

Scientific and technical journal «Technogenic and Ecological Safety»

RESEARCH ARTICLE
OPEN ACCESS

ЗОЛЬНЕ ГРАНУЛЮВАННЯ У ПАКУВАННІ НАСІННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ НЕБЕЗПЕЧНИХ ВІДХОДІВ ТВАРИНИЦТВА

В. Ю. Колосков¹, Г. М. Колоскова², О. М. Кондратенко¹, Є. В. Стороженко³¹Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна²Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків, Україна³З ДПРЗ ГУ ДСНС України у Хмельницькій області, Нетішин, Хмельницька область, Україна

УДК 628.477:631.8

DOI: 10.52363/2522-1892.2022.2.8

Отримано: 15 жовтня 2022

Прийнято: 25 листопада 2022

Cite as: Koloskov V., Koloskova H., Kondratenko O., Storozhenko E. (2022). Ash granulation in seed packaging using hazardous livestock waste. Technogenic and ecological safety, 12(2/2022), 65–71. doi: 10.52363/2522-1892.2022.2.8

Анотація

У представленій роботі визначено можливість використання способу гранулювання при пакуванні насіння, зокрема, із виготовленням гранул з добрив. Розроблено технологію виготовлення упаковки для насіння з біологічних відходів, засновану на способі гранулювання насіння із золю спалення біологічних відходів тваринництва. Зола після спалювання формується у гранули сферичної форми із насінням всередині. Також з отриманої золи можна утворити й транспортну упаковку у вигляді брикетів, що містять у своїй товщі насіння рослин.

Для визначення захисних характеристик зольної гранули, утвореної навколо насіння, було розроблено модель гранульованого насіння у системі SolidWORKS за допомогою методу кінцевих елементів. З використанням розробленої моделі проведено імітаційний експеримент з дослідження процесу нагрівання гранули під дією відкритого сонячного опромінення. В результаті експерименту встановлено, що у випадку короточасного теплового впливу, який не перевищує 10 хвилин, температура зернини насіння збільшиться лише на 7°C, що не виходить за межі температурних умов зберігання переважної більшості видів насіння.

Ключові слова: екологічна безпека, технології захисту навколишнього середовища, відходи тваринництва, біологічні відходи, зола, гранулювання, насіння.

Постановка проблеми

З 29 вересня 2017 року в Україні діють нові вимоги до упаковки і маркування насіння, які встановлені наказом Мінагрополітики № 348 від 10.07.2017 р. [1].

Згідно Порядку маркування та пакування партій насіння, затвердженому вищевказаним наказом, обов'язковому пакуванню та маркуванню підлягають усі партії добазового та базового насіння незалежно від їх призначення, а також партії сертифікованого насіння першої генерації, призначені для реалізації. Партії сертифікованого насіння нижніх генерацій, які призначені для реалізації, допускається зберігати без упаковки, але з обов'язковим маркуванням.

Ключовою проблемою упаковки для насіння є забезпечення можливості її утилізації, адже накопичення мішків, пакетів, тощо, відбувається на території підприємств, що займаються сільським господарством. Натомість, сьогодні багато виробників екологічного пакування пропонують рішення так званої рослинної упаковки, яка являє собою матеріал рослинного походження (листовий або пресований папір), який містить насіння рослини [2]. При висаджуванні папір швидко розкладається, а насіння, натомість, проростає у ґрунті. Також ще декілька років тому перспективним вважалося використання біорозкладаної упаковки на основі біорозкладаних полімерів. Однак, у наступних дослідженнях було встановлено високий рівень її екологічної шкоди, внаслідок чого використання

таких матеріалів в Україні було заборонено [3]. Слід зазначити, що упаковка з біоматеріалів має свої недоліки. Вона легше руйнується, має низький рівень захисту вмісту від зовнішніх впливів, що впливає на термін зберігання. Тому розробка нових зразків упаковки потребує відповідних досліджень у напрямку створення матеріалів та технологій пакування.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Сьогодні провідні світові селекціонери-виробники насіння використовують ту чи іншу технологію його підготовки на етапі пакування з метою покращення їх збереження, а також поліпшення посівних характеристик. В даний час всі світові селекціонери-виробники насіння квіткових культур пропонують різні форми і види їх обробки.

Насіння в гранулах являють собою швидкорозчинні драже з мікроелементами і стимуляторами росту, всередині яких знаходиться насіння. Під час висадки в ґрунт гранульоване насіння отримує доступ до необхідного для нормального розвитку комплексу поживних речовин, який потрапляє адресно до кожного пророслого насіння. За рахунок цього рослини виходять рівномірними за розмірами та відстанню, а також за швидкістю сходження. Крім того, гранульоване насіння набагато легше сіяти, оскільки завдяки наявності оболонки воно збільшується у розмірах в декілька разів, а це дуже важливо, якщо мова йде про дрібні культури. Нарешті, рівномірне

розміщення насіння дозволяє виключити проріджування, спростивши вирощування рослин.

Оболонка гранул має бути виготовлена з матеріалів, які розчинюються під дією ґрунтових вод. До складу оболонки можуть входити поживні речовини, мікроелементи, регулятори росту, а також засоби захисту рослин. Їх частинки фіксують між собою за допомогою в'язучого на основі розчинного рослинного клейстеру. Для певних видів рослин, зокрема квіткових культур, гранули містять декілька одиниць насіння одночасно, що забезпечує їх високу кустистість.

Сьогодні метод гранулювання широко використовується у найрізноманітніших галузях господарства – харчовій, хімічній, фармацевтичній, тощо. Багато досліджень було спрямовано в останні роки на визначення характеристик процесу виробництва та продуктів гранулювання [4-6].

Давно відомим є великий позитивний ефект від використання у вигляді добрив рослинної та тваринної золи [7]. Зола містить поживні речовини, потрібні рослинам, зокрема: фосфор, калій, кальцій, тощо. Використання золи у якості добрив дозволяє зменшити негативний вплив сільського господарства на навколишнє середовище завдяки виключенню штучних добрив, наприклад, 1 кг деревної золи може замінити 220 г гранульованого суперфосфату, 500 г вапна і 240 г хлористого калію. Тваринна ж зола за своїм складом від рослинної відрізняється лише співвідношенням кількості відповідних поживних речовин.

З іншого боку, зола відома своїми високими якість у якості конструкційного матеріалу [8]. Вона давно використовується як речовина для виробництва будівельних матеріалів – цегли, бетону, тощо. При цьому зола демонструє велику міцність та термостійкість, а тому при її використанні для гранулювання насіння може забезпечити відповідний рівень його збереженості при зберіганні та транспортуванні.

Джерелом тваринної золи можуть стати вже накопичені або знову утворені біологічні відходи тваринництва, а також інші види біологічних відходів. Під біологічними відходами зазвичай розуміють трупи тварин і птахів (у тому числі лабораторних), включаючи також мертворождалих і абортіваних їх дитинчат, м'ясні, рибні продукти і загалом продукцію тваринного походження, а також інші відходи, які утворюються при обробці сировини тваринного походження.

Біологічні відходи являють собою серйозну загрозу. Вони підлягають обов'язковій утилізації, оскільки можуть бути заражені збудниками небезпечних для людини хвороб, наприклад, сибірської виразки і атипової пневмонії. Саме через халатне ставлення до знищення утилю даного типу в світі періодично зароджуються епідемії смертельно небезпечних захворювань [9-16].

Створення комплексної системи збирання, транспортування та утилізації біологічних відходів є надзвичайно складним і витратним завданням, яке

сьогодні не вирішили навіть країни з високим економічним розвитком. Крім того, до появи технологій промислового тваринництва людство не особливо переймалося проблемою знищення відходів тваринного походження, оскільки вони були незначними. Винятком були лише випадки масової загибелі тварин внаслідок інфекційних захворювань, отруєнь чи природних катаклізмів. У таких випадках захоронення здійснювали на околицях поселень у глибоких ямах.

На території колишнього СРСР метод захоронення загиблих тварин в худобо-могильниках активно використовувався до 70-х років ХХ століття. І тому нині в Україні практично у кожному населеному пункті є не менше одного худобо-могильника. Землі, на котрих розташовано такі поховання, практично на десятиліття викреслені з переліку придатних до використання.

Внаслідок поменей у Західній Україні місця масового захоронення тварин регулярно підтоплюються, а кількість таких подій, з урахуванням поточних кліматичних змін, пов'язаних з підвищенням температури повітря та збільшенням кількості катастрофічних злив, постійно зростає.

Постановка завдання та його вирішення

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є розробка нової технології гранулювання насіння з використанням золи від спалювання небезпечних біологічних відходів для підвищення рівня екологічної безпеки ґрунтів.

Для досягнення цієї мети було поставлено та вирішено такі завдання:

- провести аналіз сучасних зразків упаковки для насіння та вимог, що висуваються до неї;
- розробити технологію виготовлення упаковки для насіння з біологічних відходів;
- дослідити захисні характеристики зольної гранули для упакованого насіння.

Об'єкт дослідження – екологічна захисна упаковка для насіння.

Предмет дослідження – спосіб гранулювання насіння з використанням золи від спалювання небезпечних біологічних відходів як технологія захисту навколишнього середовища.

Наукова новизна отриманих результатів:

– набув подальшого розвитку спосіб пакування насіння у гранули із використанням золи від спалювання небезпечних відходів тваринництва у частині пристосування до підвищення рівня екологічної безпеки ґрунтів;

– удосконалено технологію гранулювання насіння із використанням золи від спалювання небезпечних відходів тваринництва у частині застосування її як технології захисту навколишнього середовища;

– вперше розроблено теплофізичну модель гранульованого насіння із використанням золи від спалювання небезпечних відходів тваринництва за допомогою методу кінцевих елементів для дослідження захисних характеристик зольної гранули для упакованого насіння.

Розробка технології виготовлення упаковки для насіння з біологічних відходів

Перевагою біологічного методу утилізації є лише відносна локалізація одного з елементів інфекції. Недоліками ж є постійне вторинне забруднення атмосферного повітря продуктами розпаду органічних сполук – сірководнем та аміаком, а також забруднення навколишніх територій і ґрунтових вод. Разом з тим не варто забувати, що створення нових худобо-могильників та біотермічних ям заборонено законодавством України. Тому пошук ефективних, біологічно безпечних методів знешкодження відходів тваринного походження постає практично перед усіма країнами світу й є одним з найактуальніших у галузі біологічної безпеки.

Альтернативою біологічному може стати термічний метод утилізації, який базується на знешкодженні відходів високими температурами.

Спалювання – це найбільш перевірений і поширений спосіб утилізації відходів у світі. Його проводять у земляних траншеях (ямах) або спеціальних печах до утворення негорючого неорганічного залишку. При цьому спалювання у земляній траншеї (ямі) з використанням дров, гумових відходів (шин тощо) чи інших твердих горючих матеріалів здійснюється у виняткових випадках в разі масової загибелі тварин і неможливості їх транспортування для утилізації.

Недоліки методу утилізації трупів спалюванням у земляній траншеї наступні:

- забруднення повітря токсичними продуктами горіння;
- експлуатаційні труднощі та висока вартість процесу спалювання;
- не виключається можливість забруднення ґрунту патогенною мікрофлорою.

Виходячи з вказаних недоліків, в основу розробленої технології захисту навколишнього середовища було покладено використання спеціальних печей-крематорів. Це високо-технологічне, малогабаритне і економне сучасне обладнання, що працює на дизельному паливі, зрідженому чи природному газі. Крематори можуть бути як стаціонарними, так і мобільними. Висока варіативність обсягу завантаження сировини дозволяє використовувати такий апарат як у невеликих господарствах, так і на великих тваринницьких та птахівничих комплексах. Переваги використання крематорів наступні:

- відходи знищуються безпосередньо на місці їх утворення за короткий проміжок часу;
- побічними продуктами спалювання в основному є вода, вуглекислий газ і до 5% стерильного сухого залишку-золи;
- при згоранні відсутній дим та запах;
- економічність;
- тепла енергія, що виробляється у процесі згорання, може бути цінним побічним продуктом і в подальшому використовуватись.

Технологічна схема роботи крематора виглядає наступним чином:

- завантаження → спалювання →
- охолодження попелу → очищення камери.

Золу вивантажують з утилізатора після охолодження установки. Найкращий час для цього – це ранок на початку денної зміни. Отриманий продукт може бути використаний для гранулювання зерен відразу на місці утворення, або ж після транспортування до підприємства. Вивантажена зола після спалювання формується у гранули сферичної форми із насінням всередині. Також з отриманої золи можна утворити й транспортну упаковку у вигляді брикетів, що містять у своїй товщі насіння рослин.

За результатами дослідження отримано патент України на корисну модель № 151010 «Спосіб виготовлення насіннево-органомінеральних гранул для висіву дрібнонасіневих культур з використанням золи від спалювання біологічних відходів» [17]. В основу корисної моделі поставлена задача удосконалити спосіб виготовлення гранул для висіву дрібнонасіневих культур шляхом утворення на гранулі зовнішнього захисного шару. Поставлена задача вирішується тим, що під час виготовлення гранул для висіву дрібнонасіневих культур з поживною мікро- та макроелементною органомінеральною частиною на гранульованому важкорозчинному азотно-фосфорному добриві, згідно з корисною моделлю, в насіннево-органомінеральній гранулі навколо шару, що містить насіння, наноситься захисний шар золи від спалювання біологічних відходів, яка має низький коефіцієнт теплопровідності. Це дає змогу зменшити температуру насіння всередині гранули при його зберіганні під час зовнішнього теплового впливу, зокрема, під час знаходження під дією сонячного випромінювання. При цьому використання золи від спалювання біологічних відходів, яка є ефективним видом добрива, дозволяє зменшити кількість азотно-фосфорного добрива всередині гранули. Схема насіннево-органомінеральних гранул представлена на рис. 1.

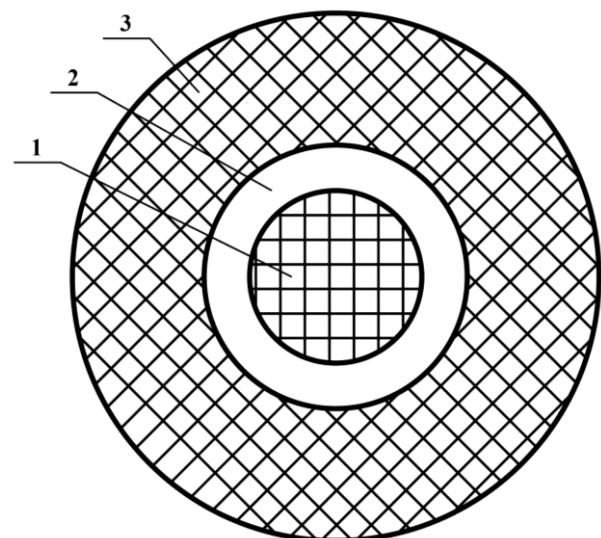


Рисунок 1 – Схема насіннево-органомінеральних гранул [17]: 1 – гранула важкорозчинного азотно-фосфорного добрива; 2 – суміш насіння, органічного добрива та дрібнозернистого піску; 3 – зола від спалювання біологічних відходів

Використання запропонованого способу дозволяє істотно поліпшувати збережаність насіння дрібнонасінневих культур завдяки забезпеченню захисту насіння насіннево-органомінеральною гранулою від зовнішнього теплового впливу. Також використання запропонованого способу дозволяє істотно підвищувати ефективність використання мінерального добрива безпосередньо культурою. Завдяки цьому забезпечується підвищення схожості та якості сходів насіння. Крім того, використання золи від спалювання біологічних відходів дозволяє зменшити кількість азотно-фосфорного добрива всередині гранули.

Дослідження захисних характеристик зольної гранули для упакованого насіння

Окрім здатності бути мінеральним добривом, визначальним для використання золи у якості матеріалу для гранули є низьке значення коефіцієнту теплопровідності, яке складає 0,15 Вт/(м·К). Завдяки цьому зола може забезпечувати захисну функцію у випадку раптового нагрівання або охолодження гранули під час зберігання та транспортування насіння. Використання зольної гранули у цьому випадку може підвищити збережаність насіння, підвищивши тим самим його споживчі якості.

Для визначення захисних характеристик зольної гранули, утвореної навколо насіння, було проведено імітаційне моделювання процесу нагрівання гранульованого насіння під дією відкритого сонячного опромінювання. Моделювання проводилося у системі SolidWORKS за допомогою методу кінцевих елементів. При побудові моделі були обрані наступні значення параметрів теплообміну:

- зовнішній тепловий потік складає 300 Вт/м², що відповідає усередненому рівню теплового потоку сонячного опромінення;
- показник конвективного охолодження на зовнішній поверхні складає 20 Вт/(м²·К), що відповідає матеріалу гранули – золі;

- діаметр внутрішньої гранули добрива з шаром насіння складає 8 мм;
- зовнішній діаметр гранули складає 40 мм;
- початкова температура гранули складає 20°C або 293 К відповідно.

Результати моделювання у вигляді діаграм розподілу температур всередині гранули для різних моментів часу після початку впливу представлені на рисунках 2-6.

Аналіз отриманих діаграм демонструє наявність нерівномірності розподілу температур всередині гранули при нагріванні. Найвищою є температура на поверхні гранули, а найнижчою – в її центрі. При цьому можна виділити зону низьких температур навколо зернини, зокрема, після початкового періоду нагрівання тривалістю 100 с температура зернини насіння збільшується лише на 0,4°C.

На рисунку 7 представлено графіки залежностей температур гранульованого насіння, зокрема, температури на зовнішній поверхні гранули та температури насіння, яке знаходиться всередині гранули.

Аналіз отриманих залежностей показав суттєве відставання температури насіння від температури на зовнішній поверхні гранули у перші декілька хвилин нагрівання. Натомість температура зовнішньої поверхні гранули різко збільшується у перші ж секунди від початку зовнішнього теплового впливу.

Тривалість періоду, протягом якого зберігається суттєва різниця між температурами гранули та насіння, складає 10 хвилин. Час, за який вирівнюються температури гранули та насіння, складає 30 хвилин.

Таким чином, проведено імітаційне моделювання дозволило підтвердити наявність захисної здатності зольної гранули при її нагріванні. Зокрема, у випадку короточасного теплового впливу, який не перевищує 10 хвилин, температура зернини насіння збільшиться лише на 7°C, що не виходить за межі температурних умов зберігання переважної більшості видів насіння.

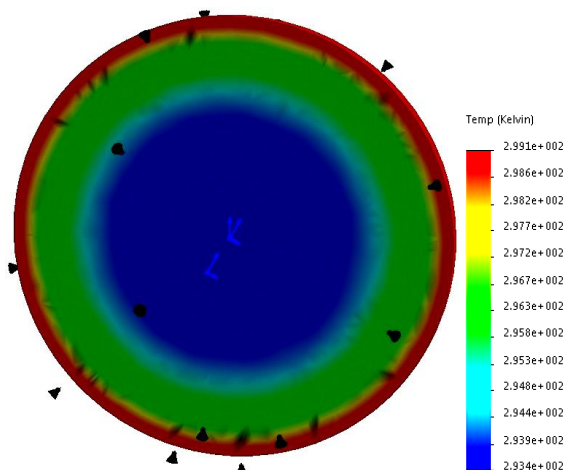


Рисунок 2 – Розподіл температур всередині гранули після 100 секунд нагрівання

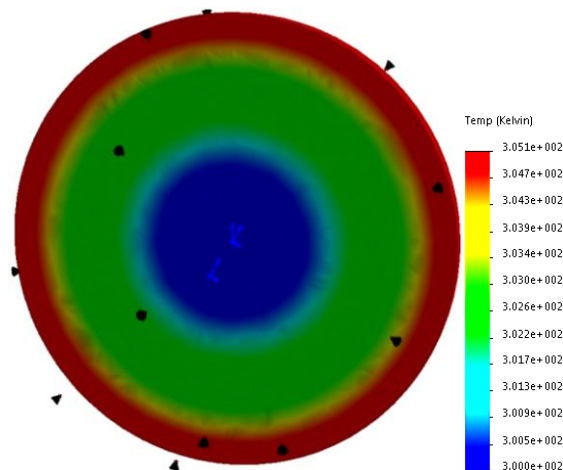


Рисунок 3 – Розподіл температур всередині гранули після 10 хвилин нагрівання

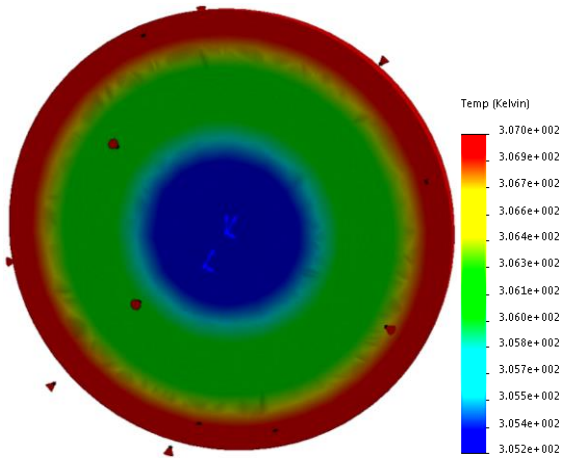


Рисунок 4 – Розподіл температур всередині гранули після 20 хвилин нагрівання

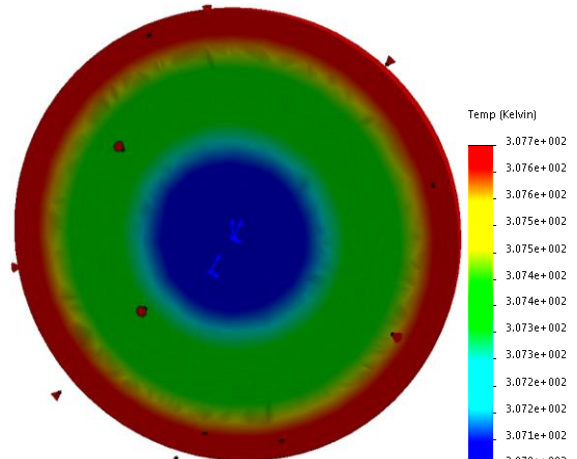


Рисунок 5 – Розподіл температур всередині гранули після 30 хвилин нагрівання

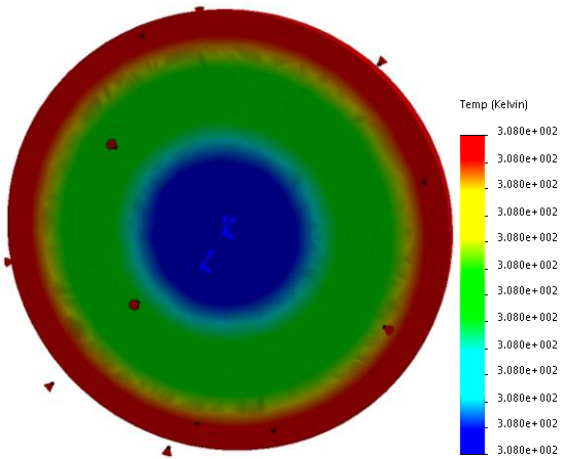


Рисунок 6 – Розподіл температур всередині гранули після 60 хвилин нагрівання

Перевагами використання зольних гранул, виготовлених із золи спалених небезпечних відходів тваринництва при пакуванні насіння є наступне:

- покращення збережаності насіння у випадку зовнішніх температурних впливів та виключення негативного ефекту, якщо такі впливи є короткостроковими;
- забезпечення утилізації небезпечних біологічних відходів тваринництва безпосередньо у місці їх захоронення;
- можливість організації технологічного процесу гранулювання насіння безпосередньо у місці захоронення небезпечних біологічних відходів та у достатній близькості до місця збирання та пакування насіння, та навпаки.

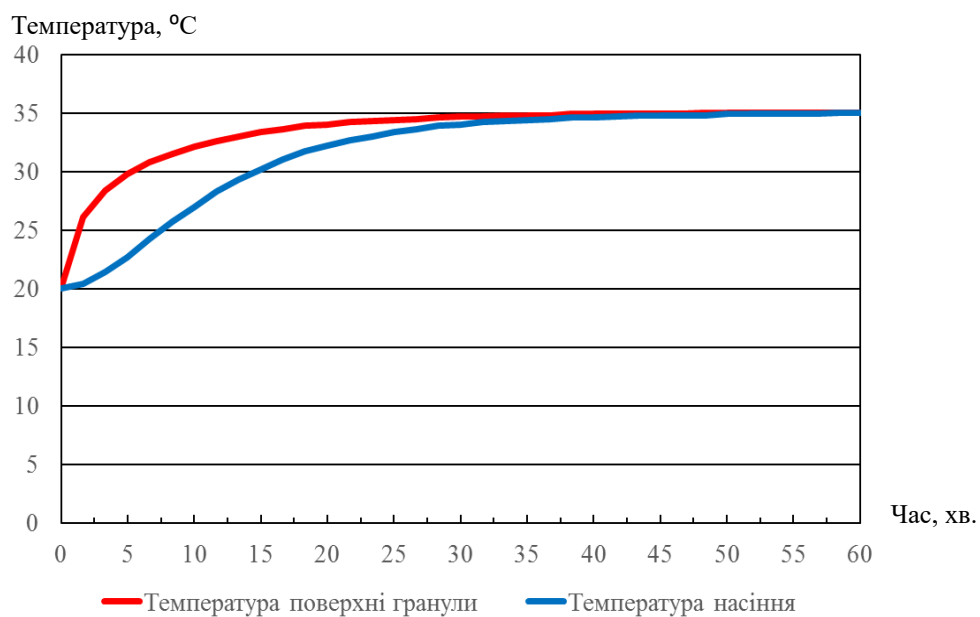


Рисунок 7 – Залежність температури гранульованого насіння від часу нагрівання

Висновки

1. У представленій роботі проведено аналіз сучасних зразків упаковки для насіння та вимог, що до них висуваються. За результатами аналізу визначено можливість використання способу гранулювання при пакуванні насіння, зокрема, із виготовленням гранул з добрив.

2. Розроблено технологію виготовлення упаковки для насіння з біологічних відходів, засновану на способі гранулювання насіння із золю спалення біологічних відходів тваринництва. Розроблена технологія може бути реалізована відразу на місці захоронення біологічних відходів, або ж після транспортування виробленої золи до сільськогосподарського підприємства. Зола після спалювання формується у гранули сферичної форми із насінням всередині. Також з отриманої золи можна утворити й транспортну упаковку у вигляді брикетів, що містять у своїй товщі насіння рослин. За результатами дослідження отримано патент

України на корисну модель № 151010 «Спосіб виготовлення насіннево-органомінеральних гранул для висіву дрібнонасінневих культур з використанням золи від спалювання біологічних відходів».

3. Для визначення захисних характеристик зольної гранули, утвореної навколо насіння, було розроблено модель гранульованого насіння у системі SolidWORKS за допомогою методу кінцевих елементів. З використанням розробленої моделі проведено імітаційний експеримент з дослідження процесу нагрівання гранули під дією відкритого сонячного опромінювання. В результаті експерименту встановлено, що у випадку короткочасного теплового впливу, який не перевищує 10 хвилин, температура зернини насіння збільшиться лише на 7°C, що не виходить за межі температурних умов зберігання переважної більшості видів насіння.

ЛІТЕРАТУРА

1. Порядок маркування та пакування партій насіння і форми етикетки. Затв. Наказом Міністерства аграрної політики та продовольства України 10.07.2017 № 348.
2. Коротенко О. Екологічний дизайн: 5 варіантів упаковок. Bazilik.media, 2020. URL: <https://bazilik.media/ekolohichnyj-dyzajn-5-variantiv-urakovok/>
3. Закон України від 01.06.2021 р. № 1489-IX «Про обмеження обігу пластикових пакетів на території України».
4. Population balance modelling of pan granulation processes / Otto E. et al. *Computer Aided Chemical Engineering*. 2021. Vol. 50. P. 965–970. DOI: 10.1016/B978-0-323-88506-5.50149-2.
5. Palisa S., Dreyschultze C., Kienle A. A methodology for experimental determination of stability boundaries with application to fluidized bed spray granulation. *Computer Aided Chemical Engineering*. 2014. Vol. 33. P. 625–630. DOI: 10.1016/B978-0-444-63456-6.50105-8.
6. Ramachandran R. A multi-scale systems approach to granulation process design. *Computer Aided Chemical Engineering*. 2011. Vol. 29. P. 91–95. DOI: 10.1016/B978-0-444-53711-9.50019-5.
7. Use of biomass ash-based materials as soil fertilisers: Critical review of the existing regulatory framework / Silva F. C. et al. *Journal of Cleaner Production*. 2019. Vol. 214. P. 112–124. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.12.268.
8. Сторожук Н. А., Павленко Т. М., Аббасова А. Р. Особенности золи тепловых электростанций как заполнителя для бетонов. *Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту*. 2017. № 5(71). С. 149–157.
9. Screening for anthrax occurrence in soil of flooded rural areas in Poland after rainfalls in spring 2010 / Zasada A. A. et al. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*. 2014. Vol. 21(3). P. 460–463. DOI: 10.5604/12321966.1120584. PMID: 25292110.
10. Isolation of *Bacillus anthracis* from soil in selected high-risk areas of Zimbabwe / Chikerema S. M. et al. *Journal of Applied Microbiology*. 2012. Vol. 113(6). P. 1389–1395. DOI: 10.1111/jam.12006. PMID: 22984812.
11. Anthrax outbreak in a Swedish beef cattle herd – 1st case in 27 years: Case report / Lewerin S. S. et al. *Acta Veterinaria Scandinavica*. 2010. Vol. 52(1). P. 7. DOI: 10.1186/1751-0147-52-7. PMID: 20122147; PMCID: PMC2826306.
12. Risk mapping and eco-anthropogenic assessment of anthrax in the upper Zambezi basin / Kamboyi H. K. et al. *Veterinary Medicine and Science*. 2019. Vol. 5(3). P. 419–427. DOI: 10.1002/vms3.168. PMID: 30920176; PMCID: PMC6682801.
13. Mapping as a tool for predicting the risk of anthrax outbreaks in Northern Region of Ghana / Nsoh A. E. et al. *Pan African Medical Journal*. 2016. Vol. 25(Suppl 1). P. 14. DOI: 10.11604/pamj.supp.2016.25.1.6205. PMID: 28149439; PMCID: PMC5257015.
14. An outbreak of cutaneous anthrax in Yunnan, China / Huang Y. et al. *Emerging Microbes & Infections*. 2016. Vol. 5(6). E64. DOI: 10.1038/em.2016.65. PMID: 27329849; PMCID: PMC4932653.
15. Severe anthrax outbreaks in Italy in 2004: considerations on factors involved in the spread of infection / Fasanella A. et al. *The New Microbiologica*. 2010. Vol. 33(1). P. 83–86. PMID: 20402418.
16. The apparent role of climate change in a recent anthrax outbreak in cattle / Maksimovic Z. et al. *Revue Scientifique et Technique*. (2017). Vol. 36(3). P. 959–963. DOI: 10.20506/rst.36.3.2727. PMID: 30160697.
17. Пат. 151010 Україна, МПК А01С 1/06 (2006.01). Спосіб виготовлення насіннево-органомінеральних гранул для висіву дрібнонасінневих культур з використанням золи від спалювання біологічних відходів / Капінос С. В., Балагурак А. В., Колосков В. Ю., Колоскова Г. М., Кондратенко О. М.; заявник та патентовласник Національний університет цивільного захисту України. – № u202105512; заявл. 29.09.2021; опубл. 25.05.2022, бюл. № 21.

Koloskov V., Koloskova H., Kondratenko O., Storozhenko E.**ASH GRANULATION IN SEED PACKAGING USING HAZARDOUS LIVESTOCK WASTE**

In the presented work the possibility of using the granulation method in the packaging of seeds is determined, in particular, for the manufacturing of granules from fertilizers. The technology of manufacturing of packaging for seeds from biological waste has been developed, based on the method of granulation of seeds with ashes of burning biological waste of animal husbandry. After burning the ash is formed into spherical granules with seeds inside. Yet it is possible to form transport packaging with the resulting ash in the form of briquettes containing plant seeds in their thickness.

To determine the protective characteristics of ash granules formed around the seeds a model of granulated seeds was developed in the SolidWORKS system using the finite element method. Using the developed model, a simulation experiment was conducted to determine the process of heating the granule under the action of open solar irradiation. As a result of the experiment it was found that in the case of short-term thermal exposure, which does not exceed 10 minutes, the temperature of the seed grain will increase only by 7°C, which does not go beyond the temperature storage conditions of the vast majority of types of seeds.

Key words: ecological safety, environmental protection technologies, livestock waste, biological waste, ash, granulation, seeds.

REFERENCES

1. Porjadok markuvannja ta pakuvannja partij nasinnja i formy etykety [The procedure for labeling and packaging batches of seeds and label forms], Approved by order of Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine (2017). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1142-17#n17>. [in Ukrainian].
2. Korotenko, O. (2020) *Ekologichnyj dyzajn: 5 variantiv upakovok* [Eco-friendly design: 5 packaging options]. Bazilik.media. <https://bazilik.media/ekolohichnyj-dyzajn-5-variantiv-upakovok/> [in Ukrainian].
3. Pro obmezhenja obigu plastykovykh paketiv na terytorii' Ukraïny [On limiting the circulation of plastic bags on the territory of Ukraine], 1489-IX Law of Ukraine (2021). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1489-20#Text>. [in Ukrainian].
4. Otto, E., Dürr, R., Przywara, M., Antos, D., & Kienle, A. (2021). Population balance modelling of pan granulation processes. *Computer Aided Chemical Engineering*, 50, 965–970. DOI: 10.1016/B978-0-323-88506-5.50149-2.
5. Palisa, S., Dreyschultze, C., & Kienle, A. (2014). A methodology for experimental determination of stability boundaries with application to fluidized bed spray granulation. *Computer Aided Chemical Engineering*, 33, 625–630. DOI: 10.1016/B978-0-444-63456-6.50105-8.
6. Ramachandran, R. (2011). A multi-scale systems approach to granulation process design. *Computer Aided Chemical Engineering*, 29, 91–95. DOI: 10.1016/B978-0-444-53711-9.50019-5.
7. Silva, F. C., Cruz, N. C., Tarelho, L. A. C., & Rodrigues, S. M. (2019). Use of biomass ash-based materials as soil fertilisers: Critical review of the existing regulatory framework. *Journal of Cleaner Production*, 214, 112–124. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.12.268.
8. Storozhuk, N. A., Pavlenko, T. M., & Abbasova, A. R. (2017). Osobennosti zoly teplovyh jelektrostancij kak zapolnitelja dlja betonov [Features of ash of thermal power plants as an aggregate for concrete]. *Visnyk Dnipropetrovskogo nacional'nogo universytetu zaliznychnogo transportu*, 5(17), 149–157. [in Russian].
9. Zasada, A. A., Formińska, K., Ogródnik, A., Gierczyński, R., & Jagielski, M. (2014). Screening for anthrax occurrence in soil of flooded rural areas in Poland after rainfalls in spring 2010. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 21(3), 460–463. DOI: 10.5604/12321966.1120584. PMID: 25292110.
10. Chikerema, S. M., Pfukenyi, D. M., Hang'ombe, B. M., L'Abée-Lund, T. M., & Matope, G. (2012). Isolation of *Bacillus anthracis* from soil in selected high-risk areas of Zimbabwe. *Journal of Applied Microbiology*, 113(6), 1389–1395. DOI: 10.1111/jam.12006. PMID: 22984812.
11. Lewerin, S. S., Elvander, M., Westermark, T., Hartzell, L. N., Norström, A. K., Ehres, S., Knutsson, R., Englund, S., Andersson, A. C., Granberg, M., Bäckman, S., Wikström, P., & Sandstedt, K. (2010). Anthrax outbreak in a Swedish beef cattle herd – 1st case in 27 years: Case report. *Acta Veterinaria Scandinavica*, 52(1), 7. DOI: 10.1186/1751-0147-52-7. PMID: 20122147; PMCID: PMC2826306.
12. Kamboyi, H. K., de Garine-Wichatitsky, M., Hang'ombe, M. B., & Munyeme, M. (2019). Risk mapping and eco-anthropogenic assessment of anthrax in the upper Zambezi basin. *Veterinary Medicine and Science*, 5(3), 419–427. DOI: 10.1002/vms3.168. PMID: 30920176; PMCID: PMC6682801.
13. Nsoh, A. E., Kenu, E., Forson, E. K., Afari, E., Sackey, S., Nyarko, K. M., Yebuah, N. (2016). Mapping as a tool for predicting the risk of anthrax outbreaks in Northern Region of Ghana. *Pan African Medical Journal*, 25(Suppl 1), 14. DOI: 10.11604/pamj.suppl.2016.25.1.6205. PMID: 28149439; PMCID: PMC5257015.
14. Huang, Y., Du, Y., Wang, Y., Wang, N., Bai, J., Chen, H., He, H., Xu, J., Wu, Y., Luo, Y., Li, X., & Liang, G. (2016). An outbreak of cutaneous anthrax in Yunnan, China. *Emerging Microbes & Infections*, 5(6), e64. DOI: 10.1038/emi.2016.65. PMID: 27329849; PMCID: PMC4932653.
15. Fasanella, A., Garofolo, G., Galante, D., Quaranta, V., Palazzo, L., Lista, F., Adone, R., & Jones, M. H. (2010). Severe anthrax outbreaks in Italy in 2004: considerations on factors involved in the spread of infection. *The New Microbiologica*, 33(1), 83–86. PMID: 20402418.
16. Maksimovic, Z., Cornwell, M. S., Semren, O., & Rifatbegovic, M. (2017). The apparent role of climate change in a recent anthrax outbreak in cattle. *Revue Scientifique et Technique*, 36(3), 959–963. DOI: 10.20506/rst.36.3.2727. PMID: 30160697.
17. Sposib vygotovlennja nasinnjevo-organo-mineral'nyh granul dlja vysivu dribnonasinnjevyh kul'tur z vykorystannjam zoly vid spaljuvannja biologichnyh vidhodiv [Method of production of seed-organo-mineral granules for sowing small-seed crops using ash from the incineration of biological waste] (UA Patent 151010). (25.05.2022). UA Patent. [in Ukrainian].