

О.А. Нагурський, І.М. Чопко, Я.М. Гумницький  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра екології та охорони навколишнього середовища

## ВИЗНАЧЕННЯ КІНЕТИЧНИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ПРИ НЕСТАЦІОНАРНОМУ ТЕПЛООБМІНІ В КИПЛЯЧОМУ ШАРІ

© Нагурський О.А., Чопко І.М., Гумницький Я.М., 2004

Одним із методів захисту довкілля від надлишкових мінеральних добрив є регулювання їхньої розчинності за допомогою функціональної оболонки. Виробництво таких матеріалів містить стадію капсулювання. Якість покриття поряд з іншими параметрами визначає і температурний режим. Тут визначено комбінований коефіцієнт тепловіддачі від псевдозріджуючого агента до дисперсного матеріалу.

One of methods of environmental protection from exuberant mineral fertilizers is regulation of their dissolubility through a functional shell. Effecting of such stuffs actuates stage of capsulation. The quality of cover together with other parameters determines also temperature schedule. The activity is dedicated to definition of a combined heat-transfer coefficient from the fluidising agent to a dispersed stuff.

**Постановка проблеми.** Інтенсивний розвиток сільськогосподарського виробництва сприяє широкому застосуванню агрохімічних препаратів. Це, в свою чергу, призводить до виникнення екологічних проблем, пов'язаних із забрудненням літо- та гідросфери залишковими мінеральними добривами та засобами захисту рослин. Із сільськогосподарських угідь атмосферними опадами вимивається приблизно 40–60 % внесених легкорозчинних мінеральних добрив [1]. Одним із методів вирішення таких проблем є створення мінеральних добрив із контрольованою розчинністю нанесенням на їх поверхню оболонки на основі полімерних матеріалів.

Виробництво мінеральних добрив є великотоннажним, тому для їх капсулювання необхідно застосовувати високоінтенсивні апарати. Оскільки мінеральні добрива є дисперсним матеріалом, то для їх капсулювання доцільним є використання апаратів киплячого шару. Такі установки широко застосовуються для нанесення покриття на фармацевтичні препарати [2]. Вони дають змогу отримувати якісне покриття, яке відповідає жорстким фармакопейним стандартам. У цій галузі застосовують апарати періодичної дії, що зумовлено високими вимогами до покриття та малими обсягами виробництва. В умовах виробництва мінеральних добрив застосування апаратів періодичної дії призведе до збільшення питомих економічних витрат.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Існуючі апарати киплячого шару неперервної дії мають ряд недоліків, які обмежують їх застосування для нанесення функціональних оболонок на легкорозчинні мінеральні добрива. Оболонка на поверхні гранули повинна забезпечити необхідну інтенсивність вивільнення елементів мінерального живлення в ґрунтове середовище [2]. Таку властивість мінеральним добривам може забезпечити рівномірне покриття прогнозованої товщини. Якість полімерної капсули визначається гідродинамічними умовами та інтенсивністю тепло-масообмінних процесів при капсулюванні дисперсних матеріалів.

**Мета роботи.** Апарати неперервної дії працюють при встановлених технологічних режимах, проте частинки матеріалу, які попадають в робочу зону, певний час перебувають в умовах нестационарного теплообміну. Цей період триває до моменту досягнення частинками температури теплоносія. Капсулювання супроводжується випаровуванням розчинника з крапліни плівкоутворюючого розчину, яка потрапила на поверхню частинки, інтенсивність якого залежить від температури. Для частинок, які тільки попали в апарат і мають нижчу температуру, відповідно буде менший коефіцієнт масообміну. Цю особливість необхідно враховувати при розрахунку технологічних параметрів процесу капсулювання. Швидкість випаровування розчинника з поверхні частин-

ки визначає інтенсивність подачі в шар плівкоутворюючого розчину, перевищення рівня оптимального значення якого призведе до погіршення якості оболонки. Залежно від частки “холодних” частинок та швидкості їх нагрівання необхідно коректувати інтенсивність подачі плівкоутворюючого матеріалу в киплячий шар.

Математична модель процесу теплопередачі до частинок матеріалу в киплячому шарі описується рівнянням матеріального балансу:

$$Q = nM_q C_q (t_{qn} - t_{кк}), \quad (1)$$

де  $Q$  – кількість тепла, що віддає псевдозріджуюче повітря частинкам, Дж;  $n$  – кількість частинок в шарі, шт.;  $M_q$  – маса однієї частинки, кг;  $C_q$  – теплоємність частинки, Дж/(кг·К);  $\Delta t_q$  – різниця початкової та кінцевої температури частинки, К.

Кінетика передачі тепла описується рівнянням:

$$Q = \alpha_q F \Delta t \tau, \quad (2)$$

де  $\alpha_q$  – коефіцієнт тепловіддачі від повітря до частинки;  $F$  – площа поверхні частинки, м<sup>2</sup>;  $\Delta t_q$  – різниця температури повітря і частинки, К.

Перенос тепла від псевдозріджуючого повітря до частинок відбувається за рахунок молекулярної теплопровідності через пограничну плівку, яка розміщена навколо частинки, конвекцією і тепловим випромінюванням. Теоретичний розрахунок цієї величини не дозволяє отримати точне значення. Більш достовірними є результати, отримані за допомогою експериментальних даних.

Кількість тепла, що передається від псевдозріджуючого повітря до частинок матеріалу в будь-який момент часу, виражається залежністю:

$$dQ = G_n C_n (t_n - t_e) d\tau, \quad (3)$$

де  $G_n$  – витрата псевдозріджуючого повітря, кг/с;  $C_n$  – теплоємність повітря, Дж/(кг·К);  $t_n$  – температура повітря на вході в апарат, К;  $t_e$  – температура повітря на виході з апарата, К;  $\tau$  – час, с.

Запишемо рівняння (3) в інтегральній формі:

$$\int_0^Q dQ = G_n C_n \int_0^\tau (t_n - t_e) d\tau. \quad (4)$$

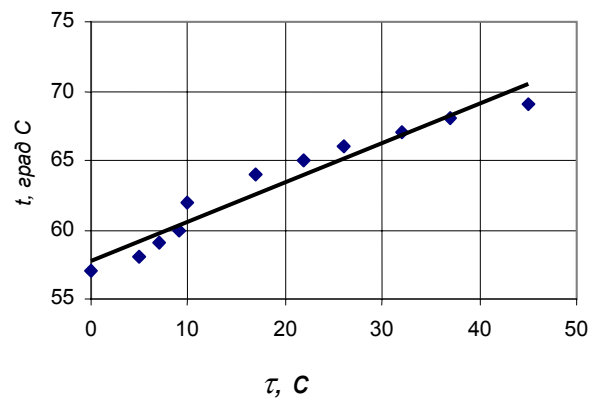
Оскільки  $t_e$  є величина змінна в часі, то вираз  $(t_n - t_e)$  залишається в підінтегральному виразі. Визначити закономірність залежності  $t_e$  від  $\tau$  можна експериментальним шляхом.

Дослідження процесу нестационарного теплообміну проводили з використанням кулястих частинок діаметром 5,5 мм, виготовлених з полістиролу в апараті киплячого шару. Перед завантаженням частинок апарат нагрівали до постійної температури, щоб уникнути втрат тепла. Після встановлення теплового режиму в робочу зону апарата подавали певну кількість частинок і починали фіксувати температуру псевдозріджуючого повітря за шаром матеріалу. Таким чином отримали залежності зміни температури повітря від часу, наведені на рисунку. Для спрощення математичної моделі процесу допускаємо, що величина  $t_e$  змінюється за лінійним законом. Провівши оптимізацію експериментальних даних, отримали рівняння залежності  $t_e = f(t)$ :

$$t_e = 0,281\tau + 57,82. \quad (5)$$

Запишемо рівняння (4) з врахуванням (5):

$$Q = G_n C_n \int_0^\tau (t_n - 0,281\tau - 57,82) d\tau. \quad (6)$$



Залежності зміни температури повітря від часу

Проінтегрувавши це рівняння, отримуємо:

$$Q = G_n C_n (t_n - 0,14\tau^2 - 57,82)\tau. \quad (7)$$

Для розрахунку  $\alpha_q$  з рівнянь (1), (2) і (7) отримали залежність:

$$\alpha_q = \frac{Q}{F \left( t_g - \frac{Q}{M_q C_q} + t_{qn} \right)}. \quad (8)$$

**Висновки.** Це рівняння дає змогу розраховувати комбінований коефіцієнт тепловідачі від псевдозріджуючого повітря до частинок дисперсного матеріалу в апараті киплячого шару з врахуванням фізико-хімічних властивостей речовин, що беруть участь в процесі, та залежно від технологічних параметрів роботи установки.

1. Злобін Ю.А. *Основи екології*. – К.: Лібра, 1998. – 248 с. 2. Демчук И.А. *Разработка технологии и моделирование процессов капсулирования твердых лекарственных форм в псевдооживленном слое: Дис. ...канд. тех. наук: 05.17.08*. – Львов, 1991. – 203 с.

УДК 66.021.3: 615.015.14

В.В. Мельничук

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра екології та охорони навколишнього середовища

## МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЕКСТРАГУВАННЯ ЦІЛЬОВИХ КОМПОНЕНТІВ З КАПСУЛЬОВАНИХ ДОБРІВ

© Мельничук В.В., 2004

Наведено методики проведення досліджень впливу властивостей довкілля на процеси вивільнення активних компонентів з капсульованих добрив та їх засвоєння рослинами. Описано методику кількісного визначення нітратів у ґрунті та продуктах рослинництва іонометричним методом.

The developed techniques of realization of researches of influence of properties of an environment on processes of active components release from encapsulated fertilizers and its assimilation by plants are given. The technique of quantitative definition of nitrates in the soil and plants by ionometric method is described.

**Постановка проблеми.** Дослідження впливу фізико-хімічних властивостей середовища на кінетику вивільнення активного компоненту вимагає високоселективних методик аналізу та застосування реактивів, які б не створювали похибок під час аналізу, пов'язаних зі взаємодією з досліджуваним середовищем.

**Мета роботи.** Основним завданням було розроблення методик для оцінки міграції добрив в ґрунті із застосуванням сучасних приладів для забезпечення точності та селективності визначення концентрації компонентів мінеральних добрив у навколишньому середовищі для оцінки ефективності застосування гранульованих та капсульованих добрив.

Для визначення впливу фізико-хімічних властивостей середовища на кінетику вивільнення цільового компоненту з полімерних капсул використовуємо частинки сферичної форми, виготовлені з нітрату амонію ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ), покриті полімерною оболонкою з полістиролу.

Для створення середовища вивільнення вимірювальну комірку заповнювали піском (пористість 0,4) і дистильованою водою.