

КІНЕТИКА ПРОЦЕСУ СТВОРЕННЯ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНО-ГУМІНОВИХ ДОБРИВ

**Корнієнко Я.М., д-р техн. наук, професор, Сачок Р. В., ст. викл., Гайдай С. С., асистент,
Мартинюк О. В., зав. лаб., Куріньовський О. В., магістрант, Любека А.М., магістрант
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут», м. Київ**

Запропоновано дослідження кінетики процесу гранулоутворення твердих багатошарових органо-мінерально-гумінових композитів при зневодненні висококонцентрованих рідких гетерогенних систем із загальною концентрацією твердої фази понад 60%.

Предложено исследования кинетики процесса гранулообразования твердых многослойных органо-минерально-гуминовых композитов при обезвоживании высококонцентрированных жидких гетерогенных систем с общей концентрацией твердой фазы более 60%.

Research of granulation kinetics of multilayer solid organic-mineral-humic composites with dehydration of highly liquid heterogeneous systems with concentration of solids over 60% is proposed.

Ключові слова: органо-мінерально-гумінові добрива, грануляція, дисперсний склад, лінійна швидкість росту гранул.

Постановка проблеми. Збереження екологічної рівноваги при інтенсивному землекористуванні в Україні потребує використання добрив нового покоління, які повинні містити мінеральні макро- та мікроелементи, речовини органічного походження та гумати [1]. Використання органо-мінерально-гумінових добрив є особливо актуальним, оскільки традиційні мінеральні добрива не забезпечують умови ефективного ґрунтоутворення.

Водночас гранульовані добрива повинні мати задані фізико-механічні властивості і рівномірне розподілення мінеральних, органічних та гумінових компонентів по всьому об'єму сферичних композитів.

Застосування техніки псевдозрідження дозволяє одержати гранульовані гуміново-мінеральні добрива при зневодненні водних гомогенних систем, що містять до 40 % сухих речовин [2, 3] забезпечує коефіцієнт використання теплоти $q \geq 60\%$. Подальше підвищення ефективності процесу можна досягти при збільшенні вмісту сухих речовин до 60 %.

Метою статті є визначення кінетичних закономірностей процесу гранулоутворення твердих багатошарових органо-мінерально-гумінових композитів при зневодненні висококонцентрованих рідких гетерогенних систем із загальною концентрацією твердої фази до 60 %.

Виклад основного матеріалу. Основними вимогами гранульованих органо-мінерально-гумінових добрив є сфероподібність гранули із розміром 1,5–4,5 мм, рівномірність розподілення компонентів по її об'єму, міцність на гранулу не менше 10 Н. Поставлені вимоги вирішуються за рахунок організації пошарового механізму створення гранул, рис. 1, при зневодненні рідких систем у псевдозрідженому шарі.

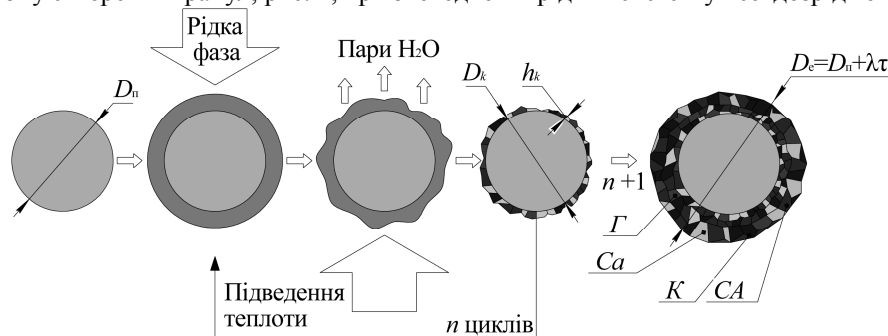


Рис. 1 - Механізм утворення гранул за рахунок грануляції із пошаровою структурою

Так, відомі роботи [2, 3], які описують кінетику процесу грануляції азотно-гумінових добрив із концентрацією твердої фази понад 40%. На рис. 2 наведена динаміка зміни еквівалентного діаметра, яка ха-

рактизується монотонним збільшенням еквівалентного діаметра при локальних швидкостях росту

$$\Lambda = \frac{dD_e}{d\tau} = 0,121 - 0,636 \text{ мм/год}$$

і при середньому значенні $\Lambda_c = 0,339 \text{ мм/год}$.

Еквівалентний діаметр визначається як:

$$D_e = \frac{100}{\sum \frac{X_i}{d_i}},$$

де X_i – масова частка i -тої фракції, %;

d_i – середній діаметр i -тої фракції, мм, який визначається за виразом: $d_i = \sqrt{d_{i-1} \cdot d_{i+1}}$,

де d_{i-1}, d_{i+1} – межі існування i -тої фракції, мм.

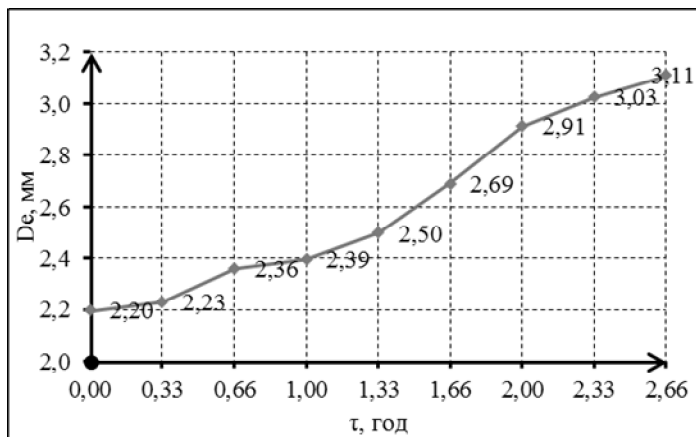


Рис. 2 – Динаміка зміни еквівалентного діаметра

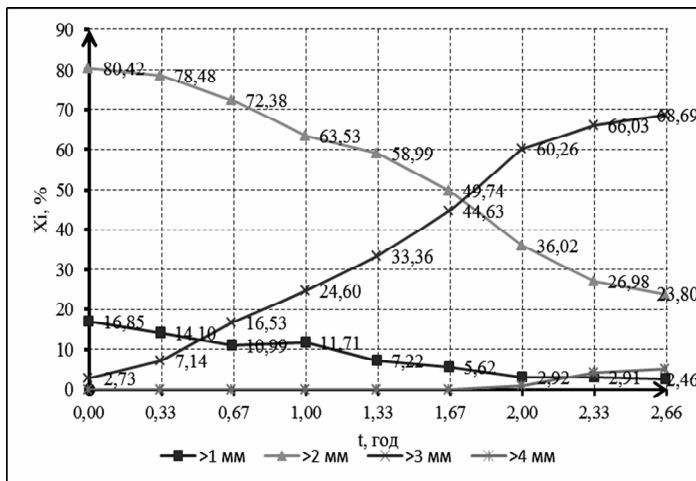


Рис. 3 – Динаміка зміни масових відсотків окремих фракцій

На рис. 3 наведена динаміка зміни масових відсотків окремих фракцій для даного процесу. Послідовний перехід частинок зернистого матеріалу від менших за розміром фракцій до більших підтверджує припущення що до збільшення їх розмірів за рахунок саме пошарового механізму росту гранул, рис. 1. Це підтверджується динамічною зміною масових відсотків окремих фракцій, рис. 3.

Так, при початковому значенні $D_e = 2,2 \text{ мм}$, рис. 2, при $\tau = 0 \text{ год}$ дисперсний склад визначається фракціями: +1,0 мм – 18,65%, +2,0 мм – 80,42%, +3 мм – 2,73%, рис. 3. При $\tau = 1 \text{ год}$ +2 мм зменшується із 80,42% до 63,53% ($\Delta X_2 = -16,84\%$) а фракція +3 мм збільшилася із 2,73% до 24,60% ($\Delta X_3 = 21,87\%$). За цей період часу фракція +1 мм зменшилася з 16,85% до 11,71% ($\Delta X_1 = -5,14\%$). На інтервалі часу $1 \leq \tau \leq 2,0 \text{ год}$, рис. 3, відбувається зменшення вмісту фракції +2 мм на величину $\Delta X_2 = -27,51\%$ та збільшення фракції +3 мм – $\Delta X_3 = 35,66\%$, фракція +1 мм зменшується на величину $\Delta X_1 = -8,79\%$. Тобто, зменшення масових відсотків попередніх фракцій зумовлює адекватне збільшення масових відсотків більших фракцій: $-(\Delta X_1 + \Delta X_2) = \Delta X_3$, або в загальному:

$$-\left(\sum \frac{dX_i}{d\tau}\right) = \frac{dX_{i+1}}{d\tau}. \quad (1)$$

Це підтверджується швидкістю зміни масових відсотків окремих фракцій, рис. 4.

Еквідистантність зміни вмісту фракцій 2+ і 3+ в часі відносно осі ox говорить про поступовий, рівномірний перехід фракції 2+ у фракцію 3+.

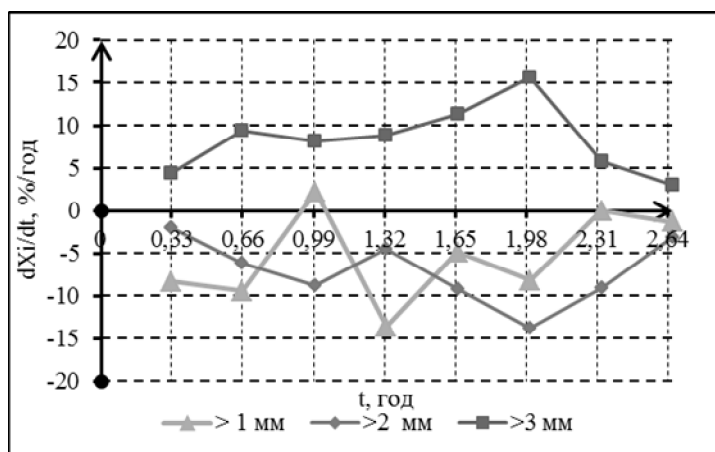


Рис. 4 – Швидкість зміни масових відсотків фракцій

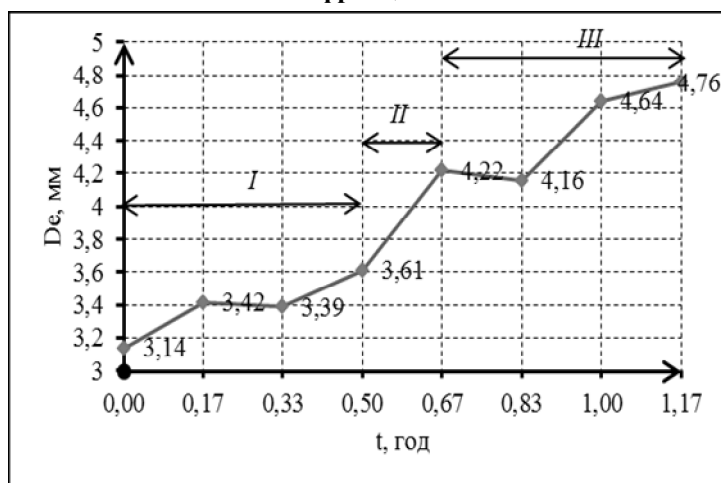


Рис. 5 – Динаміка зміни еквівалентного діаметра

$\Lambda_c = 1,354$ мм/год, яке майже в 4 рази перевищує цей параметр при зневодненні 40% робочого розчину.

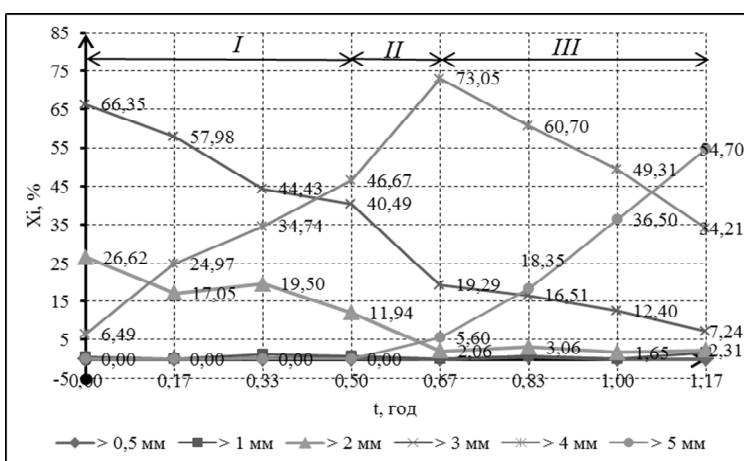


Рис. 6 – Динаміка зміни масових відсотків окремих фракцій при зневодненні 60% рідких розчинів

Тобто, на інтервалі $0 < \tau < 2,66$ год спостерігається рівномірне падіння вмісту фракції 2+, що супроводжується рівномірним майже симетричним зростанням фракції 3+. Все це говорить про стійкість кінетики процесу утворення даних композитів [2, 3] та підтверджує фізичну модель створення гранульованих твердих композитів з пошоровою структурою[4].

На задоволення потреб сільського господарства при отриманні органо-мінерально-гумінових композитів заданого складу (в якості органічної сировини використовувалося кісткове борошно, що містить макро- і мікроелементи, CaO органічного походження до 40% і P_2O_5 до 30%) $[P]:[Ca]:[N]:[K]:[G.] = 10:19:11:2:1$ при зневодненні рідких гетерогенних систем із загальною концентрацією твердої фази на рівні 60 % при наступних параметрах технологічного процесу: температура шару $T_{ш} = 96$ °C гідралічний опір шару $\Delta P_{ш} = 1962$ Па встановлено динаміку зміни еквівалентного діаметра зернистого матеріалу, рис. 5, яка свідчить, що кінетика процесу має динамічний, нерівномірний характер. Локальна швидкість росту гранул змінюється в межах

$$\Lambda = \frac{dD_e}{d\tau} = 0,239 - 3,659 \text{ мм/год,}$$

а середнє значення становить

Встановлено динаміку зміни масових відсотків окремих фракцій для даних композитів, рис. 6, яку можна розділити на три інтервали. На інтервалі часу $0 < \tau < 0,5$ год при $\Lambda_c = 0,94$ мм/год, рис. 5, відбувається стрімке зменшення фракції +2 мм – $\Delta X_2 = -14,68\%$ і фракції +3 мм – $\Delta X_3 = -25,86\%$ та адекватне збільшення фракції +4 мм – $\Delta X_4 = 40,18\%$, рис. 6, тобто, виконується рівність (1), або:

$$-(\Delta X_2 + \Delta X_3) = \Delta X_4. \quad (2)$$

Тобто, в першому інтервальному періоді при $\Lambda_c < 1$ мм/год відбува-

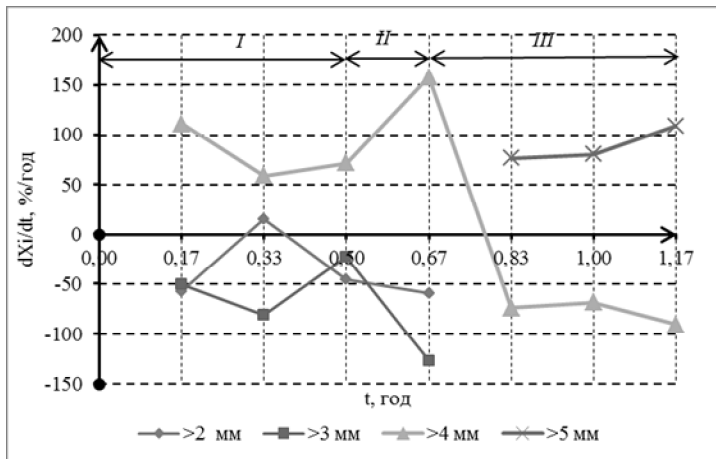


Рис. 7 – Швидкість зміни масових відсотків фракцій

мм – $\Delta X_4 = -38,84\%$. При цьому, локальна лінійна швидкість становить $\Lambda_c = 1,08$ мм/год, рис. 6.

Швидкість зміни масових відсотків окремих фракцій при зневодненні гетерогенних рідких систем великої концентрації наведено на рис. 7. Збільшення концентрації сухих речовин в робочому розчині, який подається на зневоднення спричиняє перехід фракції +2 мм із додатної до від'ємної на проміжку часу $0,33 < \tau < 0,5$ год, рис. 7, та фракції +4 мм на проміжку часу $0,67 < \tau < 0,83$ год.

Висновки

Встановлено, що при збільшенні концентрації твердої фази у 1,5 рази порівнюючи із [2, 3] середня лінійна швидкість росту гранул складає $\Lambda_c = 1,354$ мм/год, що в 4 рази більше ніж при зневодненні 40% робочого розчину. Пульсаційний режим псевдозрідження забезпечує пошаровий механізм грануло утворення.

У випадку із зневодненням висококонцентрованих розчинів необхідно адекватно до швидкості росту гранул визначати потужність нових центрів грануляції, яка може бути реалізована за рахунок внутрішніх та зовнішніх джерел.

Література

1. Купчик В. І., Грунти України: властивості, генезис, менеджмент родючості. В. І. Купчик, В. В. Іваніна, Г. І. Нестерова та ін.; Навчальний посібник. За ред. Купчика В. І. К.: Кондор. – 414 с.
2. Корнієнко Я. М. Моделювання безперервного процесу утворення мінерально-гумінових добрив / Корнієнко Я. М., д. т. н., проф.; Сачок Р. В., к. т. н., ст. викл. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» // Наукові праці ОНАХТ. – 2014. – Випуск 45, Т.2. С. 139-144.
3. Корнієнко Я. М. Моделювання неперервного утворення азотно-гумінових добрив / Корнієнко Я. М., д. т. н., проф.; Сачок Р. В., к. т. н., ст. викл. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут» // Вісник національного технічного університету України «Київський Політехнічний Інститут». – 2014. Вип. 13. – С. 23-28.
4. Тодес О. М. Обезвоживание растворов в кипящем слое. О. М. Тодес, Ю. Я. Каганович, С. П. Налимов, А. Д. Гольцикер и др. М. «Металлургия», 1973, 288 с.