

УДК 631.812, 504.062:574

ВСТАНОВЛЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО СКЛАДУ ПЛІВКОУТВОРЮЮЧОЇ КОМПОЗИЦІЇ КАПСУЛЬОВАНОГО МІНЕРАЛЬНОГО ДОБРИВА

В. Я. Бунько

ВП НУБіП України "Бережанський агротехнічний інститут"

вул. Академічна, 20, м. Бережани, 47501, Тернопільська обл., Україна. E-mail: VBunko@gmail.com

М. С. Мальований, О. А. Нагурський

Національний університет «Львівська політехніка»

вул. С. Бандери, 12, м. Львів, 79013, Україна. E-mail: mmal@polynet.lviv.ua; nahurskyu@mail.ru

В. М. Друзюк

УМГ «Львівтрансгаз»

вул. Рубчака, 3, м. Львів, 79026, Україна. E-mail: vdruzuk@mail.ru

Проведено дослідження впливу складу композиції з різних типів природних дисперсних сорбентів і меляси, яка використовується для створення покриття капсульованих мінеральних добрив, на їх механічну міцність. Встановлено оптимальний склад плівкоутворюючої композиції для капсулювання мінеральних добрив: меляса бурякова та палигорскіт із співвідношенням сорбент : меляса, що дорівнює 5 : 4. Аналіз мікроструктури капсульованих частинок, отриманих різними способами капсулювання (барабанний гранулятор та апарат киплячого шару), показав переваги застосування апарату киплячого шару, в якому шляхом змін режимів гранулювання та подачі капсулоутворюючої суміші можна змінювати товщину шару капсули. Запропонована принципова технологічна схема капсулювання гранульованої нітроаммофоски композицією на основі палигорскіту та меляси.

Ключові слова: плівкоутворююча композиція, капсулювання, мінеральні добрива, киплячий шар.

УСТАНОВЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА ПЛЕНКООБРАЗУЮЩЕЙ КОМПОЗИЦИИ КАПСУЛИРОВАННОГО МИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ

В. Я. Бунько

ПП НУБіП України "Бережанський агротехнічний інститут"

ул. Академическая, 20, г. Бережаны, 47501, Тернопольская обл., Украина. E-mail: VBunko@gmail.com

М. С. Малеваний, О. А. Нагурский

Национальный университет «Львовская политехника»

ул. С. Бандеры, 12, г. Львов, 79013, Украина. E-mail: mmal@polynet.lviv.ua; nahurskyu@mail.ru

В. М. Друзюк

УМГ «Львовтрансгаз»

ул. Рубчака, 3, г. Львів, 79026, Україна. E-mail: vdruzuk@mail.ru

Проведено исследование влияния состава композиции из различных типов природных дисперсных сорбентов и мелассы, которая используется для создания покрытия капсулированных минеральных удобрений, на их механическую прочность. Установлено оптимальный состав пленкообразующей композиции для капсулирования минеральных удобрений: меласса свекловичная и палигорскит в соотношении сорбент : меласса, равным 5 : 4. Анализ микроструктуры капсулированных частиц, полученных различными способами капсулирования (барабанний гранулятор и аппарат кипящего слоя), показал преимущества применения аппарата кипящего слоя, в котором, изменяя режимы гранулирования и подачи капсулообразующей смеси, представляется возможным изменять толщину шара капсулы. Предложена принципиальная технологическая схема капсулирования гранулированной нитроаммофоски композицией на основании палигорскита и мелассы.

Ключевые слова: пленкообразующая композиция, капсулирование, минеральные удобрения, кипящий шар.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. В різних галузях промисловості широко використовуються матеріали, на поверхні яких нанесена оболонка (капсула). Нанесення покриття на частинку дозволяє розширити можливості використання різних матеріалів завдяки модифікації їх характеристик. Найбільшого застосування капсулювання набуло в фармацевтиці, де покриті оболонками лікарські препарати набувають якісно нових властивостей за рахунок регулювання їх розчинності. В ракурсі практичного застосування таких розробок перспективним з економічного та екологічного погляду є створення мінеральних добрив пролонгованої дії. Для отримання продукту із заданими властивостями необхідним є підбір капсулоутворюючої композиції, яка є прийнятною з економічних позицій та з позицій подальшого застосування капсульованого продукту, і одночасно дозволяє отримати якісне покриття з необхідними параметрами. Тому нашими дослідженнями вста-

новлювався оптимальний склад капсулоутворюючої композиції на основі аналізу якості отриманого продукту розроблялась фізична модель капсулювання та вибиралась технологія, яка б дозволила найбільш повною мірою реалізувати цю модель.

Добриво з низькою розчинністю в ґрунті пропонують [1] отримувати шляхом пошарового нанесення на частинки ретурну пульп фосфатів амонію і кислого нейтралізуючого агенту з одночасним сушінням та гранулюванням продукту, рідкої сірки [2], плівки пситагідрату сульфату міді [3]. Патентується [4] одержання добрива у вигляді стрижнів, які складаються з внутрішнього ядра, одержаного екструзією, і нанесеної по всій довжині стрижня оболонки. У [5] запропоновано спосіб формування захисного покриття із нерозчинних у воді фосфатів кальцію, магнію, цинку,

магнію – калію, магнію – амонію на поверхні пористих частинок добрива у вакуумі. Поширеними є способи покриття гранул добрива плівками органічних полімерів [6–8]. Автори [9] пропонують з метою здешевлення капсульованих добрив і відповідно збільшення їх доступності для споживача використовувати для створення плівкоутворюючої композиції відходи споживання – вироби з полістиролу. Дослідники [10, 11] пропонують використовувати як плівкоутворюючу композицію суміш лігніну – відходу виробництва целюлози – та природних дисперсних сорбентів (цеоліту, бентоніту, палигорськиту).

Метою роботи є встановлення дослідним шляхом оптимального складу плівкоутворюючої композиції капсульованого мінерального добрива та розроблення фізичної моделі процесу капсулювання.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Необхідною передумовою створення капсульованих добрив пролонгованої дії є вибір рецептури та встановлення оптимального складу доступної, ефективної та екологічно безпечної для ґрунтів та рослин капсулоутворюючої композиції. Для такої композиції запропоновано використовувати дисперсні мінерали – природні сорбенти (бентоніт) або мелені фосфорити, а також в'язуче – мелясу (побічний продукт буряко-цукрового виробництва). Ці матеріали мають природне походження і внесення їх до ґрунтів не створює загрозу забруднення навколишнього середовища. На основі досліджень міцності приготування стандартних зразків визначався оптимальний склад капсулоутворюючої композиції. Шляхом оцінки якості гранули капсульованого добрива, отриманого за умови використання різних технологій капсулювання, вибиралась також оптимальна технологія капсулювання.

Для досліджень використовувались фосфорити Ратнівського родовища фосфоритів (Волинь), цеоліт Сокирницького родовища (Закарпаття), глауконіт Адамівського родовища (Хмельницька обл) та палигорськіт Дашуківського родовища (Черкащина).

Як в'язуче використовувалась меляса бурякова Радехівського цукрового заводу – густа брунатна рідина, що залишається після переробки цукрових буряків як відходи виробництва цукру. Використовується як сировина для виробництва етилового спирту, харчових кислот, хлібопекарських та кормових дріжджів, як добавка до корму сільськогосподарських тварин, а також як зв'язуюча речовина при грудкуванні дрібнодисперсного вугілля [12].

Для здійснення процесу капсулювання мінеральних добрив необхідно щоби плівка на поверхні гранули була достатньо міцною. Такі вимоги пов'язані зі значним механічним навантаженням на частинки. З метою визначення найбільш оптимального складу покривної композиції проводили дослідження механічної стійкості на стиснення взірців, виготовлених із цієї композиції. Для цього виготовляли проби з різним співвідношенням мінералів і в'язучого. Одержані суміші поміщали в спеціальні форми з розміром комірки 20x20x20. Отримані зразки залишались в формах 2–3 дні, після чого виймалися з них і висушувалися за кімнатних умов впродовж 20 днів, після чого випробовувалися на міцність на лабораторному пресі 2167 Р–50.

Дослідженнями [13] встановлено, що максимальна міцність зразків спостерігається за умови мінімального вмісту у композиції в'язучого. З позиції застосування капсульованого добрива у сільському господарстві у випадку використання як в'язучого меляси, найбільш бажаним результатом було б створення оболонки з мінімальним вмістом у плівкоутворюючій композиції меляси і, відповідно, максимальним умістом дисперсного природного мінералу. За таких умов до ґрунтів разом із добривом потрапляла би максимальна кількість дисперсного мінералу, який покращував би структурні характеристики ґрунтів. Разом з тим мінімізація вмісту меляси в композиції відповідно зменшує тепловитрати на формування частинок добрива внаслідок мінімізації витрати тепла на випаровування вільної вологи із композиції, вміст якої внаслідок мінімального вмісту меляси також мінімальний. Одночасно необхідною вимогою до композиції є її достатня механічна міцність (≥ 1 МПа), що забезпечило б достатню міцність отриманих гранул капсульованого добрива. Виходячи із цього, для досліджень підбирали такий вміст в'язучого (співвідношення встановлювалось експериментальним шляхом), який забезпечив би необхідну здатну до формування в'язкість суспензії. Саме із такими співвідношеннями проводились експериментальні дослідження, дані експериментів приведені на рис.1.

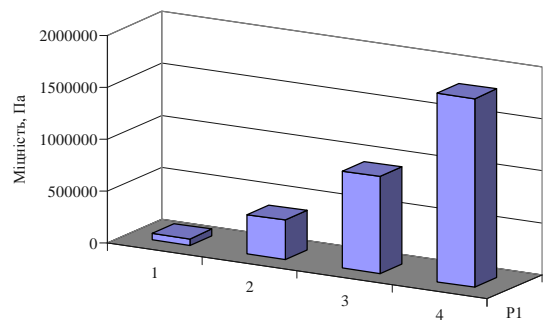


Рисунок 1 – Результати випробувань механічної міцності зразків, для композицій:

1 – фосфорит+меляса = 5:1,5; 2 – глауконіт+меляса=5:1,5; 3 – цеоліт+ меляса=5:2; 4 – палигорськіт+меляса = 5:4

Як видно із рис. 1, механічна міцність більша 1МПа (1,8 МПа) досягається лише для композиції на основі меляси бурякової та палигорськиту із співвідношенням сорбент : меляса, що дорівнює 5 : 4. Тому в подальшому саме це співвідношення та ці матеріали і були вибрані для досліджень.

На нашу думку значна відмінність у механічній міцності зразків, отриманих із використанням як дисперсного мінералу палигорськиту, порівняно з іншими зразками, може бути пояснена внутрішньою структурою палигорськиту. Наявність розвинутої пористості – з одного боку – цеолітними каналами в структурі (первинні пори), з іншого – пористим простором пачок, в які агрегують голкові або волокноподібні частинки мінералу (вторинні пори) [14], може сприяти сор-

бції структурних одиниць меляси в структуру палигорськіту під час випаровування рідкого дисперсійного середовища (води), в результаті чого утворюється більш однорідне і більш механічно міцне тіло плівки капсули.

Важливим завданням фізичного моделювання процесу капсулювання є встановлення найбільш прийнятної технології нанесення плівкового покриття. Критерієм оптимальності повинно слугувати якість покриття. Нами випробовувались дві технології нанесення покриття – нанесення із допомогою барабанного гранулятора та апарату псевдозрідженого шару.

Проводились мікроскопічні дослідження капсульованих частинок мінеральних добрив, для яких як плівкоутворююча композиція використовувалась суміш на основі меленого сорбенту (палигорськіту) та меляси. Нанесення покриття проводили на частинки гранульованої нітроамфоски. Процес здійснювали в апараті циліндричного типу періодичної дії. Рівномірність покриття контролювали під мікроскопом. На рис. 2 приведена фотографія зрізу капсульованої частинки нітроамфоски за умови 10-ти кратного збільшення. Для більшої наочності зображення в процесі капсулювання до плівкоутворюючого розчину додавали барвник. На фотографії спостерігається часткове проникнення розчину із барвником всередину гранули. Таке явище викликане тим, що капсулювання проводили із водної суспензії плівкоутворювача, а самі частинки є легкорозчинними. Тоді в процесі нанесення перших шарів покриття відбувається часткове розчинення та перемішування матеріалу частинки з плівкоутворюючою композицією, що може впливати на кінетику процесу вивільнення.

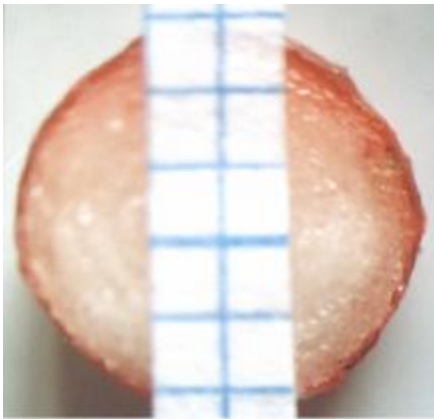


Рисунок 2 – Розріз частинки, покритої оболонкою палигорськіт + меляса = 5:4

З фотографії видно, що отримане на частинці покриття є рівномірним з прогнозованою товщиною. В загальній масі частинок частинки, структура покриття яких відповідає рис. 2 складала практично всю масу частинок. Разом з тим, дані досліджень частинок, капсульованих у барабанному грануляторі показали, що в загальній масі частинок до 15 % їх не були покриті суцільною плівкою. Спостерігалась також велика кількість таких частинок, структура плівки яких була нерівномірною і характеризувалась різномісцевістю. Тому для подальших досліджень приймався спосіб на-

несення покриття на частинки мінеральних добрив у апараті киплячого шару.

Із рис. 2 видно, що в середньому товщина покриття частинки досліджуваного зразка становила 0,1–0,2 мм. У процесі капсулювання частинок мінерального добрива в апараті киплячого шару є можливість, змінюючи режими гранулювання та подачі капсулоутворюючої суміші, змінювати товщину шару капсули. В такий спосіб досягається різний термін пролонгації дії капсульованого добрива.

Утворення оболонки на поверхні частинок дисперсного шару в процесі капсулювання їх в апараті псевдозрідженого шару супроводжується складними гідродинамічними, масо- та теплообмінними процесами. Технологічно капсулювання поділяється на декілька відносно самостійних стадій. Першою стадією є завантаження шару матеріалу в продуктивний резервуар апарату. Наступним етапом є нагрівання матеріалу та деталей апарату до робочої температури шляхом пропускання нагрітого псевдозріджуючого повітря. В момент подачі в апарат плівкоутворюючого розчину починається безпосередньо процес нарощування плівки на поверхні частинок. Поступаючи в апарат, плівкоутворююча суспензія розпилюється в продуктивному резервуарі за допомогою форсунки. Краплинки суспензії осідають на поверхні частинок і рівномірно розподіляються на цій поверхні під дією сил адгезії. Перебуваючи в завислому стані, частинка матеріалу обдувається підігрітим псевдозріджуючим повітрям, що спричинює до інтенсивного випаровування рідкої фази з поверхні частинки. Поступово перебуваючи в зоні зрошення та сушіння та інтенсивно обертаючись, частинка матеріалу покривається плівкою. На місці осадження краплі залишається шар сорбенту, зв'язаний в'язучим компонентом плівкоутворюючої композиції в суцільну плівку певної товщини, яка залежить від розмірів краплинки (витрати плівкоутворюючої суспензії), концентрації твердої фази в суспензії та режимних параметрів процесу капсулювання.

Процес виробництва капсульованої плівкою із суміші палигорськіту та меляси гранульованої нітроамфоски полягає у здійсненні технологічних стадій приготування капсулоутворюючої суспензії та нанесення її на частинки гранульованого добрива. Технологічна схема такого виробництва приведена на рис. 3.

Суспензія капсулоутворюючої композиції приготувалась у ємності 1, яка обладнана перемішувачем пристроєм. В ємність 1 дозатором 4 у визначених кількостях завантажувалась палигорськіт, дозатором 5 подавалась меляса та, за потреби, вода. Композиція протягом 10 годин гомогенізувалась, після чого направлялась у збірник 2. Далше за потреби композиція насосом 3 подавалась на дозатор 6. Метою перемішувача пристроїв на лінії подачі композиції було забезпечення стійкості суспензії.

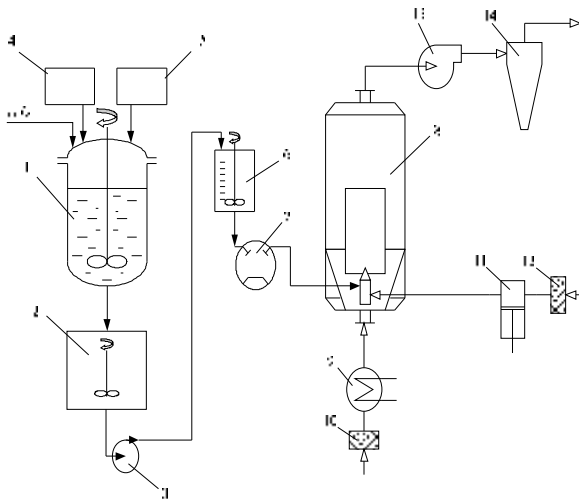


Рисунок 3 – Принципова технологічна схема капсулювання гранульованої нітроамофоски композицією на основі палігорськиту та меляси

Процес капсулювання реалізувався в апараті киплячого шару 8 періодичної дії циліндрично-конічного типу, обладнаному направляючим циліндром задля впорядкування циркуляції руху частинок мінерального добрива в процесі капсулювання та розділення шару частинок на зону капсулювання та зону сушіння. Пристрій для розпилювання капсулоутворюючої композиції встановлений в зоні капсулювання. Гранули нітроамофоски потрапляють в зону капсулювання через зазор між решіткою розподілу газового потоку та нижньою частиною перегородки і, зрешуючись суспензією, яка розпилюється пристроєм для розпилювання, направляються в зону сушіння через верхню щілину. В зоні сушіння за рахунок зниження швидкості повітря створюються умови для псевдозрідження. Частинки, які осіли, знову потрапляють в зону капсулювання.

Решітка для розподілу газового потоку має різний відсоток живого січення в зонах капсулювання та сушіння. За рахунок того, що в зоні капсулювання живий переріз решітки більше, створюється висхідний потік гранул за рахунок більшої витрати повітря в зоні капсулювання. Висока якість рівнотонщинного покриття гранул добрива капсулою та рівномірний режим його нанесення досягається за рахунок вертикальних перетинок, які секціонують камеру апарату киплячого шару і впорядковують рух частинок. За допомогою газодувки 13 частинки нітроамофоски, які потрапляють у апарат киплячого шару, перебувають у псевдозрідженому стані, нагріваючись одночасно до робочої температури процесу капсулювання. Після досягнення цієї температури з допомогою насоса-дозатора 7 в робочу камеру апарату киплячого шару із встановленою інтенсивністю подається капсулоутворююча композиція, яка пневматичною форсункою розпилюється в об'ємі зони капсулювання апарату. Повітря, яке потрапляє на форсунку від компресора 11, очищається за допомогою фільтрів 10 та 12. Відпрацьована газова суміш після створення киплячого шару нітроамофоски та капсул, які генеруються в апараті, подається на очищення в систему очищення 14. Попередження забруднення атмосфери, на всьому повітряно-газовому тракті установки забезпечується розрідженням, яке створюється газодувкою 13.

ВИСНОВКИ. Таким чином, за результатами випробування міцності зразків, виготовлених з капсулоутворюючої композиції різних варіантів складу, виходячи із

умови необхідної механічної міцності (≥ 1 МПа), для практичного використання рекомендована композиція палігорськит + меляса бурякова із співвідношенням 5:4. Аналіз мікроструктури капсульованих частинок, отриманих різними способами капсулювання (барабанний гранулятор та апарат киплячого шару) показав переваги застосування апарату киплячого шару, в якому міняючи режими гранулювання та подачі капсулоутворюючої суміші можна змінювати товщину шару капсули. Цим досягається різний термін пролонгації дії капсульованого добрива. Запропонована принципова технологічна схема капсулювання гранульованої нітроамофоски композицією на основі палігорськиту та меляси.

ЛІТЕРАТУРА

1. А.с.1421727 СССР МКИ C05B 7/00. Способ получения гранулированного сложного удобрения / Бродский А.А., Варфоломеев В.А., Морозова А.Т. и др. – №3938753/23-26, заявл. 1.08.85, опубл. 7.09.88, Бюл. № 33.
2. Калимон Я.А. Нанесення сірчаного покриття на гранули мінеральних добрив в апараті “киплячого” шару / Я.А. Калимон, О.О. Тригуба, В.Т. Яворський // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Хімія, технологія речовин та їх застосування. – 2004. – № 347. – С. 47–56.
3. Патент 1692974 СССР, МКИ C05D 9/02, 1/02. Способ получения гранулированного медьсодержащего калийного удобрения / Луцко В.А., Авилов В.Н., Френкель П.Л. и др. – № 4449511/26, заявл. 29.06.88, опубл. 23.11.91, Бюл. № 43.
4. Заявка 3638039 ФРГ, МКИ C05G5/00, C05F 11/00/ Verfahren zum Herstellen von Dungestabchen / Nieb Klaus, Reihlen Rolland. – NP3638039.3, заявл. 07.11.86, опубл. 11.05.88.
5. Патент 6080221 США, МПК⁷ C05G3/02. Vacuum coated particulate fertilizers / Moore William P. – № 09/398515, заявл. 17.09.99, опубл. 27.06.00.
6. Патент 723100 Австралія, МПК⁶ C05G003/00, A01N 025/00. Controlled release fertilizer compositions and processes for the preparation thereof / Tijssma Edze Jan, Terlingen Johannes Gysbertus Antonions, Aalto Seija Helena, Van Kaathoven Hendrikus, Gijsbertus Adrianus. – № 199871757, заявл. 05.05.98, опубл. 17.08.00.
7. Патент 6176891 США МПК⁷ C05G5/00. Coated granular fertilizer and method for producing same / Komorija Narahiko, Maeda Kazuhiko, Shiota Masajuki, Hirashima Yoshi, Tsutsumi Kentaro, Ootani Mikio, Ikeda Yukio. – № 09/048111, заявл. 26.03.98, опубл. 23.01.01.
8. Патент 6231633 США МПК⁷ C05G5/00. Granular coated fertilizer and method for producing the same / Hirano Yasuhiro, Yamaguchi Yutaka, Nakamura Hiroshi. – № 09/313985, заявл. 19.05.99, опубл. 15.05.01.
9. Утилізація відходів споживання виробів з полістиролу у виробництві капсульованих мінеральних добрив / О.А. Нагурський, В.В. Ващук // Міжнародна науково-практична конференція “1-й Всеукраїнський з'їзд екологів”, 04–07 жовтня 2006 р., Вінниця. – Вінниця: Вид-во Вінницького національного технічного університету, 2006. – С. 39.
10. Дослідження технологічних аспектів доб-

рив, капсульованих плівкою із природних дисперсних сорбентів / М.С. Мальований, О.А. Нагурський, М.Я. Гавриляк, В.В. Матічин // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2007. – № 1. – С. 38–42.

11. Визначення проникності оболонок на основі композиції природний сорбент–лігнін / О.А. Нагурський, М.Я. Гавриляк, М.С. Мальований // Екологічна безпека. – 2008. – Вип. 1/2008 (1). – С. 27–30.

12. Мала гірнича енциклопедія. Т. 3 / За ред. В.С. Білецького. – Донецьк: «Донбас», 2004. – 456 с.

13. Перспективи застосування мінеральних добрив, капсульованих плівкою на основі дисперсних природних мінералів / Недаль Хуссейн Мусалам Аль Хасанат, М.С. Мальований, О.А. Нагурський // Сільський господар. – 2010. – № 1–2. – С. 4–6.

14. Адсорбція на глинистых мінералах / Ю.И. Тарасевич, Ф.Д. Овчаренко. – К.: Наукова думка, 1975. – 351 с.

DETERMINATION OF OPTIMUM FILM-FORMING COMPOSITION FOR FERTILIZER ENCAPSULATION

V. Bunko

Branch of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine «Berezhansk Agrotechnical Institute» vul. Academichna, 20, Berezhany, 47501, Ukraine. E-mail: VBunko@gmail.com

M. Malovanyy, O. Nagurskyy

National University «Lviv Polytechnic»

vul. S. Bandery, 12, Lviv, 79013, Ukraine. E-mail: mmal@polynet.lviv.ua E-mail: nahurskyy@mail.ru

V. Druzjuk

RPD «Lvivtransgas»

vul. Rubchaka, 3, Lviv, 79026, Ukraine. E-mail: vdruzjuk@mail.ru

In this work different film forming compositions for fertilizer encapsulation composed of molasses and natural sorbents of various types were studied and their mechanical strength was determined. The optimal content of the film forming composition for fertilizers encapsulation was established to be beet molasses mixed with palygorskite with molar ratio 5:4. Analyzing microstructure of capsulated fertilizer particles, created in different ways (granulation drum and fluid bed apparatus) it was concluded that it is optimal to perform capsulation process in fluid bed apparatus, which gives possibility to change the layer thickness by changing the modes of granulation and film-forming composition supply. Principal technological scheme of granular NPK fertilizer encapsulation with composition based on palygorskite and molasses was developed.

Key words: film-forming composition, encapsulation, fertilizer, fluidized bed.

REFERENCES

1. A.C. 1421727 USSR MKI C05B 7/00 Production of granulized fertilizer / A.Brodskyy, V.Varfolomeev, A.Morozova. – № 3938753/23–26, appl. 1.08.85, publ. 7.09.88, bul. № 33. [in Ukrainian]

2. Sulphur coating on mineral fertilizers granules in the apparatus of “boiling” layer / Y. Kalymon, O. Tryhuba, V. Yavorsky // *Journal of the National University “Lviv Polytechnic” Chemistry, technology of materials and their utilization.* – 2004. – № 347. – PP. 47–56. [in Ukrainian]

3. Patent 1692974 USSR, MKI C05D 9/02, 1/02. Production of granulized potassium fertilizer / V. Lutsko, V. Avilov, P. Frenkel. – № 4449511/26, appl. 29.06.88, publ. 23.11.91, bul. № 43. [in Ukrainian]

4. Application 3638039 DFR, MKI C05G5/00, C05F 11/00/ Verfahren zum Herstellen von Dungestabchen / Nieb Klaus, Reihlen Rolland / NP 3638039.3, appl. 07.11.86, publ. 11.05.88. [in Ukrainian]

5. Patent 6080221 USA, MPK⁷ C05G3/02. Vacuum coated particulate fertilizers / Moore William P. – № 09/398515, appl. 17.09.99, publ. 27.06.00. [in Ukrainian]

6. Patent 723100 Australia, MPK⁶ C05G003/00, A01N 025/00. Controlled release fertilizer compositions and processes for the preparation thereof/Tijsma Edze Jan, Terlingen Johannes Gysbertus Antonions, Aalto Seija Helena, Van Kaathoven Hendrikus, Gijsbertus Adrianus.-№ 199871757, appl.05.05.98, publ. 17.08.00. [in Ukrainian]

7. Patent 6176891 USA MPK⁷ C05G5/00. Coated granular fertilizer and method for producing same / Komorija Narahiko, Maeda Kazuhiko, Shiota Masaijuki, Hirashima Yoshi, Tsutsumi Kentaro, Ootani Mikio, Ikeda Yukio. – № 09/048111, appl. 26.03.98, publ. 23.01.01. [in Ukrainian]

8. Patent 6231633 USA MPK⁷ C05G5/00. Granular

coated fertilizer and method for producing the same/Hirano Yasuhiro, Yamaguchi Yutaka, Nakamura Hiroshi. – № 09/313985, appl. 19.05.99, publ. 15.05.01. [in Ukrainian]

9. Utilization of polystyrol waste in production of capsuled mineral fertilizers / O. Nahurskyy, V. Vashchuk // International scientific conference 1-st Ukrainian ecological fair, Vinnytsya, 04–07 October, 2006 / National technical University of Vinnytsya. – Vinnytsya: *Magazine of National technical University of Vinnytsya*, 2006. – P. 39. [in Ukrainian]

10. Research of technological aspects of fertilizers capsulated by natural dispersed sorbents / M. Malovanyy, O. Nahurskyy, M. Havrylyak, V. Matichyn // *Ecology and safety of life activity.* – 2007. – № 1. – PP. 38–42. [in Ukrainian]

11. Studying penetration of sorbent-lignin coating / O. Nahurskyy, M. Havrylyak, M. Malovanyy // *Ecological safety.* - 2008. – Iss. 1/2008 (1). – PP. 27–30. (in ukr)

12. Small Mining Encyclopedia / V. Biletsky. – Donetsk: “Donbas”, 2004. – 456 p. [in Ukrainian]

13. Perspectives of mineral fertilizers use capsuled by natural dispersed minerals / Nedal Hussein Musalam Al Hasanat, M. Malovanyy, O. Nahurskyy // *Agriculture magazine.* – 2010. – № 1–2. – PP. 4–6. [in Ukrainian]

14. *Adsorption on clay minerals* / Y. Tarasevych, F. Ovcharenko. – Kiev: Naukova Dumka, 1975. – 351 p. [in Ukrainian]

Стаття надійшла 16.03.2012.

Рекомендовано до друку
к.т.н., доц. Бахаревим В.С.