

Кушнір Олександр Сергійович

*магістрант Національного технічного університету України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

Kushnir A.

*Student at National Technical University of Ukraine
«Kyiv Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky»*

Степанюк Андрій Романович

*кандидат технічних наук, доцент кафедри машин та апаратів
хімічних і нафтопереробних виробництв*

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Stepaniuk A.

*Ph.D., assistant professor of Department
of machines and apparatus of chemical and petroleum industries
National Technical University of Ukraine
«Kyiv Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky»*

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ КРИСТАЛІЗАЦІЇ СУЛЬФАТУ АМОНІЮ В ПРИСУТНОСТІ САПОНІТУ ТА ГУМАТІВ

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА КРИСТАЛЛИЗАЦИИ СУЛЬФАТА АММОНИЯ В ПРИСУТСТВИИ САПОНИТА И ГУМАТОВ

MODELING OF CRYSTALLIZATION PROCESS OF AMMONIUM SULFATE IN THE PRESENCE OF SAPONITE AND HUMATES

Анотація: Обґрунтовано актуальність використання комплексних добрив, зокрема застосування сульфату амонію, гуматів та сапоніту. Підібрано фізичну та складено математичну модель нагріву композитної гранули з сульфату амонію в присутності сапоніту та гуматів. Розв'язано математичну модель та перевірено її адекватність.

Ключові слова: сульфат амонію, гумати, комплексні добрива, сапоніт, математична модель.

Аннотация: Обоснована актуальность использования комплексных удобрений, в частности применение сульфата аммония, гуматов и сапонита. Подобрано физическую и составлено математическую модель нагрева композитной гранулы из сульфата аммония в присутствии сапонита и гуматов. Решено математическую модель и проверено её адекватность.

Ключевые слова: сульфат аммония, гуматы, комплексные удобрения, сапонит, математическая модель.

Abstract: Relevance of use of complex fertilizers, in particular the application of ammonium sulfate, humates and saponite. Selected physical and mathematical model of heating of the composite granules of ammonium sulfate in the presence of saponite and humates. Solved mathematical model and tested its adequacy.

Key words: Ammonium sulfate, humates, complex fertilizers, saponite, mathematical model.

Постановка проблеми. Сульфат амонію (сірчано-кислий амоній) – ефективне азотне добриво, яке забезпечує значний приріст врожаю пшениці, жита, картоплі, бавовни, рису, вівсу, цукрового буряку та інших сільськогосподарських рослин. Проте для

збалансованого росту необхідні також стимулятори росту та кофактори – акумулятори вологи [1, 2].

Як стимулятор росту та поліпшувач ґрунту широко застосовуються гумінові препарати – гумати. Гумати сприяють збільшенню здатності організмів про-

тистояти несприятливим умовам зовнішнього середовища, що призводить до збільшення врожайності культур [1, 2].

Для України гострою стає також проблема нехватки в ґрунтах магнію, наприклад для дерново-підзолистих та сірих лісових орних ґрунтів щорічно необхідно вносити від 25 до 40 кг магнію [1...3].

Його дефіцит призводить до суттєвого зниження врожаїв та погіршення якості продукції.

Дефіцит магнію на кислих ґрунтах можна зменшити шляхом його внесення у складі добрив, але це значно підвищить ціну таких добрив, або внесенням доломітового борошна (яке у своєму складі поряд з кальцієм містить достатню кількість магнію), але обсяги виробництва доломітового борошна не перевищували 3,8% загальних поставок вапнякових матеріалів навіть у кращі роки.

В Україні існують декілька родовищ сапонітових глин (різновидність бентонітів), найбільшими є Ташківське та Варварівське родовища в Хмельницькій області, а їхні запаси становлять близько 40-50 млн. тонн, вміст магнію у цих глинах коливається в межах від 10 до 12%. Це найважливіший клас мінералів, представники якого разом із кварцом складають 95 % від маси земної кори.

Сапоніти окрім високих показників питомої поверхні набухання мають також необхідні для сільськогосподарства катіони Ca_2+ та Mg_2+ , та в меншій кількості K, Na, NH_4 [1...3].

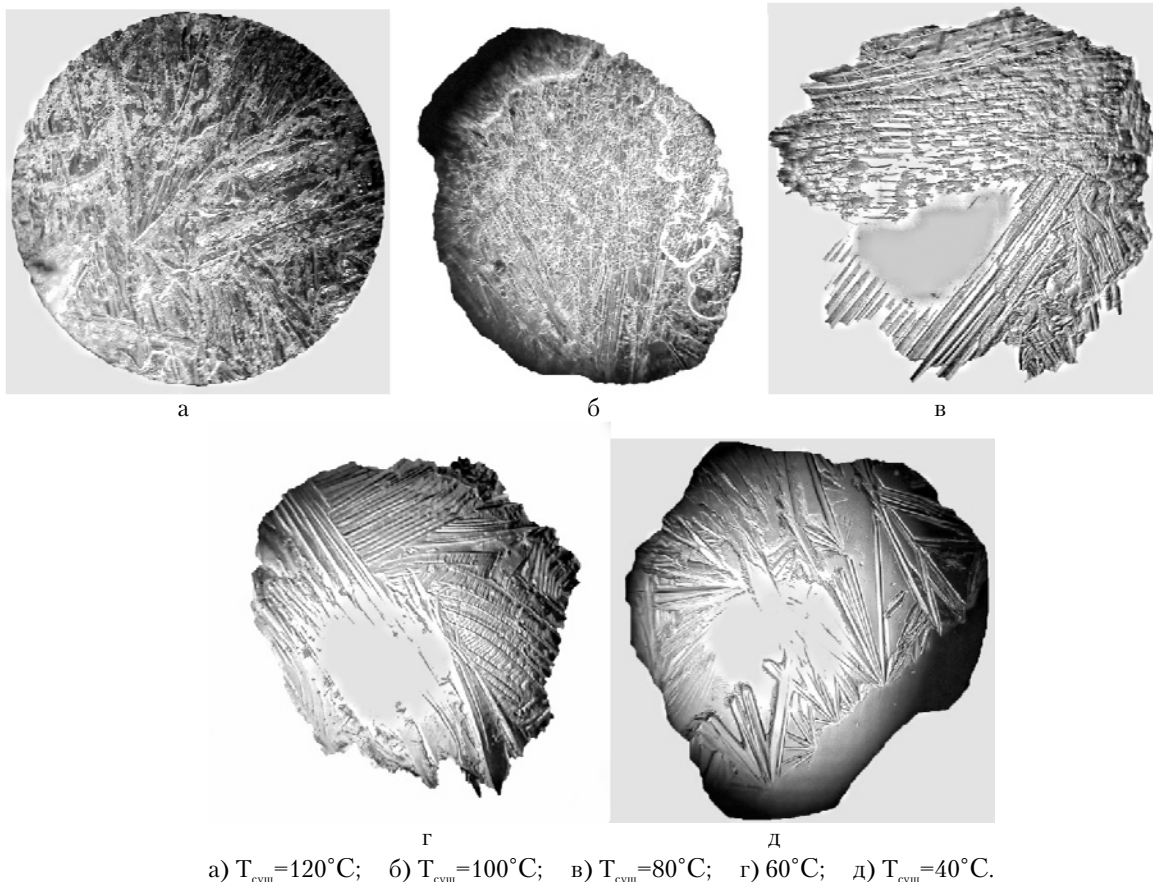
Тому використання сапонітів як меліоранту, який містить також корисні для рослинництва хімічні елементи значно поліпшить реакцію ґрунтового середовища і одночасно підвищить вміст рухомого магнію.

Для здешевлення процесу внесення добрив на нашу думку доцільно використовувати комплексні добрива, створені шляхом пошарового гранулювання, які містять необхідні компоненти [2]. Гранулювання і, зокрема, формування гранул відбувається шляхом пошарового нанесення компонентів з розчину, який містить необхідні компоненти та аморфні нерозчинні компоненти, та наступною агломерацією деякої кількості твердих частинок у псевдозрідженому шарі [2].

Метою статті є визначення впливу технологічних параметрів на процес нагріву та сушіння композитів з сульфату амонію у присутності гуматів та сапоніту.

Виклад основного матеріалу.

Для забезпечення підтвердження утворення про пошарове гранулювання було проведено кристалізацію композитів на інертних носіях (рисунок 1), при різних температурних режимах (від 40°C до 120°C інтервалом у 20°C).



а) $T_{суш} = 120^\circ C$; б) $T_{суш} = 100^\circ C$; в) $T_{суш} = 80^\circ C$; г) $60^\circ C$; д) $T_{суш} = 40^\circ C$.

Рис. 1. Сульфат амонію в присутності сапоніту та гуматів з концентрацією сухих компонентів 40% (сульфат амонію – 39%, гумати 0,5% і сапоніт – 1%)

Кристали мають голкоподібну форму, розміри яких змінюються, в залежності від режиму сушіння та концентрації компонентів. Величина кристалів, (рисунок 1) з ростом температури зменшується, що узгоджується з класичною теорією сушіння, з величини $10 \cdot 10^{-6}$ м при температурі 40°C до $1 \cdot 10^{-6}$ м при температурі 120°C . При температурах менше 100°C аморфні частинки нерівномірно розташовуються по площі сушіння, при збільшенні температури від 100°C до 120°C дислокації аморфних частинок рівномірно розподіляються по площі висушуваної частини гранули, що є необхідною умовою забезпечення якості гранул.

Задачею математичного моделювання є визначення температурного розподілу в гранулі в будь-якій точці в будь-який момент часу.

З урахуванням зроблених припущень фізична модель випаровування рідкої фази на одиничній гранулі зображена на рисунку 2, [4].

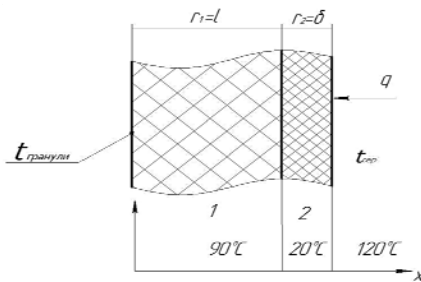


Рис. 2 – Фізична модель процесу

Цей процес описує наступна математична модель нагрівання гранули:

$$\frac{\partial U}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 U}{\partial x^2},$$

розподіл температури.

з початковими умовами:

$$T = 90^\circ\text{C} \text{ при } 0 < T < r_1, T = 20^\circ\text{C} \text{ при } r_1 < t < r_2,$$

$$T = 120^\circ\text{C} \text{ при } > r_2$$

з граничними умовами:

$$q = \alpha(t_{\text{пл}} - t_{\text{сеп}})$$

$$q = \lambda_2 \frac{\partial T}{\partial x},$$

$$\lambda_2 \frac{\partial T}{\partial x} = \alpha(t_{\text{пл}} - t_{\text{сеп}}).$$

Вирішуємо задачу методом сіток. Тоді можна апроксимувати похідні за формулами числового диференціювання:

$$\frac{\partial U}{\partial t} = \frac{T_{ij} - T_{i,j-1}}{\Delta t}$$

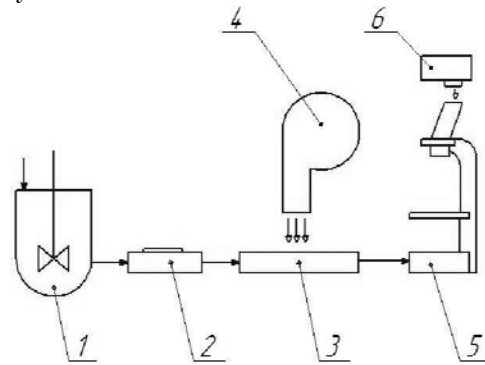
$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} = \frac{T_{i-1,j-1} - 2T_{i,j-1} + T_{i+1,j-1}}{\Delta x^2}$$

$$\frac{T_{ij} - T_{i,j-1}}{\Delta t} = a^2 \left(\frac{T_{i-1,j-1} - 2T_{i,j-1} + T_{i+1,j-1}}{\Delta x^2} \right)$$

$$T_{ij} = \frac{a^2 \Delta t}{\Delta x^2} (T_{i-1,j-1} - 2T_{i,j-1} + T_{i+1,j-1}) + T_{i,j-1}$$

Методика проведення досліджень:

Для перевірки адекватності математичної моделі було створено стенд, схему якого зображено на рисунку 3.



1 – перемішувач, 2 – ваги, 3 – скельце, 4 – технічний фен, 5 – мікроскоп, 6 – фотокамера

Рис. 3 – Схема стенду установки для перевірки адекватності математичної моделі

У перемішувач 1 подається вода, сульфат амонію, сапоніт та гумати (вода – 60%, сухі компоненти – 40%). Утворена суміш наноситься на скельце 3, де піддається сушінню з одночасним контролем температури сушильного агента. Після повного видалення вологи скельце 3 розташовується під мікроскопом 5, та проводиться фотофіксація результатів.

Результати перевірки адекватності математичної моделі процесу масової кристалізації методом випаровування плівки розчину з одиничної гранули зображено на рисунку 4. Розбіжність результатів математичного моделювання та результатів фізичного експерименту складає 8,2%, що свідчить про відповідність результатів математичного моделювання реальним умовам протікання процесу.

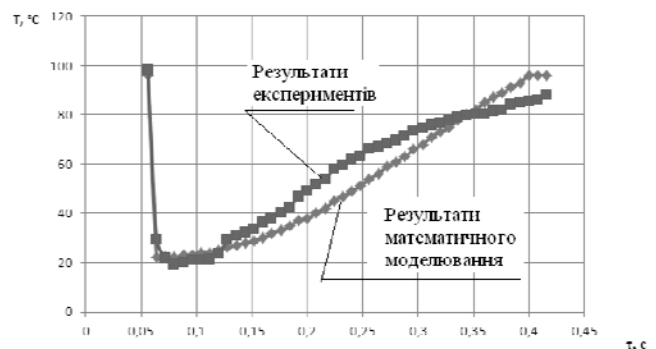


Рис. 4. Динаміка зміни температури одиничної гранули залежно від часу сушіння

Висновки. Розв'язок та перевірка адекватності математичної моделі дає можливість визначити час перебування гранули в апараті після нанесення шару композитного розчину добрив, що в свою чергу дає можливість визначити висоту шару апарату.

Література

1. Кушнір О.С. Застосування в сільському господарстві сульфату амонію з підвищеним вмістом органічних сполук / Кушнір О.С., Степанюк А.Р. // Тези доповідей XVI Міжнародної науково-практичної конференції «Удосконалення процесів та обладнання харчових та хімічних виробництв». Одеса 5-9 вересня 2016 р. – 409 с.
2. Процес одержання мінерально – гумінових твердих композитів [Електронний ресурс]: монографія / НТУУ «КПІ» ; уклад. Я.М.Корнієнко, А. Р. Степанюк. – Електронні текстові дані (1 файл: 0,6 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2013. – 137 с. – Назва з екрана. – Доступ: <http://ci.kpi.ua/metodopen>
3. Карасюк І.М. Агрохімія / І.М.Карасюк, О.М.Геркіял, Г.М.Господаренко – К.: Вища школа, 1995. – 471с. Лосев А. В., Провадкін Г. Т. Соціальна екологія – К., 2000. – 426 с.
4. Кушнір О.С. Ізотермічна кристалізація сульфату амонію з органічними домішками / Кушнір О.С., Степанюк А.Р. // Ресурсоенергозберігаючі технології. XI міжнар. наук.-пр. конф. студ., аспірантів та молодих вчених (Київ 06-07 грудня 2016р.): зб. тез. доп. К.: Видавництво УВОІ «Допомога» УСІ» 2016. – 196 с.