

УДК 628.5:631.8

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ УТВОРЕННЯ КОМПОЗИТІВ З СУЛЬФАТУ АМОНІЮ В ПРИСУТНОСТІ САПОНІТУ ТА ГУМАТІВ

Кушнір О.С., Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Обґрунтовано актуальність використання комплексних добрив, зокрема застосування сульфату амонію, гуматів та сапоніту. Підбрано фізичну та складено математичну модель нагріву композитної гранули з сульфату амонію в присутності сапоніту та гуматів. Розроблено стенд для перевірки адекватності математичної моделі. Розв'язано математичну модель та перевірено її адекватність. Надано рекомендації щодо отриманих результатів моделювання.

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

Постановка проблеми. Розвиток сучасного суспільства неможливий без інтенсивного розвитку сільського господарства. Внесення добрив, які містять лише водорозчинні мінеральні солі, призводить до їх значного вимивання з ґрунтів за рахунок того, що солі зразу переходять в розчин. Покращити умови внесення добрив та ефективність використання корисних хімічних елементів дозволяє одночасне використання разом з хімічними добривами гумінових компонентів та компонентів, що утримують вологу. До таких комозитів можна віднести запропоновані добрива.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. 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 компоненти – акумулятори вологи [1, 2].

Як стимулятор росту та поліпшувач ґрунту широко застосовуються гумінові препарати – гумати. Гумати сприяють збільшенню здатності організмів протистояти 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 набування мають також необхідні для сільського господарства 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 гранулоутворення, які містять необхідні компоненти [2]. Гранулоутворення 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].

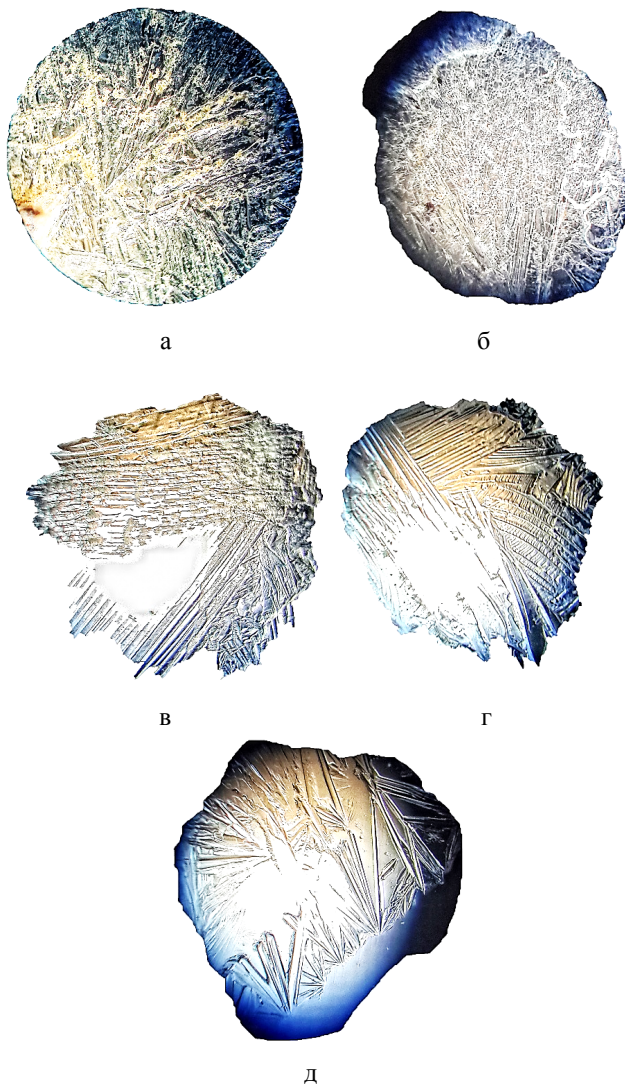
Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Проблеми кристалізації солей на сьогоднішній день широко розглянуті у існуючій літературі в Україні так і світу. Але додавання у композити аморфних складових змінює умови протікання процесу.

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

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

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.



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

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

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

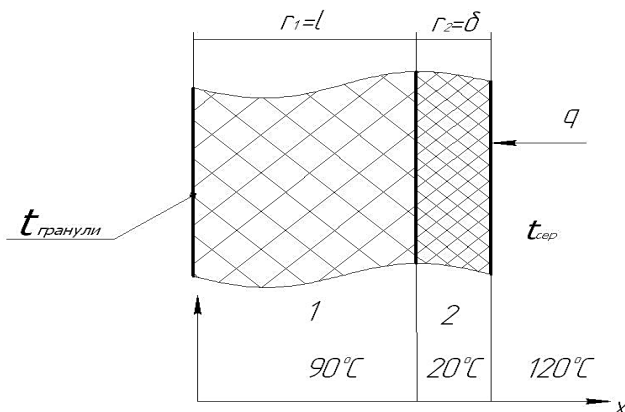


Рис. 2. Фізична модель процесу

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:

$$q = a(t_{\text{на}} - t_{\text{сеп}})$$

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

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

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

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

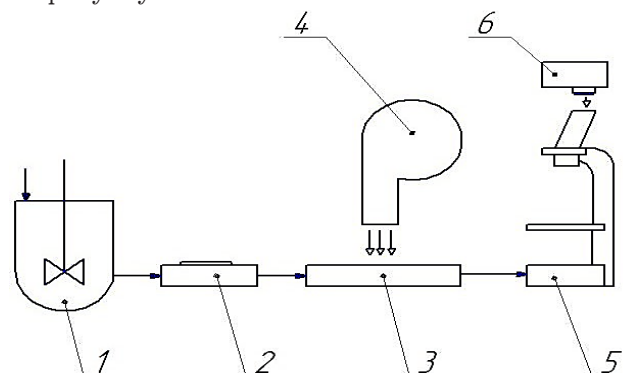
$$\frac{\partial^2 U}{\partial x^2} = \frac{T_{i-1,j-1} - 2T_{i,j-1} + T_{i+1,j}}{\Delta x^2}$$

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

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

Методика проведення досліджень:

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



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

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

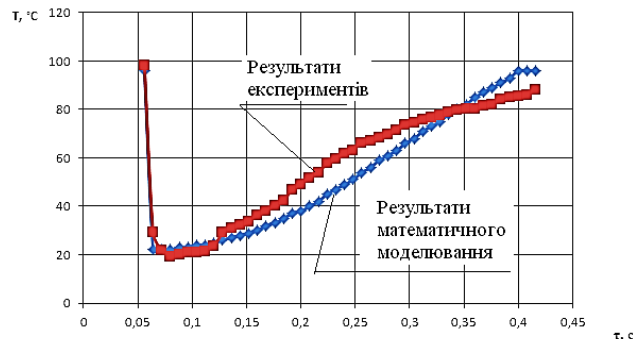


Рис. 4. Динаміка зміни температури одиничної гранули залежно від часу сушіння

У переміщуючий пристрій 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 агенту. Після повного видалення вологи скельце 3 розташовується під мікроскопом 5, та проводиться фотофіксація результатів.

Результати перевірки адекватності математичної моделі процесу масової кристалізації методом випарювання плівки розчину з одиначної гранули зображено на рисунку 4. Розбіжність результатів математичного моделювання та результатів фі-

зичного експерименту складає 8,2%, що свідчить про відповідність результатів математичного моделювання реальним умовам протікання процесу.

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.

Список літератури:

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. – 471 с.; 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 2016 р.): зб. тез. доп. – К.: Видавництво УВОІ «Допомога» УСІ» 2016 – 196 с.

Кушнір А.С., Степанюк А.Р.

Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ОБРАЗОВАНИЯ КОМПОЗИТОВ ИЗ СУЛЬФАТА АММОНИЯ В ПРИСУТСТВИИ САПОНИТОВ И ГУМАТОВ

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. Создано стенд для проверки адекватности математической модели. Решено математическую модель и проверено её адекватность. Наданы рекомендации о полученных результатах моделирования.

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

Kushnir A.S., Stepaniuk A.R.

Technical University of Ukraine
«Kyiv Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky»

DETERMINATION OF PARAMETERS OF WITH AMMONIUM SULFATE IN THE PRESENCE SAPONITE AND HUMATES

Summary

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. A stand was created to check the adequacy of the mathematical model. Solved mathematical model and tested its adequacy. Recommendations on the results of modeling were given.

Keywords: Ammonium sulfate, humates, complex fertilizers, saponite, mathematical model.