамках, що й результати, здобуті для аналогічних пристроїв науковцями із зарубіжних країн.

Висновки

Проведено синтез та досліджено основні властивості композитних матеріалів «силікагель/ CH_3COONa » і «силікагель/ Na_2SO_4 », а також експлуатаційні характеристики адсорбційних холодильників на їхній основі. З огляду на екологічні переваги та незалежність від традиційних джерел енергії адсорбційні холодильники є дуже привабливими для подальшого розвитку та постають потенційною альтернативою традиційним системам у майбутньому.

Список літератури

1. Brown S. J. Review of alternative cooling technologies / J. Steven Brown, Piotr A. Domanski // *Applied Thermal Engineering*. – 2014. – Vol. 64, Is. 1–2. – P. 252–262.
2. Review and future trends of solar adsorption refrigeration systems / M. S. Fernandes, G. J. V. N. Brites, J. J. Costa [et al.] // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. – 2014. – Vol. 39. – P. 102–123.
3. Simulation of a solid sorption ice-maker based on the novel composite sorbent “lithium chloride in silica gel pores” / G. Maggio, L. G. Gordeeva, A. Freni [et al.] // *Applied Thermal Engineering*. – 2009. – Vol. 29, Is. 8–9. – P. 1714–1720.
4. A stand-alone solar adsorption refrigerator for humanitarian aid / G. Santori, S. Santamaria, A. Sapienza [et al.] // *Solar Energy*. – 2014. – Vol. 100. – P. 172–178.
5. Khattab N. M. A novel solar-powered adsorption refrigeration module / N. M. Khattab // *Applied Thermal Engineering*. – 2004. – Vol. 24, Is. 17–18. – P. 2747–2760.
6. Kanoğlu M. Energy and exergy analyses of an experimental open-cycle desiccant cooling system / Mehmet Kanoğlu, Melda Özdiç Çarpınhoğlu, Murtaza Yıldırım // *Applied Thermal Engineering*. – 2004. – Vol. 24, Is. 5–6. – P. 919–932.
7. Study on gradient thermal driven adsorption cycle with freezing and cooling output for food storage / F. P. Song, L. X. Gong, L. W. Wang, R. Z. Wang // *Applied Thermal Engineering*. – 2014. – Vol. 70, Is. 1. – P. 231–239.
8. A resorption refrigerator driven by low grade thermal energy / H. S. Bao, R. Z. Wang, L. W. Wang // *Energy Conversion and Management*. – 2011. – Vol. 52, Is. 6. – P. 2339–2344.
9. Isothermal sorption characteristics of the $\text{BaCl}_2\text{-NH}_3$ pair in a vermiculite host matrix / Y. Zhong, R. E. Critoph, R. N. Thorpe [et al.] // *Applied Thermal Engineering*. – 2007. – Vol. 27, Is. 14–15. – P. 2455–2462.
10. Experimental study of a novel $\text{CaCl}_2/\text{expanded graphite-NH}_3$ adsorption refrigerator / S. L. Li, Z. Z. Xia, J. Y. Wu [et al.] // *International Journal of Refrigeration*. – 2010. – Vol. 33, Is. 1. – P. 61–69.
11. Structure and adsorption properties of the composites ‘silica gel – sodium sulphate’, obtained by sole – gel method / Kostyantyn M. Sukhyu, Elena A. Belyanovskaya, Yaroslav N. Kozlov [et al.] // *Applied Thermal Engineering*. – 2014. – Vol. 64. – P. 408–412.
12. Пат. 80698 У Україна, МПК (2013.01) C09K 5/00. Теплоакмулюючий матеріал / Сухий К. М., Сухий М. П., Беляновська О. А., Коломієць О. В., Козлов Я. М., Аміррулоєв Р. С. (Україна); заявник і патентовласник Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет». – № у 2012 14079; заявл. 10.12.2012; опубл. 10.06.2013, Бюл. № 11.
13. Пат. 81607 А Україна, МПК (2013.01) C09K 5/00. Композиційний теплоакмулюючий матеріал / Сухий К. М., Сухий М. П., Беляновська О. А., Козлов Я. М., Коломієць О. В. (Україна); заявник і патентовласник Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет». – № у 2012 14046; заявл. 10.12.2012; опубл. 10.07.2013, Бюл. № 13.
14. Пат. 86227 Україна, МПК F25B 17/00. Адсорбційний холодильник / Сухий К. М., Сухий М. П., Коломієць О. В. [та ін.]; заявник і патентовласник Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет». – № у 2013 05136; заявл. 22.04.2013; опубл. 25.12.2013, Бюл. № 24.
15. Дослідження роботи сонячного адсорбційного холодильника на основі композитного сорбенту «силікагель/ Na_2SO_4 » / О. В. Коломієць, Я. М. Козлов, К. М. Сухий [та ін.] // *Інтегровані технології та енергозбереження*. – 2014. – № 4. – С. 86–88.
16. Основні робочі характеристики сонячного адсорбційного холодильника на основі композитного сорбенту «силікагель/ Na_2SO_4 » / О. В. Коломієць, О. А. Беляновська, К. М. Сухий [та ін.] // *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*. – 2015. – № 47, т. 2. – С. 176–181.

O. Kolomiyets, K. Sukhyy, O. Belyanovska, P. Vakuliuk, V. Tomilo, O. Prokopenko

GENERAL OPERATING PROPERTIES OF COMPOSITE SORBENTS “SILICA GEL SODIUM SULPHATE” AND “SILICA GEL/SODIUM ACETATE” FOR ADSORPTIVE CHILLERS

This study considers water vapors adsorption kinetics with composite sorbents of ‘silica gel / sodium sulphate and ‘silica gel / sodium acetate’ and operating properties of solar adsorptive chillers on their basis. Adsorptive properties of these materials are investigated. Sorption capacities of composites ‘silica gel / sodium sulphate’ and ‘silica gel / sodium acetate’ are determined to be 0.85 g/g and 0.42 g/g, respectively, being in excess of mechanical mixtures of silica gel and massive salts no less than third. Key features of sorption kinetics of water vapors with massive salts and composite sorbents are revealed. Kinetic regime of hydration of massive salts is confirmed. Rate-determinant factor for water vapors adsorption with composites ‘silica gel / sodium sulphate’ and ‘silica gel/sodium acetate’ is water diffusion in pore systems of adsorbents. The structures of composite sorbents are shown to facilitate the reactions of salts and water vapors in the developed pore system of silicon-oxygen matrix. The influence of materials on the design factors and the coefficient of energy performance of adsorptive chillers is shown. Despite the fact that the composite masses ratio of ‘silica gel / Na₂SO₄’ to ‘silica gel / CH₃COONa’ is close to 2, effectiveness of cycles is virtually the same. Solar collector surfaces are estimated to be approximately the same depending on the chilling box volume as both composites used. Coefficients of energy performance of the cycle of solar adsorptive chillers when composites ‘silica gel / Na₂SO₄’ and ‘silica gel / CH₃COONa’ were used are stated to be 1.084 and 1.021. Solar energy considered, net coefficients of energy performance of solar adsorptive chiller based on composite ‘silica gel / Na₂SO₄’ ranged from 0.130 to 0.176 from April through September. When composite ‘silica gel – sodium acetate’ was used, during the same period coefficient of energy performance of adsorptive chiller varies from 0.189 to 0.257. Revealed regularities are explained to be caused by the difference in regeneration temperature of both composites, being 90 °C for composite ‘silica gel / sodium sulphate’ and 60 °C for ‘silica gel / sodium acetate’.

Keywords: composite adsorbent, adsorption refrigerators, refrigerating factor.

Матеріал надійшов 18.01.2015

УДК 661.183:678.66:678.84

Будзінська В. Л., Слісенко О. В., Бей І. М., Юхименко Н. М.

ВПЛИВ АМІНОСИЛАНУ НА ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ОРГАНОСИЛІКАТНИХ СИСТЕМ

Синтезовано органосилікатні композити, які містять функціоналізований реагент – аміносилян. Методом ІЧ-спектроскопії та термогравіметрії визначено хімізм формування органосилікатних композитів. Встановлено, що введений аміносилян виступає в ролі «спейсера», хімічно зв'язуючи неорганічну та органічну складові композита. Створені органосилікатні композити характеризуються більш однорідною структурною впорядкованістю, яка визначає високі фізико-механічні властивості кінцевих матеріалів.

Ключові слова: органосилікатні композити, аміносилян, функціоналізований «спейсер», структура композита, фізико-механічні параметри.

© Будзінська В. Л., Слісенко О. В., Бей І. М., Юхименко Н. М., 2016