

**Рис. 2 – Залежність коефіцієнта заповнення від концентрації КОН і торфу**

#### Висновки

За результатами досліджень було отримано математичну залежність між концентраціями водного розчину лугу калю і торфу та розмірами флокул при сушинні цих розчинів. Було встановлено, що зі зменшенням концентрації лугу КОН від 3,5 % до 1 % та зменшенням концентрації торфу від 2 % до 1% за стабільної температури 95 °C відбувається різкий спад коефіцієнта заповнення.

#### Література

- Корнієнко Я. М. Засади техногенної безпеки в агропромисловому комплексі України / Я. М. Корнієнко, Я. М. Заграй, А. І. Буджерак // Наукові вісті НТУУ “КПІ”. – 2001. - № 3. – С.129-135.
- Плановский А.Н., Муштаев В.И., Ульянов В.М. Сушка дисперсных материалов в химической промышленности. – М.: Химия, 1979. – 288с.
- Я.М.Корнієнко. Технічні способи грануляції. Навч. Посібник.-К.:ІЗММ, 1997-128с.

УДК 66.047.541

## КІНЕТИКА СУШІННЯ КРИСТАЛІЧНОГО БІШОФІТУ

**Марчевський В.М., к.т.н проф., Улітько Р.М., аспірант, Галстян А.С., студент  
Національний технічний університет України “КПІ”, м. Київ**

*В роботі наведені результати дослідження кінетики сушіння кристалічного бішофіту, дано аналіз кривих сушіння, показано, що зі збільшенням щільності теплового потоку збільшується час сушіння в другому періоді. Результати узагальнені графічною залежністю. Отримано рівняння узагальненої залежності.*

*In paper the results of investigation of bishofit in crystal form drying kinetics are presented. The analysis of drying curves is given and cited that time for drying in second period is increased with increase of heat flow density. The equation of summary curve is given.*

**Ключові слова:** бішофіт, кінетика сушіння, узагальнена залежність.

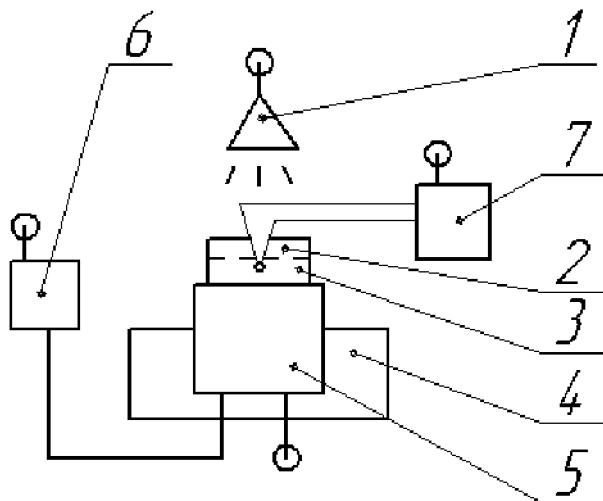
Кристалічний бішофіт  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$  містить 47 % хлористого магнію і 53 % кристалогідратної води [1]. Багатофункціональність застосування цього цінного матеріалу обумовлює значний попит ринку.

Особливим попитом користується кристалічний бішофіт, який містить мінімальну кількість домішок. В СНД і в Україні промислове виробництво кристалічного бішофіту відсутнє. Два потужних родовища бішофіту освоєні на рівні видобутку 30 % розчину бішофіту. Спроби налагодити виробництво кристалічного бішофіту наштовхнулись на труднощі в здійсненні процесу сушіння кристалів. В процесі сушіння бішофіт комкується, а за температури біля 100 °C починається втрата води кристалогідратами та гідроліз хлористого магнію, що призводить до зменшення виходу  $MgCl_2 \cdot 6H_2O$  та зниження його якості продуктами гідролізу.

Результати досліджень з даної проблеми в літературних джерела описані недостатньо для розробки обладнання для сушіння бішофіту [2].

Тому темою даної роботи є дослідження кінетичних закономірностей сушіння бішофіту для отримання результітів, необхідних для проектування сушарки.

Кінетичні закономірності сушіння бішофіту досліджувались на лабораторній установці (рис. 1), яка складається з джерела інфрачервоного випромінювання потужністю 250 Вт, електронних ваг, які дають можливість фіксації результатів вимірювань маси зразка на комп’ютері 6 з точністю 0,001 г та частотою три заміри на секунду.



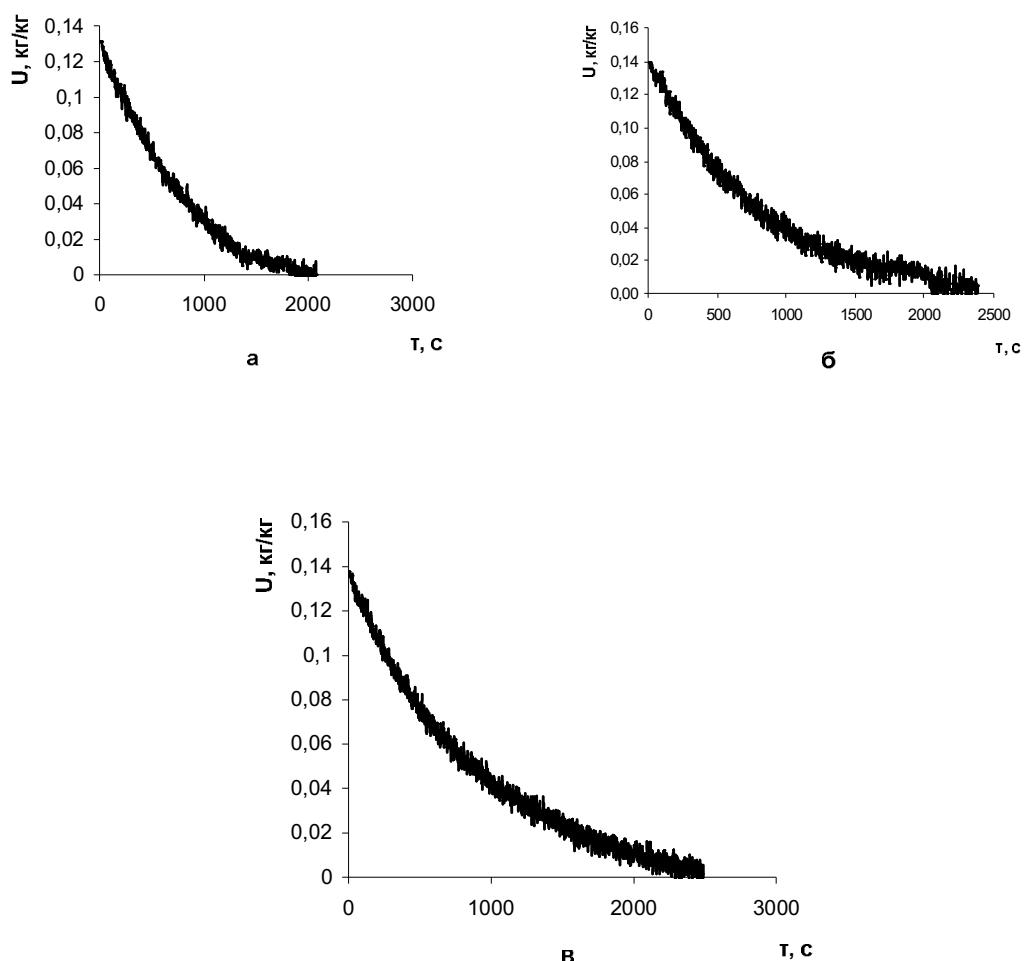
1 — джерело інфрачервоного випромінювання; 2 — бокса; 3 — зразок бішофіту;  
4 — захисний екран; 5 — електронні ваги; 6 — комп’ютер;  
7 — цифровий прилад для вимірювання температури.

**Рис. 1 – Лабораторна установка для дослідження сушіння кристалічного шести водного хлориду магнію (бішофіту)**

Експериментальні дослідження проведені в межах щільності теплових потоків  $0,93 \div 1,45 \text{ кВт}/\text{м}^2$  та температур  $65 \div 90^\circ\text{C}$ , за яких бішофіт не плавиться. На основі результатів проведених дослідів побудовані криві сушіння, що зображені на (рис. 2).

Аналіз кривих сушіння показує, що після невеликого часу нагрівання кристалів бішофіту до температури мокрого термометра, практично зразу починається перший період сушіння, який протікає з постійною швидкістю в межах вологомісту від  $U_1 = 0,14$  до  $U_2 = 0,085 \text{ кг}/\text{кг}$ .

Зі збільшенням щільності теплового потоку, який створює випромінювач, швидкість сушіння в першому періоді збільшується в межах від  $1,32 \cdot 10^{-4}$  до  $1,5 \cdot 10^{-4} \text{ с}^{-1}$ .

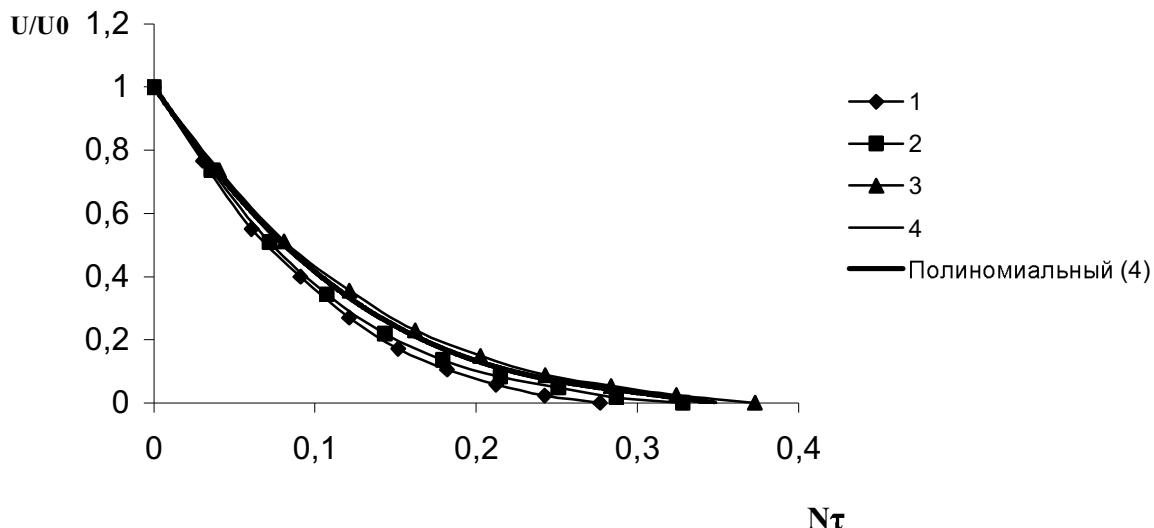


*a, б, в — криві сушіння при щільності теплового потоку 0,93; 1,21; 1,45  $kW/m^2$ .*

**Рис. 2 – Залежність вологовмісту  $U$  від часу  $\tau$**

В другому періоді відбувається поступове зменшення швидкості сушіння по степеневому закону. При цьому із збільшенням щільноти теплового потоку час сушіння в другому періоді збільшується і відповідно збільшується загальний час сушіння. Таку аномальнію процесу сушіння, очевидно, можна пояснити початком видалення води з кристалогідратів. В результаті хімічного процесу втрати води крива сушіння значно довше виходить на рівноважне положення  $dU/d\tau = 0$ . Це явище необхідно враховувати в математичному описенні процесу сушіння та при розрахунках критичної температури процесу і апарату для сушіння термолабільного біофіту.

Для узагальнення кінетичних закономірностей процесу сушіння кристалічного біофіту отримані криві сушіння, які представлені на (рис. 3) у вигляді суміщеної кривої сушіння —  $dU/d\tau = f(Nt)$  [3].



1,2,3 – крива сушіння при  $q_1 = 0,93$ ,  $q_2 = 1,21$ ,  $q_3 = 1,45 \text{ кВт/м}^2$ ;  
4 – суміщенна крива сушіння.

**Рис. 3 – Залежність  $U/U_0=f(N\tau)$**

Суміщенна крива сушіння з достатньою точністю апроксимує дані експериментальних кривих.

Отримано рівняння суміщеної кривої яке описує кінетичні закономірності процесу в межах щільності теплового потоку від 0,93 до 1,45  $\text{kVt/m}^2$ :

$$U/U_0 = -24,577 \cdot (N\tau)^4 - 5,1518 \cdot (N\tau)^3 + 18,373 \cdot (N\tau)^2 - 7,6159 \cdot (N\tau) + 1,0019,$$

де  $U/U_0$  – відносний вологовміст;

$N$  – постійна швидкість в першому періоді сушіння,  $\text{s}^{-1}$ ;

$\tau$  – час сушіння, с.

### Висновки

1. Встановлено особливості кінетичних закономірностей процесу сушіння бішофіту.
2. Результати експериментальних досліджень представлено графічними залежностями  $U = f(\tau)$ , які узагальнені графічною залежністю  $U/U_0 = f(N\tau)$ .
3. Отримано рівняння суміщеної кривої, яке з достатньою точністю (кофіцієнт кореляції  $R^2 = 0,999$ ) описує експериментальні результати.

В подальших дослідженнях планується встановити залежність швидкості сушіння в першому періоді від параметрів процесу, що дасть змогу виконувати розрахунки кінетики сушіння бішофіту в межах досліджених параметрів.

### Література

1. Holleman, A.F.; Wiberg, E. “Inorganic Chemistry” Academic Press: San Diego, 2001. ISBN 0-12-352651-5.
2. Лебедев О.А. “Виробництво магнію електролізом”. – М.: “Металургія” – 1988. – 38 – 39 с.
3. Ликов А.В. Теорія сушіння. – М.: “Енергія”” – 1968. – 472 с.