

В табл. 3 наведено розрахунки відходів 2003 р. (з вологістю 14 %).

Таблиця 3

**Розрахунок біопотенціалу в Львівській області**

Вид біомаси	Коефіцієнт відходів	Коефіцієнт доступності	Валовий збір	Кількість відходів	Кількість біомаси придатної для отримання енергій	
					%	тис. т
Злакові культури	1,625	0,85	576,9 (тис. т)	490,36 (тис. т)	20	98,07
Кукурудза на зерно	1,2	0,7	41 (тис. т)	28,7 (тис. т)	50	14,35
Цукровий буряк	0,4	0,4	422,1 (тис. т)	168,84 (тис. т)	50	84,42
Соняшник	3,7	0,4	0,4 (тис. т)	0,16 (тис. т)	50	0,08
Деревина	0,55	0,9	858991 (м <sup>3</sup> )	4552000 (м <sup>3</sup> )	40	227600 (м <sup>3</sup> )

**Висновок.** Опираючись на проведені аналізи статистичних даних Львівської області, можна з упевненістю зробити висновок, що вона є одним з основних джерел біосировинної бази України.

1. *Екологія Львівщини 2002 рік // Державне управління екології та природних ресурсів в Львівській області. – Львів, 2003.* 2. *Екологія Львівщини 2002 рік // Державне управління екології та природних ресурсів в Львівській області. – Львів, 2004.* 3. *Статистичний щорічник 2003 року. Ч. I–II // Державний комітет статистики України. Головне управління статистики у Львівській області. – Львів, 2004.* 4. *Статистичний збірник сільського господарства України 2003 р. // Державний комітет статистики України. – К., 2004.*

УДК 66.047

**Я.М. Ханик, Т.І. Римар, О.М. Креховецький**  
 Національний університет “Львівська політехніка”,  
 кафедра хімічної інженерії

**КІНЕТИКА СУШІННЯ ДРІБНОКУСКОВОЇ ГЛИНИ  
 КОМБІНОВАНИМ МЕТОДОМ**

© Ханик Я.М., Римар Т.І., Креховецький О.М., 2005

**Наведено і проаналізовано кінетичні залежності зміни вологості дрібнокускової глини залежно від умов ведення процесу. Також наведено розрахунки швидкості сушіння матеріалу у період постійної швидкості.**

**It is resulted and the changes of humidity of clay kinetic to dependence are analysed depending on the terms of conduct of process. The calculations of speed of drying of these materials in a period permanent speed are also resulted.**

**Постановка проблеми.** Для сушіння дрібнокускових, сипких матеріалів і порошків у керамічній промисловості використовують різні конструкції сушарок неперервної дії (барабанні, пневматичні і розпилюючі). Процес зневоднення у таких апаратах відчутно впливає на економіку виробництва, оскільки його здійснення потребує значних енергетичних затрат, які становлять 10–20 % від собівартості готових виробів [1].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій** показує, що доцільно дослідити процес сушіння подібних матеріалів, використовуючи сучасні методи зневоднення. Існуючі методи сушіння енергоємні, а сушарки займають значні виробничі площі.

**Постановка завдання.** Для отримання обґрунтованих наукових даних, стосовно доцільності використання сучасних методів сушіння глиняних мас, були приведені теоретичні та експериментальні дослідження, що дало можливість порівняти кінетичні та енергетичні показники з дослідженими традиційними методами сушіння.

Сушіння дрібнокускової глини проводилось із застосуванням комбінованого сушіння (конвективний метод з ІЧ нагріванням та профільтовуванням теплоносія через шар матеріалу). Цей метод дає змогу отримати тепло не тільки завдяки теплової енергії газів, а і тепло ІЧ випромінювання, яке рухається крізь шар вологого матеріалу. Дослідження проводилось в діапазоні зміни температури 80–175 °С; швидкості теплоносія 0,4–1,2 м/с та товщини шару матеріалу  $(20\text{--}60)\cdot 10^{-3}$  м.

Вплив швидкості руху теплоносія на кінетику процесу сушіння графічно зображено на рис. 1–2, з яких можна зробити висновок, що зневоднення відбувається як у першому, так і другому періодах. Збільшення швидкості теплоносія від 0,4 до 1,2 м/с (утричі) приводить до зменшення часу сушіння від 3300 с до 4725 с (у 1,4 раза) і до збільшення швидкості зневоднення у першому періоді з  $7,58\cdot 10^{-3}$  до  $11,52\cdot 10^{-3}$  %/с.

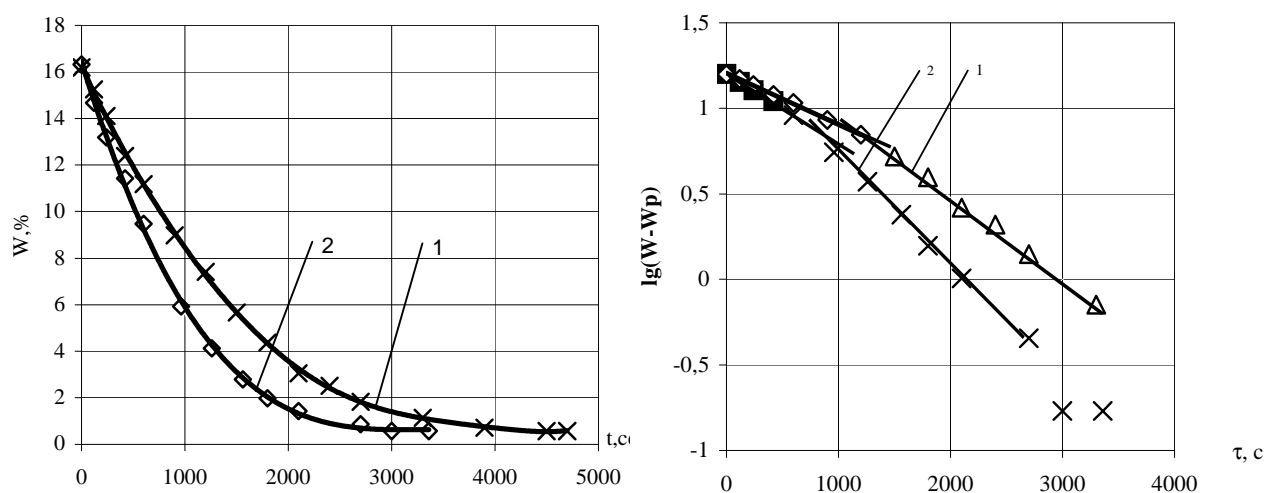


Рис. 1–2. Зміна вологості висушуваного матеріалу під час сушіння залежно від швидкості теплоносія: 1 – 0,4 м/с; 2 – 1,2 м/с. Висота шару матеріалу  $50\cdot 10^{-3}$  м. Температура теплоносія 150 °С

Вплив висоти шару матеріалу на кінетику процесу сушіння графічно зображено на рис. 3–4. Із зростанням висоти шару глини від  $20\cdot 10^{-3}$  м до  $60\cdot 10^{-3}$  м (утричі) загальний час сушіння зростає від 3000 с до 4850 с (у 1,6 раза). Зміна швидкості сушіння  $N$  при цьому зменшується від  $18\cdot 10^{-3}$  до  $6,5\cdot 10^{-3}$  %/с.

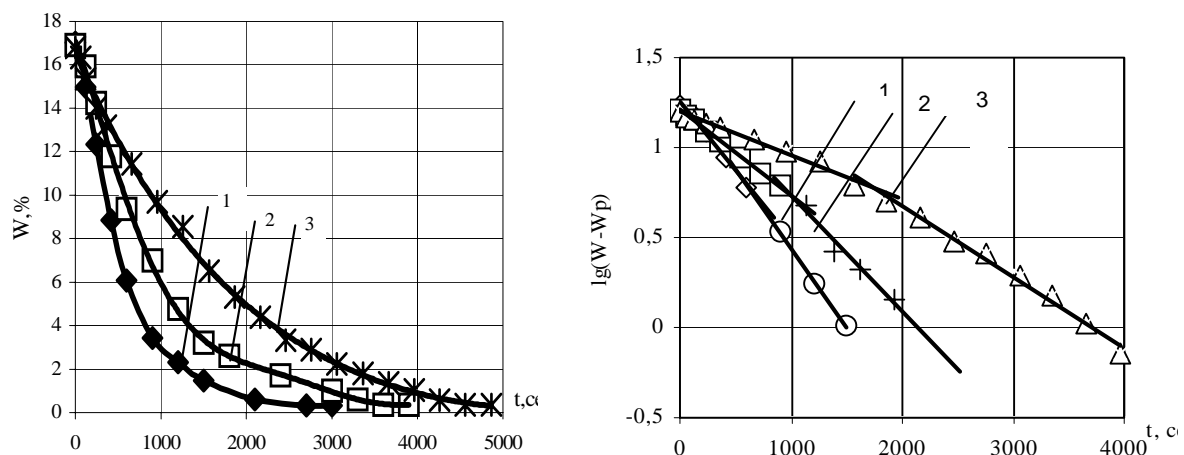


Рис. 3–4. Зміна вологості висушуваного матеріалу під час сушіння залежно від висоти шару матеріалу: 1 –  $20\cdot 10^{-3}$  м; 2 –  $40\cdot 10^{-3}$  м; 3 –  $60\cdot 10^{-3}$  м. Швидкість теплоносія 0,4 м/с. Температура теплоносія 150 °С

Підвищення температури теплоносія, що показано на рис. 5–6, від 80 °С до 175 °С (у 2,18 раза) приводить до зменшення часу сушіння від 5650 с до 3000 с (у 1,9 раза) і приводить до зростання швидкості сушіння у 2,3 раза,  $N$  змінюється від  $15,3 \cdot 10^{-3}$  до  $6,7 \cdot 10^{-3}$  %/с.

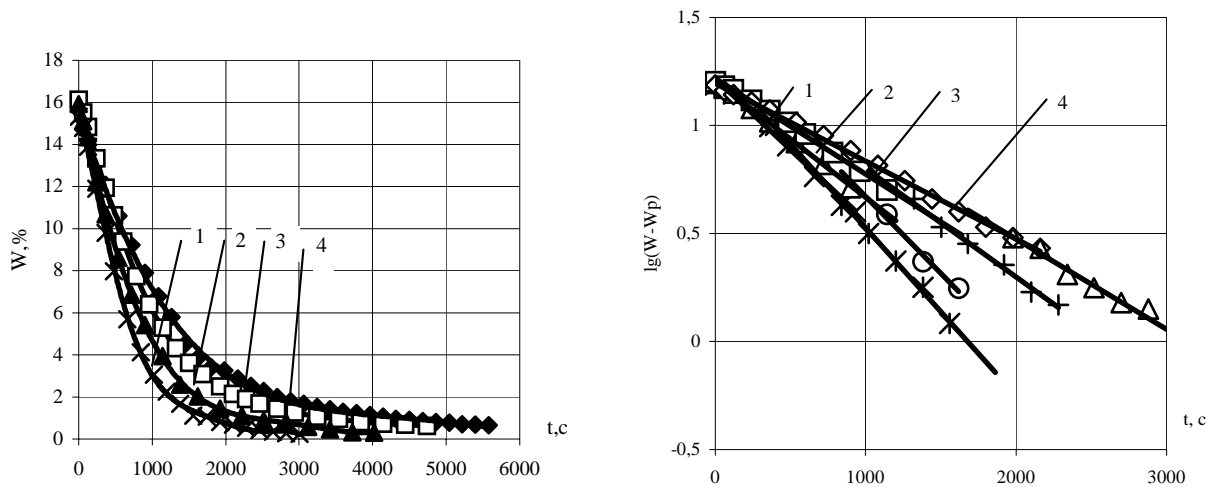


Рис. 5–6. Зміна вологості висушуваного матеріалу під час сушіння залежно від температури теплоносія: 1 – 175 °С; 2 – 150 °С; 3 – 110 °С; 4 – 80 °С. Висота шару матеріалу  $30 \cdot 10^{-3}$  м. Швидкість теплоносія 0,4 м/с

Кінетичні криві (рис. 1–6) характеризуються незначним у часі першим періодом, упродовж якого випаровується  $\sim 70$  % вологи, і значним за часом другим періодом сушіння. У періоді постійної швидкості відбувається випаровування поверхневої вологи та винесення її рухомих потоком теплоносія із зони сушіння. Вологість дрібнокускової глини змінюється від  $\sim 16$  % до критичної вологості 8–7 %, відповідно, у другому періоді від критичної вологості до кінцевої (0,8–0,3 %). Другий період і його тривалість зумовлені випаровуванням адсорбційно зв'язаної вологи і осмотичної вологи. Тривалість другого періоду зростає із збільшенням висоти шару матеріалу, а також із зменшенням температури теплоносія.

У першій критичній точці вологовміст на поверхні матеріалу дорівнює гігроскопічному вологовмісту. Волога випаровується із поверхні матеріалу при поступовому збільшенні температури поверхні від температури мокрого термометра до температури теплоносія. При цьому явищі спостерігається “зсідання” матеріалу, внаслідок чого зменшується поверхня тепло- і волого-обміну. Відповідно інтенсивність сушіння в період постійної швидкості дорівнює інтенсивності випаровування вологи з вільної поверхні [2]:

$$j_n = \alpha_p (p_n - p_c) = Nu_m \frac{D_p}{\ell} (p_n - p_c), \quad (1)$$

де  $D_p$  – коефіцієнт дифузії пари у повітрі, віднесений до різниці парціальних тисків,  $\text{м}^2/\text{с}$ ;  $\ell$  – довжина поверхні тіла вздовж потоку газу, м;  $j_n$  – інтенсивність сушіння,  $\text{кг}/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ ;  $p_c$  – парціальний тиск середовища, Па;  $p_n$  – парціальний тиск на поверхні, Па;  $\alpha_p$  – коефіцієнт волого-обміну, віднесений до різниці парціальних тисків,  $\text{с}/\text{м}^2$ ;  $Nu_m$  – масообмінне число Нуссельта.

У період падаючої швидкості інтенсивність сушіння  $j_n$  неперервно зменшуються упродовж часу. Зміна інтенсивності сушіння відбувається за складними залежностями, що визначаються формою зв'язку вологи з матеріалом і механізмом переміщення вологи і тепла всередині матеріалу.

Упродовж другого періоду сушіння лімітується молекулярною дифузиею вологи із внутрішніх шарів матеріалу до поверхні. Цей процес описується законом Фіка [3]:

$$M = -D \cdot F^* \cdot \tau \cdot \frac{dc}{dn}, \quad (2)$$

де  $M$  – маса речовини, що переноситься, кг;  $F^*$  – поверхня перенесення речовини молекулярною дифузиею,  $\text{м}^2$ ;  $\tau$  – час, с;  $\frac{dc}{dn}$  – градієнт концентрацій;  $D$  – коефіцієнт молекулярної дифузії,  $\text{м}^2/\text{с}$ .

Так, у період падаючої швидкості концентрація вологи у матеріалі незначна. Внаслідок збільшення термічного опору сухої поверхні матеріалу, коефіцієнт теплопровідності її зменшується, оскільки поверхня частин матеріалу є сухою, і підведення тепла за рахунок конвективного теплообміну є незначним. Внаслідок цього рушійна сила передачі тепла від теплоносія до поверхні матеріалу зменшується, оскільки температура поверхні частин у другому періоді зростає, на відміну від температури теплоносія, яка є постійною.

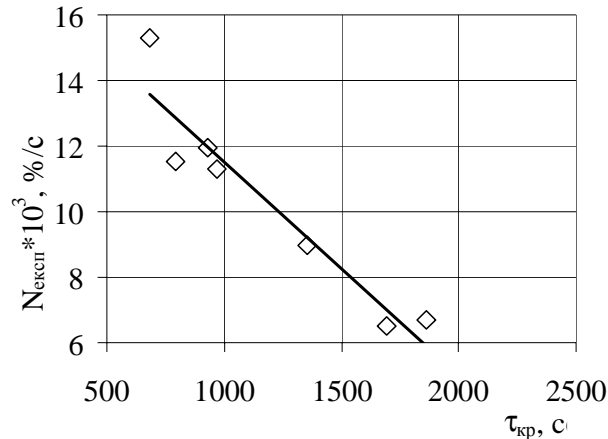


Рис. 7. Залежність  $\tau_{кр}$  від швидкості сушіння  $N$

На основі отриманих результатів проведено узагальнення з кінетики процесу сушіння. Залежність  $\tau_{кр}$  від швидкості сушіння  $N_{експ}$  наведено на рис. 7 і описується рівнянням:

$$\tau_{кр} = 2770 - 153,85 \cdot N, \quad (3)$$

похибка результату при цьому становить  $\sim 10\%$ .

**Висновок.** Визначені нами залежності дають можливість спрогнозувати кінетику сушіння і розрахувати загальний час процесу залежно від параметрів теплоносія та геометрії шару матеріалу.

1. Левченко П.В. Расчет печей и сушил силикатной промышленности. – М.: Высшая школа, 1968. – 365 с.
2. Касаткин А.Г. Процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1973.
3. Лыков А.В. Теория сушки. – М.: Энергия, 1968. – 472 с.

УДК 66.047

В.П. Дулеба, Л.З. Білецька, П.Б. Дуда  
 Національний університет “Львівська політехніка”,  
 кафедра хімічної інженерії

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОСАДЖЕННЯ ПОЛІАКРИЛАМІДУ 8 %-ГО ВОДНОГО РОЗЧИНУ

© Дулеба В.П., Білецька Л.З., Дуда П.Б., 2005

Проведено дослідження процесу осадження поліакриламід у за допомогою різних органічних речовин, з метою одержання його у сухому вигляді.

Research of process of besieging of poliacrilamidou is conducted by means different organic matters, with the purpose of receipt of him in a dry kind.

**Постановка проблеми.** Полімери та співполімери акриламід у (АА) належать до доступних і порівняно недорогих водорозчинних полімерів з унікальним комплексом прикладних властивостей.