

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



Вакал Вікторія Сергіївна

УДК 502.174:661.152.3'1'2'3(043.3)

**ЗНИЖЕННЯ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ
НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ
АЗОТНИХ ДОБРИВ З ФОСФОРОВМІСНИМ ПОКРИТТЯМ**

Спеціальність 21.06.01 – екологічна безпека

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Суми – 2019

Дисертація є кваліфікаційною науковою працею на правах рукопису.

Робота виконана на кафедрі прикладної екології Сумського державного університету Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник – доктор технічних наук, доцент
Гурець Лариса Леонідівна,
Сумський державний університет
Міністерства освіти і науки України,
доцент кафедри прикладної екології.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Дмитриков Валерій Павлович,
Полтавська державна аграрна академія
Міністерства освіти і науки України,
професор кафедри технологій та обладнання
переробних і харчових виробництв, м. Полтава;

доктор технічних наук, доцент
Тверда Оксана Ярославівна,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря
Сікорського» Міністерства освіти і науки України,
доцент кафедри інженерної екології, м. Київ.

Захист дисертації відбудеться «20» грудня 2019 року об 11 год 00 хв на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 55.051.04 в Сумському державному університеті за адресою: 40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2, корп. Ц, ауд. 204.

Із дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Сумського державного університету за адресою: 40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2, та на сайті спеціалізованої вченої ради Д 55.051.04 за електронною адресою: <https://sumdu.edu.ua/uk/science/science-info/scientific-infrastructure/specialized-council/102-55-051-04.html>.

Автореферат розісланий «19» листопада 2019 року.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради



І. Ю. Аблєєва

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. За останні десятиріччя проблема деградації ґрунтів займає провідне місце серед світових екологічних проблем.

Україна відноситься до країн із високим рівнем освоєння і антропогенної трансформованості земельних ресурсів, що негативно впливає на природний потенціал ґрунтів. Збереження родючості ґрунтового покриву неможливе без широкого використання мінеральних добрив. Внесення азотних добрив, що займають у системах удобрення сільськогосподарських рослин перше місце за обсягами використання, дозволяє, крім підвищення врожайності сільськогосподарських культур, частково компенсувати зниження природної родючості ґрунтів. Однак їх висока розчинність та здатність легко трансформуватися в ґрунті більше ніж на 40 % знижують коефіцієнт використання рослинами азоту добрив та спричиняють антропогенне забруднення довкілля через високий (до 50 %) рівень втрат азоту в газоподібному й розчиненому станах, а також призводять до забруднення сільськогосподарської продукції нітратами та нітридами. Ефективне використання азоту добрив можливе лише за одночасного внесення органіки та фосфору, калію, окремих мікроелементів.

Одним із шляхів зниження техногенного навантаження на довкілля у разі використання мінеральних добрив та підвищення ефективності азотних добрив є їх капсулювання. Оптимально підібраний матеріал оболонки капсульованих добрив дозволяє не лише вповільнювати вивільнення азоту, а й одночасно вносити органічні речовини та мінеральні поживні компоненти.

Покриття азотних добрив фосфатними оболонками, модифікованими органічною складовою, дозволить більш ефективно використовувати поживні компоненти та мінімізувати екологічну небезпеку від забруднення довкілля парниковими газами, важкими металами (ВМ) та радіонуклідами.

Вищенаведене засвідчує, що створення та застосування орґано-мінеральних повільно діючих добрив є актуальним науковим напрямом, що дозволяє знизити техногенне навантаження на довкілля від хомогенного забруднення і деградації ґрунтів, вирішити проблему підвищення родючості та поліпшення якості продуктів харчування.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота відповідає пріоритетним напрямам розвитку науки і техніки в Україні на період до 2020 р. з розділу «Раціональне природокористування».

Робота виконана відповідно до плану науково-дослідних робіт кафедри прикладної екології Сумського державного університету за темою «Зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище підприємств хімічної, машинобудівної промисловості та теплоенергетики» (номер держреєстрації 0116U006606) згідно з науково-технічною програмою Міністерства освіти і науки України, в яких авторка брала участь як виконавиця.

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення екологічної безпеки довкілля шляхом розроблення та впровадження екологічно безпечних капсульованих азотних добрив із застосуванням українських фосфоритів і торфу як сировини для матеріалу капсул.

Для досягнення мети були поставлені завдання:

- провести аналіз впливу внесення мінеральних добрив на стан ґрунтового середовища та розглянути шляхи зменшення техногенного навантаження на довкілля під час використання капсульованих комплексних добрив;
- дослідити фізико-хімічні й токсикологічні властивості українських фосфоритів і гуматів натрію, калію та кальцію, склад та умови нанесення фосфатовмісного покриття на гранули азотних добрив;
- провести дослідження з визначення динаміки та кінетики розчинення діючої речовини капсульованих добрив і міграції важких металів у ґрунтовий шар;
- удосконалити математичну модель процесу втрати діючої речовини з капсульованої органо-мінеральної гранули в ґрунтові екосистеми;
- розробити принципову технологічну схему капсулювання азотних добрив фосфаторганічною оболонкою;
- підтвердити агрохімічну ефективність нового комплексного органо-мінерального добрива;
- провести розрахунок еколого-економічного ефекту у разі використання капсульованих комплексних добрив та оцінити їх вплив на деградаційні процеси в ґрунті.

Об'єкт дослідження – деградація ґрунтів при застосуванні мінеральних добрив.

Предмет дослідження – зниження техногенного навантаження на ґрунти при застосуванні капсульованих азотних добрив.

Методи дослідження. Під час проведення експериментальних досліджень із визначення якості сировини та добрив використані такі методи: рентгенофазовий для визначення мінералогічного складу фосфат-глауконітового концентрату; фотоколориметричний, нефелометричний, гравіметричний аналізи для визначення вмісту азоту, P_2O_5 та K_2O в загальній, засвоюваній і водорозчинній формах; комплексометричний аналіз для визначення вмісту кальцію; потенціометричний для визначення рН; йодометричний для визначення вмісту арсену; метод атомно-емісійної спектроскопії для визначення вмісту мікродомішкових елементів. Оцінювання процесів вимивання поживних речовин і важких металів у ґрунтовому шарі проводили методом ґрунтових колонок. Теоретичні розрахунки та оброблення експериментальних даних виконували за допомогою пакета прикладних програм (Statistica 7.0, Excel).

Наукова новизна одержаних результатів:

- вперше з метою зниження техногенного навантаження на довкілля та попередження деградації ґрунтів обґрунтовано необхідність застосування екологічно безпечних добрив, одержаних шляхом капсулювання азотних добрив фосфатовмісними оболонками з використанням фосфат-глауконітового концентрату вітчизняних родовищ і торфу;
- вперше експериментально визначено закономірність зменшення забруднення довкілля азотними сполуками за рахунок пролонгованого ефекту надходження азоту в ґрунт, що забезпечується фізико-хімічними властивостями розробленої фосфатовмісної оболонки на основі порошкоподібного суперфосфату із застосуванням гумату кальцію як пластифікатора;

– вперше експериментально обґрунтовано уповільнення міграційних процесів важких металів за рахунок зниження кислотності ґрунту при застосуванні монокальційфосфату і гумату кальцію в складі фосфатовмісної оболонки капсульованого добрива;

– удосконалено математичну модель вимивання діючої речовини з капсульованого органо-мінерального добрива, що дозволило здійснити прогнозне оцінювання техногенного забруднення ґрунтів із урахуванням інтенсивності атмосферних опадів;

– набули подальшого розвитку технологічні рішення щодо зниження техногенного навантаження на ґрунти при застосуванні капсульованих азотних добрив з ефективними фосфатовмісними оболонками.

Практичне значення одержаних результатів:

– розроблено принципову технологічну схему отримання органо-мінерального добрива з фосфатовмісним покриттям;

– підтверджено агрохімічну ефективність нового комплексного органо-мінерального добрива (акт результатів випробувань від 26.12.2012 р.);

– набули подальшого розвитку технології отримання екологічно безпечних капсульованих органо-мінеральних добрив зі зниженим вимиванням рухомих форм важких металів за рахунок уведення до складу оболонки органічного компонента у вигляді розчину гумату;

– проведено еколого-економічне оцінювання зниження техногенного навантаження на довкілля та деградації ґрунтів у результаті виконаних робіт, визначено екологічний ефект для Сумської області розміром 68,93 млн грн.

Наукові результати і висновки використано для оптимізації технологічних параметрів виробництва комплексних органо-мінеральних добрив та вдосконалення їх технологій і передано для розроблення вихідних даних під час проектування технологій добрив у ДП «СДНДІ МІНДІП» (акт впровадження від 14.03.2018 р.).

На спосіб отримання комплексного органо-мінерального добрива одержано патент України на корисну модель.

Результати дисертаційної роботи впроваджено в навчальний процес на кафедрі прикладної екології Сумського державного університету під час викладання таких дисциплін: «Техноекологія», «Основи створення екологічно безпечних технологій», «Моделювання та прогнозування стану навколишнього середовища» (акт впровадження від 05.03.2019 р.).

Особистий внесок здобувача полягає в проведенні комплексних лабораторних досліджень основних фізико-хімічних властивостей фосфориту Карпівського родовища і гуматів натрію, калію та кальцію; особливостей формування матеріалу покриття; досліджень із ґрунтовими колонками; розробленні технологічної схеми виробництва азотних добрив із фосфаторганічним покриттям; визначенні оптимальних параметрів технологічного режиму нанесення покриття на мінеральні добрива; підготовленні вихідних даних для проведення дослідно-промислових випробувань технології виробництва; моделюванні вимивання діючої речовини з капсульованого органо-мінерального добрива; науковому обґрунтуванні доцільності залучення до виробництва вискоефективних екологічно безпечних добрив вітчизняних родовищ збіднених фосфатів та торфу.

Особистий внесок автора в наукових працях, опублікованих у співавторстві, наведено в списку публікацій за темою дисертації.

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати дисертаційної роботи були представлені на 11 конференціях: XVIII Міжнародній науковій конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD) (м. Харків, 12–14 травня 2010 р.); XIX Міжнародній науковій конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD) (м. Харків, 1–3 червня 2011 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення» (м. Алушта, АР Крим, 12–16 вересня 2011 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні проблеми екології та охорони праці» (м. Курськ, 27 квітня 2012 р.); 2-му Міжнародному конгресі «Захист навколишнього середовища. Енергоощадливість. Збалансоване природокористування» (м. Львів, 19–22 вересня 2012 р.); 4-му Міжнародному конгресі «Захист навколишнього середовища. Енергоощадливість. Збалансоване природокористування» (м. Львів, 21–23 вересня 2016 р.); XV Міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми екологічної безпеки» (м. Кременчук, 11–13 жовтня 2017 р.); V Всеукраїнській міжвузівській науково-технічній конференції «Сучасні технології у промисловому виробництві» (м. Суми, 17–20 квітня 2018 р.); Міжнародній науковій конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (MicroCAD) (м. Харків, 16–18 травня 2018 р.); International conference «Design, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange» (м. Суми, 12–15 червня 2018 р.); Дев'ятій міжнародній науково-практичній конференції «Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем» (м. Чернігів, 14–16 травня 2019 р.).

Публікації. За результатами дисертаційної роботи опубліковано 17 наукових праць, з яких: 5 статей – у наукових фахових виданнях із переліку МОН України, з них 5 індексуються міжнародними наукометричними базами даних, 2 статті – у збірниках наукових статей, 9 тез доповідей – у збірниках матеріалів конференцій, отримано 1 патент України на корисну модель.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг роботи становить 183 сторінки, з яких 117 сторінок основного тексту. Дисертаційна робота містить 20 таблиць та 23 рисунки, 149 найменувань використаних джерел на 17 сторінках та 13 додатків на 20 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, сформульовано мету і завдання досліджень, наведено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, особистий внесок автора та апробацію результатів роботи.

Перший розділ присвячено огляду екологічної проблематики деградаційних процесів у ґрунтовому покриві. Погіршення екологічного стану ґрунтового покриву пов'язане з господарською діяльністю людини, що супроводжується втратою екологічних та продуктивних функцій ґрунтів і визначає деградаційні процеси в ґрунтовому середовищі.

Вирішення проблемних питань деградації ґрунтів та шляхи зниження техногенного навантаження на довкілля висвітлюються в працях таких провідних вітчизняних і закордонних вчених: І. Т. Слюсара, М. С. Мальованого, Н. В. Внукової, І. В. Мудрого, М. П. Вашкулата, О. Г. Тараріко, В. П. Патики, В. Ф. Сайка, В. В. Медведєва, А. І. Фатєєва, Б. С. Носка, А. Binley, S. A. Irfan, F. Sheng, Z. Zhang.

Деградація ґрунтового шару супроводжується руйнуванням структури ґрунту, зменшенням здатності до фільтрації, порушенням мінерального живлення; внаслідок вітрової та водної ерозії, під час сільськогосподарських, будівельних і гірничодобувних робіт руйнується верхній шар ґрунту з найбільшим умістом гумусу, втрачається родючість, зменшується кількість інших поживних речовин – азоту, калію, фосфору, мікроелементів, змінюється рослинність, збільшується кислотність, відбуваються переущільнення, перезволоження, засолення ґрунтів, а також у вигляді механічного видалення родючого шару ґрунту.

Внесення високих доз мінеральних добрив також є одним із джерел надходження забруднюючих речовин у довкілля та закиснення ґрунтів. Надмірне застосування азотних добрив у складі мінерального живлення часто призводить до забруднення ґрунтових вод нітратами і накопичення їх у сільськогосподарській продукції в наднормативних кількостях та надходження значної кількості ВМ, що є потенційно небезпечним.

Розглянуто механізм детоксикації, що полягає в зниженні кислотності ґрунтового розчину й рухомості ВМ за рахунок взаємодії фосфатних сполук із солями ВМ і переведення їх у малорозчинну і малорухоми форму. Запропоновано один із варіантів пролонгації дії азотних гранул шляхом їх капсулювання фосфатовмісною оболонкою, що дозволяє до фосфатного компонента оболонки додавати модифікатори. Зважаючи на невирішеність питання агрогенного забруднення ґрунтів, основними завданнями такої оболонки є вивільнення в ґрунт азотних і фосфатних поживних речовин із гранули, відповідно до агрохімічної потреби рослин, і попередження потрапляння у ґрунт забруднюючих речовин.

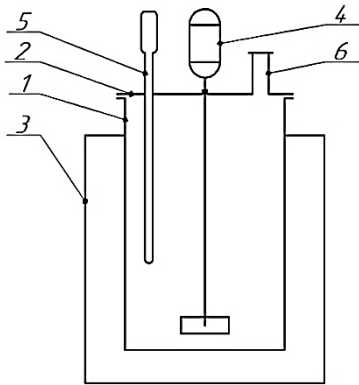
У другому розділі описано об'єкт і методи дослідження, методики проведення досліджень та експериментів.

Подолання процесів деградації ґрунтів і збереження родючості ґрунтового покриву потребують додержання балансу надходження поживних речовин із добривами і винесення їх з урожаєм. Внесення мінеральних добрив потребує розроблення природоохоронних заходів для зниження техногенного навантаження на довкілля. Позитивно впливає на зв'язування рухомих форм ВМ гумус ґрунту, передусім його кількість та якість, тому що він регулює міру доступності елементів для рослин. Екологічними й агрохімічними дослідженнями доведено, що спільне застосування мінеральних та органічних добрив підвищує коефіцієнт використання азоту, врожайність сільськогосподарських культур і знижує забруднення орного шару ВМ. У зв'язку з істотним скороченням відходів тваринництва проводити збалансоване підживлення ріллі слід лише за рахунок нетрадиційних місцевих ресурсів, перш за все торфу і сапропелю, застосовуючи їх як модифікатор.

В розділі наведені методики та схеми експериментальних установок.

Дослідження з капсулювання гранул карбаміду проводили зі зразками фосфат-глауконітового концентрату Карпівського родовища, додатковою перевагою якого є

значний уміст у ньому кальцію й те, що він є ефективним меліорантом, оскільки відома здатність фосфоритового борошна до детоксикації надлишку важких металів у ґрунті.



1 – ємність; 2 – кришка; 3 – термостат;
4 – мішалка; 5 –термометр; 6 – штуцер для
відведення газоподібних продуктів реакції

Рисунок 1 – Лабораторна установка
кислотного розкладання фосфориту

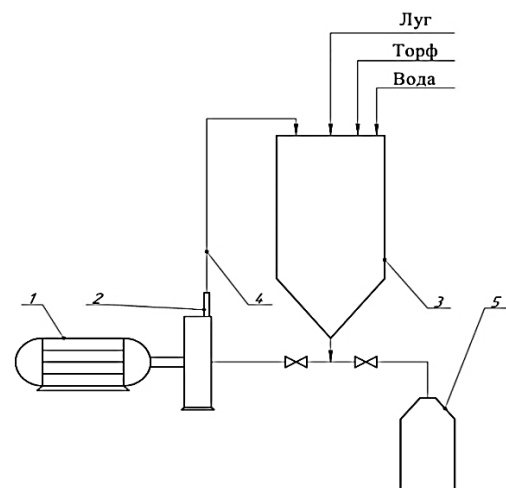
Для збалансованого живлення ґрунтового шару добривами розглядали гумати натрію, калію та кальцію, як органічну складову органо-мінерального комплексу оболонки. Гумати одержували з торфу Глухівського родовища (с. Соснівка Сумської обл.) на дослідній установці (рис. 2).

Із завантажувальної ємності водна суспензія торфу з додаванням розчинів натрій, калій та кальцій гідроксидів надходила в кавітаційний диспергатор. У процесі кавітаційного диспергування одночасно відбувалось фізико-хімічне розкладання торфу на молекулярному рівні за рахунок механічного пошкодження частинок торфу й емульгування всієї маси. Кавітаційне оброблення суспензії торфу проводили до повного виходу гумінових кислот.

Дослідження з нанесення покриттів проводили на модельній установці, де основним апаратом був тарілчастий гранулятор. Процес капсулювання здійснювали шляхом нанесення на гранули азотних добрив, які розглядали як зародки гранулоутворення, фосфатовмісного покриття. Як порошок використовувався порошкоподібний амонізований суперфосфат, фосфоритне борошно та природний сорбент (цеоліт). Уведення цеоліту до складу оболонки передбачало затримання

З метою вивчення можливості одержання матеріалу фосфатної оболонки з високим умістом водорозчинного фосфору (P_2O_5 в.р.), проведені дослідження з кислотного розкладання фосфоритів. Дослідження проводили на лабораторній установці, наведеній на рисунку 1.

У термостат завантажували фосфорит і сульфатну кислоту, де проходила реакція розкладання. Після визрівання шихту охолоджували і нейтралізували амоніаковою водою.



1 – привід; 2 – кавітаційний диспергатор;
3 – завантажувальна ємність;
4 – циркуляційний контур; 5 – буферний
бак

Рисунок 2 – Схема дослідної установки
кавітаційного диспергування

вивільнення азоту при розчиненні гранули та сорбцію важких металів. Як пластифікатор застосовували водні розчини карбаміду і гумату.

Для встановлення впливу капсулювання добрив на швидкість вимивання поживних речовин з орного шару та рухомість важких металів використані методики лабораторно-модельних досліджень у ґрунтових колонках.

Третій розділ присвячено експериментальним дослідженням отримання фосфатовмісної оболонки, гуматів натрію, калію, кальцію та капсульованих добрив.

Основою фосфатовмісної оболонки капсульованого азотного добрива є суперфосфат. Застосування суперфосфату як оболонки добрива обумовлене здатністю поступового вивільнення засвоюваного фосфору і кальцію впродовж одного вегетаційного періоду. У процесі відпрацювання технології з одержання амонізованого суперфосфату визначено: концентрацію сульфатної кислоти (норму витрати сульфатної кислоти варіювали в діапазоні 80–140 % від стехіометричного відношення до фосфоритів); кількість і величину дозувань фосфоритового концентрату; характер зміни температури суспензії під час розкладання: температуру процесу – 293–353 К та час процесу – 5–12 хв. Особливістю розрахунку стехіометричної потреби в сульфатній кислоті є неповне залучення сполук кальцію до реакції розкладання, що становить від 90 до 95 % від усього СаО, що міститься у фосфориті.

Органічну складову ОМД у вигляді гуматів отримували на дослідній установці з попередньо підсушеного до вологості 25–30 % торфу.

У зв'язку з особливим значенням кальцію в активізації росту кореневої системи й вуглецевого обміну рослин у подальших дослідженнях був застосований гумат кальцію як найбільш перспективний вид гуматів.

Під час експериментальних робіт досліджували та оптимізували технологічні параметри процесу капсулювання, що істотно впливають на якісні показники добрив.

Хімічний склад виготовлених для агрохімічних досліджень капсульованих мінеральних добрив наведений в таблиці 1.

Таблиця 1 – Хімічний склад добрив з органо-мінеральним покриттям

Вид добрива		P ₂ O ₅ заг	P ₂ O ₅ в. р.	K ₂ O	H ₂ O	pH 10 % розчину
		%				од.
Карбамід		–	–	–	–	–
Зразок № 1	Карбамід, покритий суперфосфатом, пластифікатор – гумат кальцію	6,80	3,90	0,12	1,97	2,4
Зразок № 2	Карбамід, покритий сумішшю суперфосфату й цеоліту, пластифікатор – гумат кальцію	5,36	2,73	0,10	3,19	3,1
Зразок № 3	Карбамід, покритий сумішшю суперфосфату й цеоліту, пластифікатор – гумат кальцію і 50 % розчин карбаміду	5,27	2,90	0,11	1,70	2,6

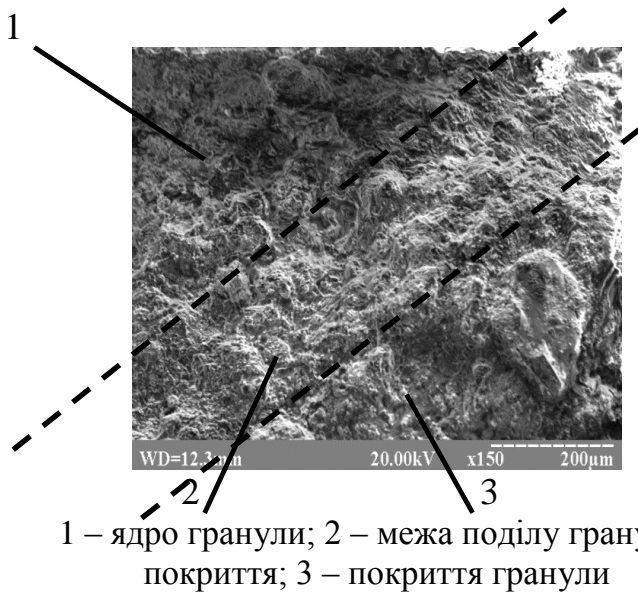
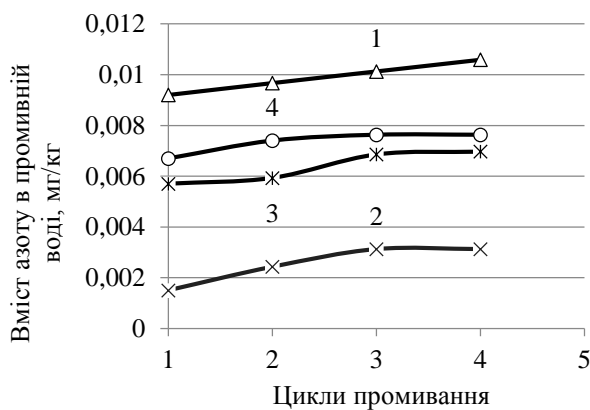


Рисунок 3 – Мікроскопічний знімок межі поділу гранула – покриття ($\times 150$)

Для визначення якості покриття проведені мікроскопічні дослідження добрива на растровому електронному мікроскопі-мікроаналізаторі «РЕММА-102». На рисунку 3 показана межа гранули карбаміду і фосфатовмісної оболонки з розмитою лінією контакту, що свідчить про міцне з'єднання покриття і гранули за рахунок твердофазної реакції гідролізу карбаміду за наявності суперфосфату, що приводить до амонізації останнього і ретроградації частини водорозчинної P_2O_5 у цитраторозчинну форму.

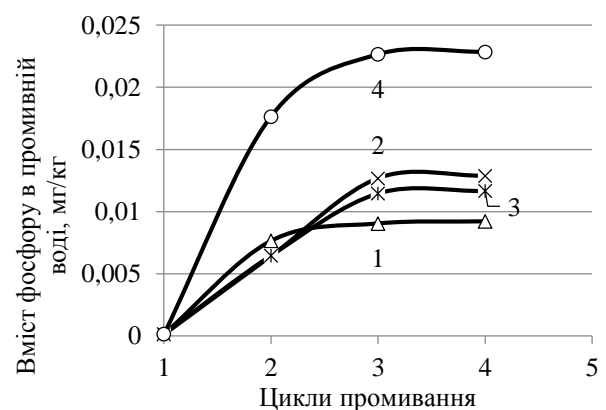
У четвертому розділі наведено результати досліджень із визначення рухомості поживних елементів у ґрунті та встановлення впливу складу покриття добрив на вимивання поживних речовин з орного шару ґрунту, математичний опис процесу вимивання рухомих форм поживних речовин і поллютантів та комплексні агрохімічні дослідження.

Лабораторно-модельні дослідження з визначення рухомості поживних елементів у ґрунті проведено в ґрунтових колонках. Результати аналізів промивних вод, які відбирали й аналізували на вміст азоту, P_2O_5 , CaO та Fe_2O_3 під час кожного промивання, наведено на рисунках 4–7.



1 – карбамід; 2 – зразок № 1;
3 – зразок № 2; 4 – зразок № 3

Рисунок 4 – Залежність вивільнення рухомих форм азоту від кількості циклів промивання:

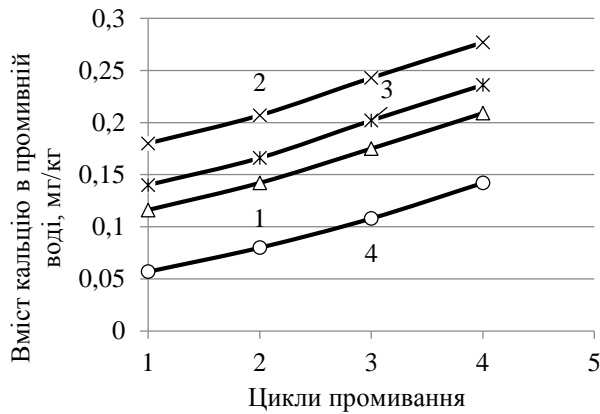


1 – карбамід; 2 – зразок № 1;
3 – зразок № 2; 4 – зразок № 3

Рисунок 5 – Залежність вивільнення рухомих форм (у перерахунку на P_2O_5) від кількості циклів промивання

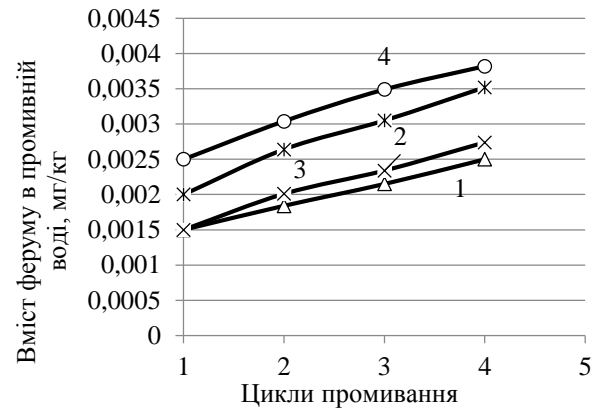
Згідно з дослідженнями, як показано на рисунку 4, найменшу кількість вивільненого азоту, а отже більшу пролонгувальну властивість має зразок № 1.

Представлена на рисунку 5 залежність вимивання рухомих форм P_2O_5 показує, що зразки № 3 і 2 мають значно менші втрати P_2O_5 в результаті дослідів, що свідчить про пролонгувальну дію складу фосфатовмісної оболонки.



1 – карбамід; 2 – зразок № 1;
3 – зразок № 2; 4 – зразок № 3

Рисунок 6 – Залежність вивільнення водорозчинного кальцію (у перерахунку на CaO) від кількості циклів промивання



1 – карбамід; 2 – зразок № 1;
3 – зразок № 2; 4 – зразок № 3

Рисунку 7 – Залежність вивільнення водорозчинного заліза (у перерахунку на Fe_2O_3) від кількості циклів промивання

Дані, наведені на рисунку 6 показують, що найкраще значення вивільнення рухомих форм CaO має зразок № 1. Це дозволяє попередньо не допустити зниження кислотності ґрунту в разі внесення такого виду добрив.

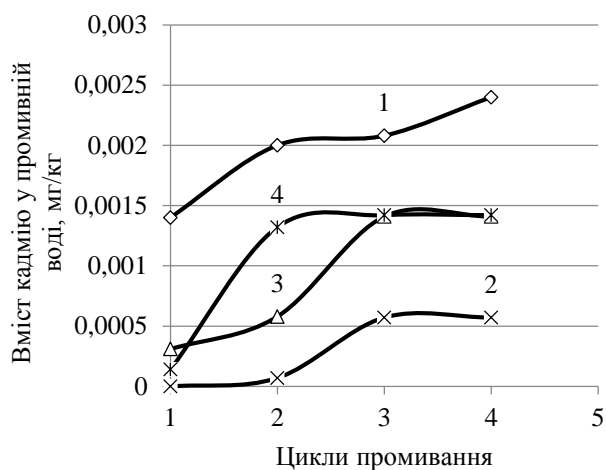
Наявність у фосфатовмісному покритті добрива таких домішок, як оксиди заліза, водночас застосовуваних як мікродобрива, також потребує визначення характеру втрат рухомих форм Fe_2O_3 . Результати досліджень, репрезентовані на рисунку 7, показують, що всі зразки капсульованих фосфатовмісними оболонками добрив дозволяють зменшити надходження оксидів заліза в ґрунти, тому капсулювання слід розглядати як один із варіантів зниження техногенного навантаження на довкілля методом блокування шкідливих домішок у ґрунтах.

Вміст гумату в складі капсульованих добрив підвищує лужність ґрунтового розчину, порівняно з традиційними (табл. 2).

Для визначення кінетики міграції важких металів із розроблених капсульованих добрив були проведені дослідження з оцінювання впливу компонентів покриття добрив на швидкість міграції водорозчинних сполук кадмію та свинцю з орного шару ґрунту (рис. 8–9).

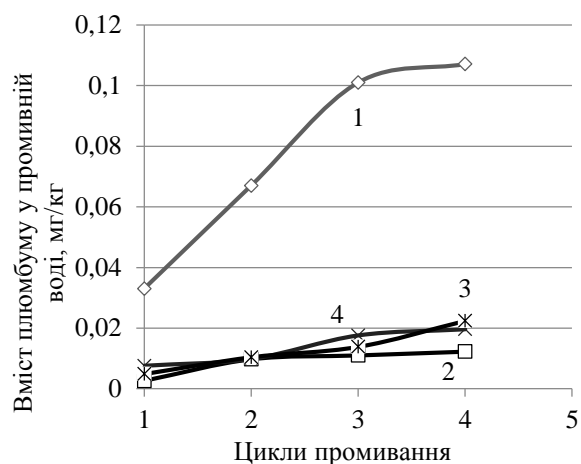
Таблиця 2 – Значення рН залежно від складу фосфатовмісної оболонки

Склад фосфатовмісної оболонки	рН 10 % розчину
Контроль (без добрив)	6,63
Амоніачна селітра	5,96
Карбамід	6,70
Зразок № 1	6,90
Зразок № 2	6,66
Зразок № 3	6,80



1 – контроль (без добрив) 2 – зразок № 1
3 – зразок № 2 4 – зразок № 3

Рисунок 8 – Залежність виносу водорозчинних сполук кадмію від кількості промивання



1 – контроль (без добрив) 2 – зразок № 1
3 – зразок № 2 4 – зразок № 3

Рисунок 9 – Залежність виносу водорозчинних сполук п्लомбуму від кількості промивання

Як показано на рисунку 8, зразок № 1 найкраще утримував рухомі форми кадмію.

Аналіз залежностей вимивання рухомих форм п्लомбуму (рис. 9) підтверджує, що розроблений склад усіх оболонок добрив із фосфоровмісним покриттям (зразків 1, 2, 3) має здатність зв'язувати п्लомбум у водонерозчинні сполуки й затримувати його винесення в ґрунтові шари. Це пояснюється наявністю в складі фосфоровмісного покриття гумату кальцію, який підвищує рН під час розчинення компонентів гранули і, отже, знижує швидкість вивільнення водорозчинних сполук п्लомбуму в ґрунт.

З метою прогнозування впливу капсульованого добрива на ґрунти розроблена математична модель міграції поживних речовин. Міграція поживних речовин і важких металів із капсульованого добрива проходить у два періоди. Перший – проникнення вологи ґрунту через оболонку гранули, розчинення азотного ядра й дифузія пересиченого розчину через оболонку в ґрунтовий шар. Другий період починається після повного розчинення ядра гранули та закінчується повною міграцією азоту в ґрунт. Одночасно в шарі ґрунту відбуваються процеси трансформації азоту: розчинення, дифузія, міграція адсорбція, метаболізм, що змінюють хімічну складову добрив та їх розподілення в ґрунті.

Зважаючи на потенційну екологічну небезпеку від високих норм внесення добрив, в якості досліджуваного компонента було обрано водорозчинний азот. Попереднім зволоженням ґрунту та кількістю циклів промивання змодельовали природні погодні умови за агрохімічними методиками. Кінетику вимивання азоту з капсульованої гранули загальному описували диференціальним рівнянням масопередачі першого порядку з частинними похідними:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = v \frac{\partial C}{\partial y} + k (C^* - C), \quad (1)$$

де C – концентрація азоту добрива, розчиненого в гранулі, мг/кг; C^* – гранична концентрація азоту, мг/кг; t – час, с; v – швидкість вивільнення азоту через оболонку гранули, м/с; y – просторова координата вивільнення азоту з капсульованої гранули, що відповідає напрямку течії промивної рідини; k – коефіцієнт розчинення, який визначають експериментально, с^{-1} .

Матеріал покриття є важкорозчинним, його фізичні властивості залишаються незмінними впродовж періоду розчинення азотного ядра добрива. Тому кількість розчиненої діючої речовини в результаті промивання ґрунтової колонки є основним досліджуваним об'єктом. Це дозволяє спростити рівняння (1) до вигляду:

$$\frac{dC(t)}{dt} = k(C^* - C(t)). \quad (2)$$

Загальний розв'язок лінійного неоднорідного рівняння першого порядку мав вигляд:

$$\Delta C(t) = \Delta C_0 e^{-kt} + \Delta C^*(1 - e^{-kt}), \quad (3)$$

де ΔC – параметр вимивання азоту з ґрунтового шару колонки під час розчинення добрив, мг/кг; ΔC_0 , ΔC^* – початкове та граничне вимивання азоту з ґрунтового шару колонки в процесі розчинення добрив відповідно, мг/кг.

Увівши припущення, що процес промивання ґрунту під час опадів або поливу відбувається порівняно рівномірно впродовж періоду вдобрення, кількість циклів вивільнення N визначали за відповідної частоти f , с^{-1} , як $N = f \cdot t$. У такому разі введення безрозмірного емпіричного коефіцієнта $\alpha = k/f$ дозволяє переписати загальне рівняння у формі:

$$\Delta C(N) = \Delta C_0 e^{-\alpha N} + \Delta C^*(1 - e^{-\alpha N}). \quad (4)$$

Параметр α визначали як результат регресійного аналізу з використанням ідентифікації параметрів розробленої математичної моделі за даними результатів експериментів:

$$\alpha N_i = \ln \frac{\Delta C_0 - \Delta C^*}{\Delta C_i - \Delta C^*}. \quad (5)$$

За методом найменших квадратів одержали модель квазілінійної регресії для оцінювання безрозмірного коефіцієнта:

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n N_i \ln(1 - \Delta C_i)}{\sum_{i=1}^n N_i^2}. \quad (6)$$

Для кожного виду добрива коефіцієнт α визначали окремо, залежно від ступеня насичення ґрунту діючою речовиною та максимального ступеня вимивання. Це обумовлено різними дифузійними властивостями фосфатовмісної оболонки та її складом.

Залежність (3) дозволила оцінити час t вивільнення азоту з ґрунту в умовах допустимого рівня вимивання $[\Delta C]$, мг/кг:

$$t = \frac{1}{k} \ln \frac{\Delta C^* - \Delta C_0}{\Delta C^* - [\Delta C]} \quad (7)$$

Для довільного значення параметра p справедлива залежність:

$$k = \beta / t_p, \quad (8)$$

де β – безрозмірний параметр, що характеризує швидкість розчинення азоту добрива, наведений на рисунку 10.

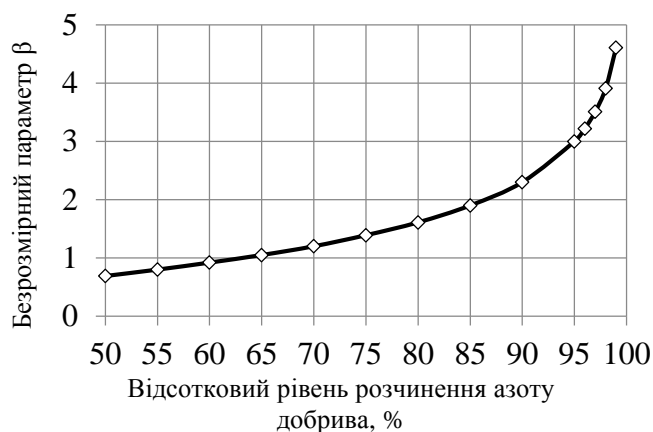


Рисунок 10 – Уніфікована крива для визначення параметра β

На рисунку 11 репрезентовано уніфіковані безрозмірні залежності зміни концентрації вимитого з ґрунту азоту різних видів добрив. Наведені криві визначали за математичною моделлю (4).

Характер розрахункових залежностей, підтверджує найменшу швидкість вимивання азоту при застосуванні оболонки на основі суперфосфату та гумату кальцію (зразок №1).

Результати теоретичних розрахунків за математичною моделлю, визначені рівнянням (4), репрезентовані на рисунку 11 для різних значень параметра α , що відповідають різним типам гранульованих добрив. Швидкість збільшення концентрації азоту у вимивному розчині відповідає більшому значенню коефіцієнта α , що на графіках (рис. 12) характеризується збільшенням кривизни.

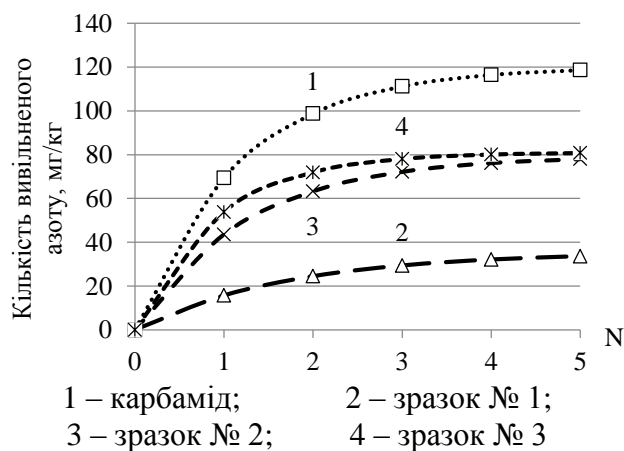


Рисунок 11 – Розрахована зміна вимивання азоту із ґрунтового шару колонки під час розчинення добрив

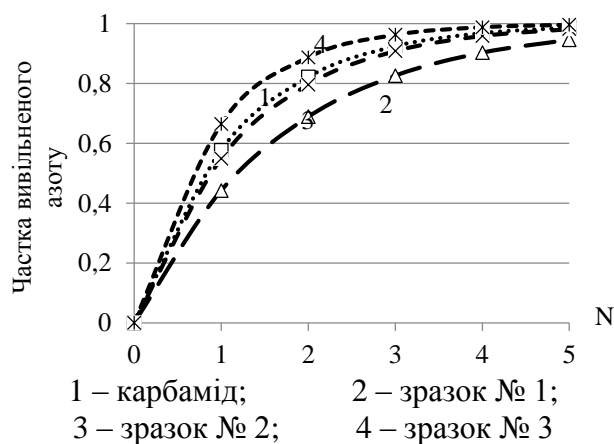


Рисунок 12 – Уніфікована крива вивільнення азоту із ґрунту під час розчинення добрив

У процесі вивчення розчинення ядра гранул капсульованих добрив і втрат азоту з ґрунту в ґрунтових колонках встановлено зв'язок між величинами, одержаними дослідним методом, і результатами розрахунку математичної моделі. Апроксимувальні криві будували на основі фізичної моделі масообміну (рис. 13 а, б, в, г).

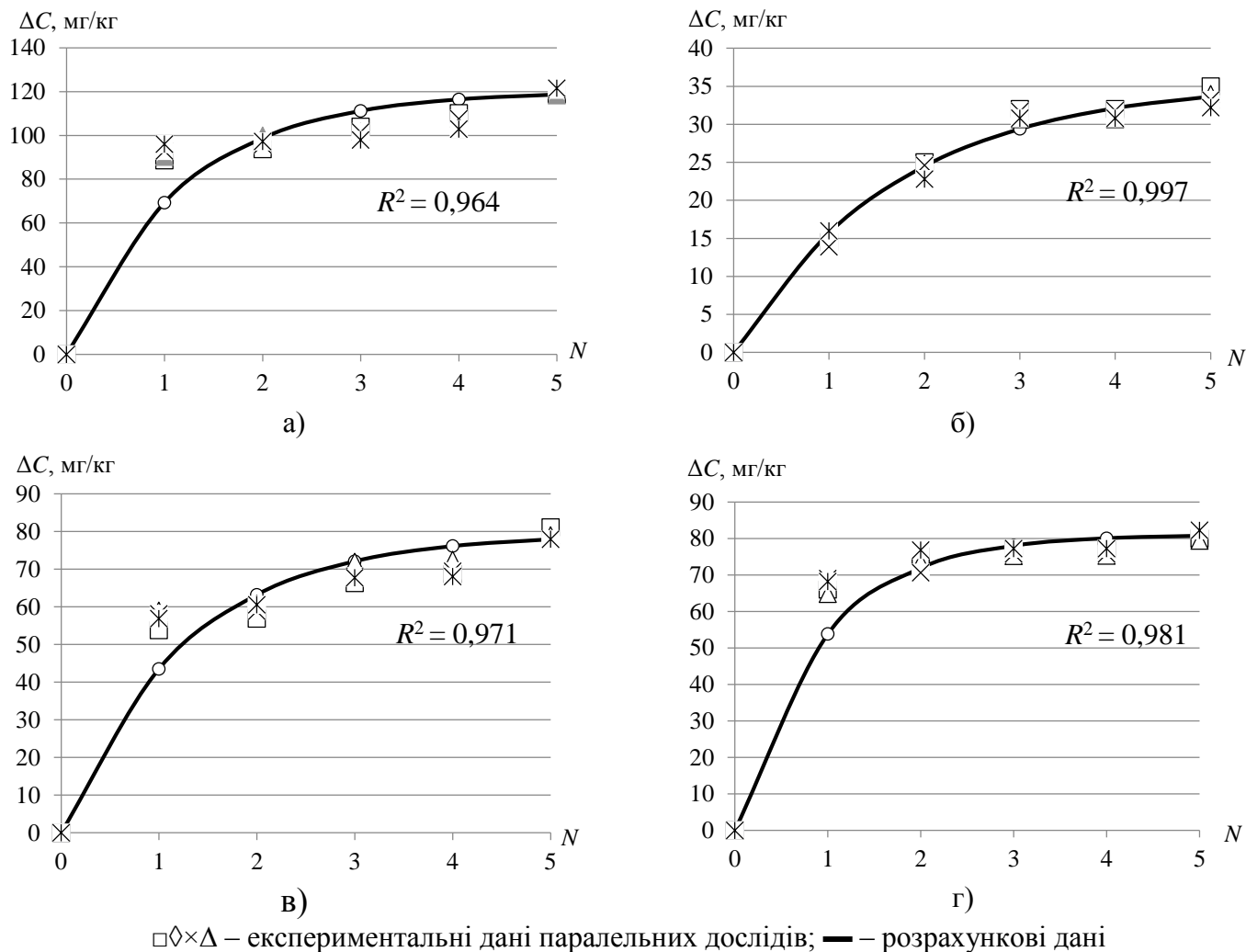


Рисунок 13 – Залежність зміни вивільнення азоту з ґрунту під час розчинення різних видів добрив:

а) карбамід; б) зразок № 1; в) зразок № 2; г) зразок № 3

Проведений регресійно-кореляційний аналіз підтвердив, що між даними розрахунку за математичною моделлю та експериментальними даними спостерігається тісний кореляційний зв'язок у межах 0,96–0,99, що свідчить про адекватність розробленої математичної моделі й можливість її використання для прогнозування забезпеченості культур поживними речовинами.

Проведені розрахунки за розробленою математичною моделлю довели, що використання добрив із органо-мінеральними покриттями знижує непродуктивні втрати азоту в 1,5–3,5 рази, а це дозволить, відповідно, скоротити використання добрив для одержання тієї самої кількості врожаю сільськогосподарських культур і завдяки цьому зменшити техногенне навантаження на атмосферне повітря, ґрунт і ґрунтові води, техногенне навантаження під час виробництва добрив, а також звести до мінімуму перенасичення рослин азотом.

Для встановлення ефективності застосування азотних добрив, капсульованих фосфатовмісною оболонкою, на базі Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» були проведені комплексні агрохімічні дослідження.

Результати лабораторно-модельного експерименту показали, що всі марки досліджених добрив із покриттям забезпечили суттєвий приріст біомаси проростків ячменю порівняно з абсолютним контролем (табл. 3). Доведена краща ефективність зразка № 1.

Таблиця 3 – Маса проростків ячменю в лабораторно-модельному досліді

Варіант	Маса проростків ячменю, г/посуд.	Приріст	
		г/посуд.	%
Контроль (без добрив)	1,10	–	–
Амоніачна селітра (N ₆₀) + суперфосфат (P ₂₀)	1,31	0,21	19,1
Карбамід (N ₆₀) + суперфосфат (P ₂₀)	1,27	0,17	15,5
Зразок № 1	1,43	0,33	30,0
Зразок № 2	1,24	0,14	12,7
Зразок № 3	1,33	0,23	20,9
НІР ₀₅	0,08		

Зафіксовано підвищення врожайності в результаті застосування цього виду добрив майже вдвічі порівняно із сумішшю карбаміду та суперфосфату.

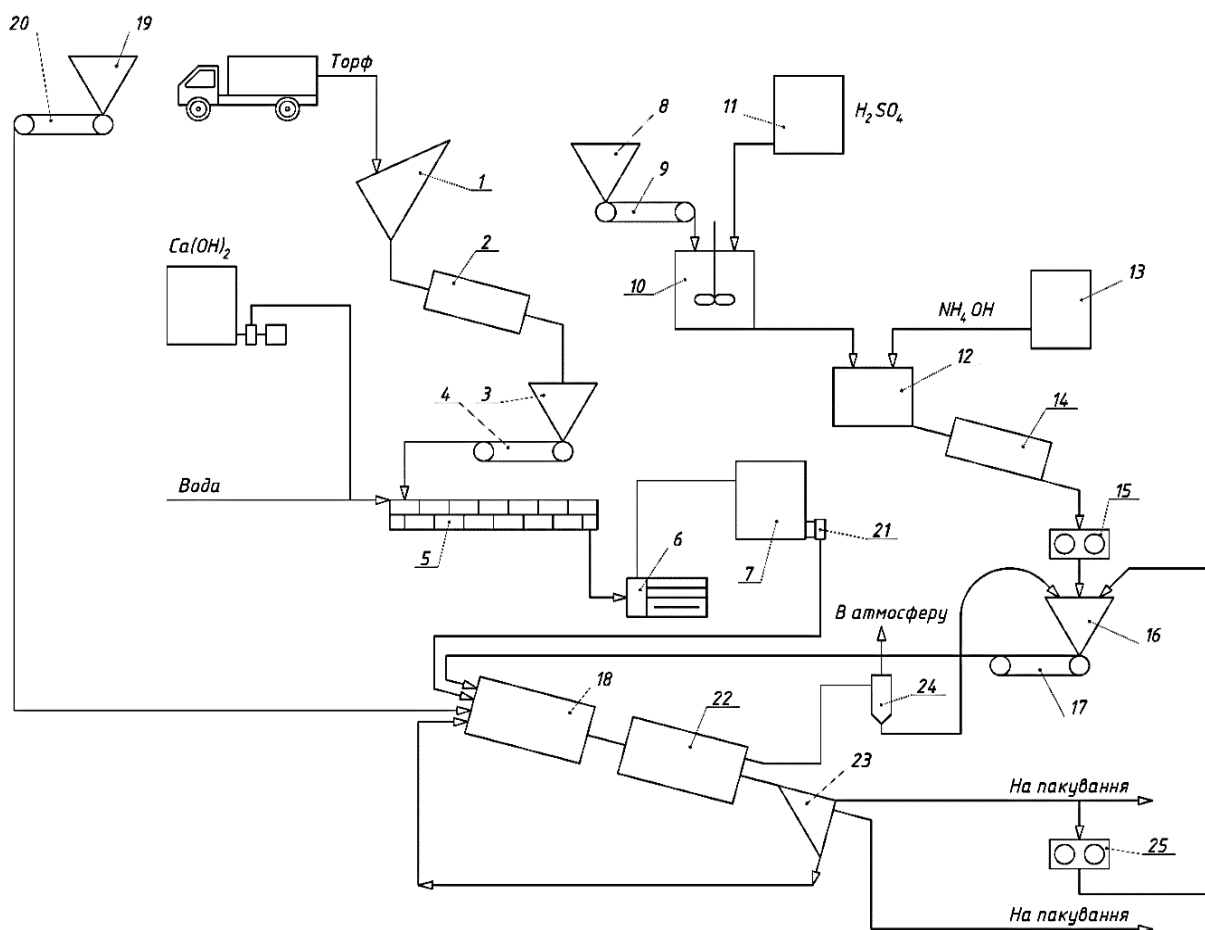
Норми внесення розроблених марок добрив слід розраховувати еквівалентно до норм внесення традиційних мінеральних добрив. Отже, за технологією локального окультурення ґрунтів норми внесення капсульованих добрив треба скоротити у 2–3 рази, що дозволяє зменшити агрогенне навантаження на ґрунтовий шар.

У **п'ятому розділі** описано створену апаратно-технологічну схему виробництва капсульованих азотних добрив та розрахунок еколого-економічного ефекту від застосування розроблених добрив.

Створена апаратно-технологічна схема виробництва капсульованих азотних добрив фосфатовмісним покриттям із модифікуванням їх гуматом кальцію репрезентована на рисунку 14.

На основі експериментальних даних із розкладання фосфат-глауконітового концентрату й формування оболонки на гранулах азотних добрив розраховано матеріальний баланс на 1 т готового продукту.

Визначення очікуваного економічного ефекту застосування мінеральних добрив із покриттям на основі фосфатів у сільському господарстві проведено з урахуванням результатів агрохімічних досліджень, які показали збільшення урожайності ячменю на 30 %.



1 – грохот; 2, 14 – сушарка; 3, 8, 16, 19 – бункер; 4, 9, 17, 20 – ваговий дозатор;
 5 – змішувач; 6 – кавітаційний диспергатор; 7, 11 – ємність; 10, 12 – реактор; 13 – збірник;
 15, 25 – дробарка; 18 – гранулятор; 21 – насос-дозатор; 22 – сушильний барабан;
 23 – класифікатор; 24 – циклон

Рисунок 14 – Апаратно-технологічна схема установки капсулювання гранул мінеральних добрив фосфатовмісним покриттям

З метою визначення меж екологічної безпеки під час використання розроблених марок капсульованих добрив на посівних площах, розраховано коефіцієнт екологічності та коефіцієнт небезпеки елемента-забруднювача. Екологічний ефект зменшення викидів закису азоту з 1 га під час застосування розроблених мінеральних добрив із покриттям становить 810,96 грн/га. Розрахунок коефіцієнта екологічно-безпечного навантаження забруднювальних речовин добрив на ґрунт становить 0,458, що менше ніж 1, тому дослідженні добрива вважаються екологічно безпечними. Аналіз значень коефіцієнта небезпечності для добрив із різним складом фосфатовмісної оболонки дозволяє зробити висновок про позитивний вплив гумату кальцію на зниження рухомих форм важких металів.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішене актуальне науково-практичне завдання щодо зниження техногенного хімічного забруднення довкілля завдяки розробленню екологічно безпечних органічно-мінеральних добрив із застосуванням у якості сировини українських фосфоритів і торфу. Одержано наукові результати:

1. Проведено аналіз деградаційних процесів ґрунту від техногенного навантаження на довкілля з визначенням найбільш значущих джерел забруднення ґрунтового середовища, до яких потрібно віднести закиснення ґрунтів, їх хімічне забруднення компонентами мінеральних добрив, і обґрунтовано нагальну необхідність розроблення екологічно безпечних добрив, що дозволяє мінімізувати екологічну небезпеку від забруднення довкілля нітратами, важкими металами та радіонуклідами.

2. Визначено особливості одержання суперфосфату з фосфат-глауконітового концентрату Карпівського родовища сульфатно-кислотним способом, що характеризується високим значенням P_2O_5 засв (більше, ніж 99,3 %) за витрат сульфатної кислоти 600 кг у перерахунку на 100 % H_2SO_4 /т фосфориту, та фізико-хімічні умови формування фосфатної оболонки.

3. За результатами експериментальних досліджень кінетики розчинення діючої речовини капсульованих азотних добрив і міграції важких металів у ґрунтовий шар підтверджено можливість зменшення екологічного навантаження на довкілля під час їх застосування залежно від складу фосфатовмісної оболонки та її дифузійних властивостей. Найкращі показники має оболонка, що містить суперфосфат і гумат кальцію.

4. Удосконалено математичну модель кінетики вимивання водорозчинного азоту з капсульованої гранули для визначення зміни концентрації вимитого з ґрунту азоту різних видів добрив з часом, яка за результатами регресійно-кореляційного аналізу має коефіцієнт кореляції не менше ніж 0,964. Це дозволило здійснити прогнозне оцінювання техногенного забруднення ґрунтів з урахуванням інтенсивності атмосферних опадів.

5. Розроблена і випробувана технологічна схема одержання екологічно безпечного органо-мінерального добрива пролонгованої дії, що реалізована у вигляді модельної установки в ДП «Сумський державний інститут мінеральних добрив і пігментів» для напрацювання дослідних партій капсульованого продукту.

6. Підтверджена агрохімічна ефективність нового комплексного органо-мінерального добрива в лабораторно-модельних агрохімічних дослідженнях. Під час вирощування ячменю сорту «Бадьорий» із застосуванням карбаміду, капсульованого фосфатовмісною оболонкою на основі суперфосфату, збільшення врожаю становило 50 % порівняно з традиційними добривами, а в разі застосування карбаміду, амоніачної селітри та «Суперагро NPK», капсульованих фосфат-глауконітовим концентратом, збільшення врожаю ячменю становило 18,8–55 % відповідно до добрив без оболонки.

7. Проведено еколого-економічне оцінювання зниження техногенного навантаження на довкілля під час використання нових видів добрив. За результатами розрахунку зменшення викидів закису азоту з 1 га під час застосування мінеральних добрив із покриттям екологічний ефект становить 810,96 грн/га. Визначення коефіцієнту небезпечності щодо кадмію та плюмбуму кожного виду капсульованого добрива показує, що розроблений склад добрива не є пріоритетним забруднювачем ґрунтового шару важкими металами. Розрахунок коефіцієнта екологічності підтверджує, що розроблений вид капсульованих добрив слід віднести до екологічно безпечних добрив.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Вакал В. С., Вакал С. В. Фосфоровмісні мінеральні добрива. Вітчизняна фосфатна сировина для їх виробництва. *Хімічна промисловість України* : науково-виробничий журнал. 2013. № 1. С. 36–39.

Здобувач обґрунтував ефективність і перспективність застосування вітчизняної фосфатної сировини для безкислотного одержання фосфоровмісних добрив.

2. Острога Р. О., Юхименко М. П., Вакал В. С., Михайловський Я. Е. Капсульовані органо-мінеральні добрива пролонгованої дії. Процес одержання. *Хімічна промисловість України* : наук.-виробн. журн. 2015. № 1. С. 40–44.

Здобувач брав участь у дослідженнях і визначив фізико-хімічні властивості одержаних добрив.

3. Гурець Л. Л., Вакал В. С., Цапко Ю. Л., Вакал С. В. Оценка экологического эффекта при применении капсулированных азотных удобрений. *Екологічна безпека. Серія: Розробка екологічно безпечних технологій, процесів і устаткування*. 2018. № 1/2018 (25). С. 61–68.

Здобувач брав участь в експериментальних дослідженнях капсульованих добрив, їх узагальненні та розрахуванні екологічного ефекту.

4. Gurets L., Vakal V., Vakal S. Development of superphosphate based shells for the production of capsulated environmentally safe fertilizers. *Environmental problems = Екологічні проблеми* : науковий журнал / Lviv Polytechnic National University ; editor-in-chief M. Malovanyu. Lviv : Lviv Politechnic Publishing House, 2018. Vol.3, No. 4. P. 236–240.

Здобувач провів дослідження з одержання суперфосфату з фосфориту з низьким вмістом P_2O_5 та запропонував введення його до складу оболонки як компонента екологічно безпечного добрива.

5. Гурець Л. Л., Цапко Ю. Л., Мальований М. С., Вакал В. С. Експериментальні дослідження кінетики розчинення капсульованих азотних добрив. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2019. Т. 29, № 2. С. 94–98.

Здобувач розробив установку і провів експериментальні дослідження з кінетики вивільнення поживних речовин і важких металів із капсульованих добрив.

Наукові праці, які свідчать про апробацію матеріалів дисертації:

6. Тошинский В. И., Петришна В. С., Карпович Э. А., Вакал С. В. Повышение агроэффективности карбамида путём его поверхностного модифицирования фосфат-глауконитовым концентратом. «Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення» : збірник наукових статей VII Міжнародної науково-практичної конференції. Харків, 2011. Т. II. С. 281–284.

Здобувач виготовив і визначив хімічні показники дослідних партій добрив для подальших досліджень.

7. Вакал В. С., Вакал С. В., Цапко Ю. Л. Определение эффективности экологически целесообразных удобрений. *Актуальные проблемы экологии и охраны труда* : сборник статей IV Международной научно-практической конференции (27 апреля 2012 г.). Курск, 2012. С. 40–44.

Здобувач запропонував і виготовив для досліджень дослідну партію капсульованого карбаміду з органо-мінеральною композицією оболонки для сільськогосподарських досліджень.

8. Тошинський В. І., Петрівна В. С., Печенко Т. І., Фаріга О. М. Капсулювання азотовмісних добрив модифікованими фосфатами українських родовищ. *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я (MicroCAD–2010)* : наук. вид. : матеріали 18-ї Міжнар. наук.-практ. конф. : Секція № 13 «Інтегровані хімічні технології у хімічній техніці та екології» (12–14 травня 2010 р.). Х. : НТУ «ХПІ», 2010. С. 25.

9. Тошинський В. І., Петрівна В. С. До питання про розробку добрив пролонгованої дії. *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я (MicroCAD–2011)* : тези доп. 19-ї міжнар. наук.-практ. конф. : Секція № 11 «Рішення поліваріантних задач у хімічній технології» (1–3 червня 2011 р.). Харків : НТУ «ХПІ», 2011. С. 266.

10. Вакал В. С., Вакал С. В. Застосування вітчизняної фосфатної сировини у виробництві екологічно доцільних добрив. 2-й Міжнародний конгрес «Захист навколишнього середовища. Енергоощадливість. Збалансоване природо-користування» : збірник матеріалів (19–22 вересня 2012 р.). Львів : ЗУКЦ, 2012. С. 145.

11. Вакал В. С. Определение экологического эффекта при применении капсулированных азотных удобрений. 4-й Міжнародний конгрес «Захист навколишнього середовища. Енергоощадливість. Збалансоване природо-користування» : збірник матеріалів (21–23 вересня 2016). Львів : ЗУКЦ, 2016. С. 112.

12. Мальований М. С., Вакал С. В., Вакал В. С. Місцева фосфатна сировина для виробництва екологічно безпечних добрив. *Проблеми екологічної безпеки* : збірник тез доповідей XV Міжнародної науково-технічної конференції (11–13 жовтень 2017 р.). Кременчук : ПП Щербатих О. В., 2017. С. 131.

13. Вакал В. С., Гурець Л. Л. Расчет ожидаемого экологического эффекта при применении азотных удобрений с покрытием. *Сучасні технології у промисловому виробництві* : матеріали та програма V Всеукр. міжвуз. науково-техн. конференції (17–20 квітня 2018 р.) / редкол. : О. Г. Гусак, І. В. Павленко. Суми : СумДУ, 2018. С. 214.

14. Вакал В. С. Обґрунтування технології капсулювання азотовмісних добрив. *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: тези доповідей XXVI міжнародної науково-практичної конференції MicroCAD-2018* (16–18 травня 2018 р.). Х., 2018. С. 210.

15. Vakal V., Gurets L. Resource-saving technology for obtaining the organo-mineral fertilizers. Design, Simulation, Manufacturing: The Innovation Exchange: *Book of Abstracts of the International Conference* (Sumy, Ukraine, June 12–15, 2018) / V. Ivanov, O. Liaposhchenko, I. Pavlenko, O. Gusak (Eds.). Sumy, PF «Publishing House “University Book”», 2018.- P. 122.

16. Вакал В. С., Гурець Л. Л. Кінетика вивільнення азоту з капсульованих гранул. *Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем* : матеріали дев'ятої Міжнародної науково-практичної конференції (14–16 травня 2019 р.). Чернігів, 2019. С. 165–166.

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

17. Вакал В. С., Вакал С. В., Карпович Е. О., Тошинський В. І. Спосіб одержання добрива у формі гранул з оболонкою: корисна модель № 82883 ; № u201211949 ; заявл. 17.10.2012 ; опубл. 27.08.2013, Бюл. 16, 5 с.

Здобувач провів дослідження, проаналізував та оформив заявку на корисну модель.

АНОТАЦІЯ

Вакал В. С. Зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище при застосуванні азотних добрив з фосфоровмісним покриттям. Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 21.06.01 «Екологічна безпека». – Сумський державний університет МОН України, Суми, 2019. Спеціалізована вчена рада Д 55.051.04.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню науково-практичного завдання щодо зниження техногенного забруднення довкілля завдяки розробленню і впровадженню екологічно безпечних органо-мінеральних добрив із застосуванням як сировини українських фосфоритів і торфу.

Проведений аналіз способів підвищення ефективності використання азоту добрив засвідчив, що їх капсулювання мінеральними і природними компонентами з модифікуванням їх органічною складовою дозволяє мінімізувати екологічну небезпеку від забруднення довкілля нітратами, важкими металами та радіонуклідами.

Оптимізовано й експериментально апробовано склад фосфатовмісної оболонки на основі амонізованого суперфосфату і гумату кальцію, який комплексно знижує швидкість дифузії поживних елементів капсульованих гранул карбаміду.

Експериментально досліджено особливості одержання суперфосфату з фосфат-глауконітового концентрату Карпівського родовища, який характеризується високим значенням засвоюваного P_2O_5 , сульфатно-кислотним способом.

Розроблено математичну модель кінетики вимивання водорозчинного азоту з капсульованої гранули, яка дозволяє розрахувати зміну концентрації азоту, що вимивається з різних видів добрив у часі.

Розроблено технологічну схему процесу одержання фосфатовмісного покриття на гранулах азотних добрив і проведено її апробацію в дослідно-промислових умовах.

За результатами агрохімічних випробувань виявлено, що досліджені марки добрив із покриттям на основі суперфосфату забезпечили достовірно встановлений приріст біомаси проростків ячменю порівняно з абсолютним контролем та іншими видами добрив. Установлено, що за технологією локального окультурення ґрунтів

норми внесення капсульованих добрив можна скоротити в 2–3 рази, що дозволяє зменшити агрогенне навантаження на ґрунтовий шар.

Здійснене еколого-економічне оцінювання зниження техногенного навантаження на довкілля під час застосування нових видів добрив за допомогою розрахунку коефіцієнтів небезпечності й екологічності капсульованих добрив показує, що розроблений склад добрива можна віднести до екологічно безпечних добрив.

Ключові слова: техногенне навантаження, деградація ґрунтів, екологічна безпека, карбамід, фосфатовмісна оболонка, суперфосфат, гумат, органо-мінеральні добрива, екологічна ефективність.

АННОТАЦІЯ

Вакал В. С. Снижение техногенной нагрузки на окружающую среду при использовании азотных удобрений с фосфорсодержащим покрытием. – Квалификационная научная работа на правах рукописи.

Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук (доктора философии) по специальности 21.06.01 «Экологическая безопасность». – Сумский государственный университет МОН Украины, Сумы, 2019. Специализированный ученый совет Д 55.051.04.

Диссертация посвящена решению научно-практической задачи по снижению техногенного загрязнения окружающей среды за счет разработки и внедрения экологически безопасных органо-минеральных удобрений с применением в качестве сырья украинских фосфоритов и торфа.

Проведенный анализ способов повышения эффективности использования азота удобрений показал, что их капсулирование минеральными и природными компонентами с модифицированием их органической составляющей позволяет минимизировать экологическую опасность от загрязнения окружающей среды нитратами, тяжелыми металлами и радионуклидами.

Оптимизирован и экспериментально апробирован состав фосфорсодержащей оболочки на основе аммонизированного суперфосфата и гумата кальция, который комплексно снижает скорость диффузии питательных элементов капсулированных гранул карбамида.

Экспериментально исследованы особенности получения суперфосфата из фосфат-глауконитового концентрата Карповского месторождения, который характеризуются высоким значением усвояемого P_2O_5 , сульфатно-кислотным способом.

Разработана математическая модель кинетики вымывания водорастворимого азота из капсулированной гранулы, позволяющей рассчитать изменение концентрации азота, вымываемой из различных видов удобрений во времени.

Разработана технологическая схема процесса получения фосфорсодержащего покрытия на гранулах азотных удобрений и проведена ее апробация в опытно-промышленных условиях.

По результатам агрохимических испытаний выявлено, что исследованные марки удобрений с покрытием на основе суперфосфата обеспечили достоверно установленный прирост биомассы проростков ячменя по сравнению с абсолютным контролем и другими видами удобрений. Установлено, что по технологии локального окультуривания почв нормы внесения капсулированных удобрений можно сократить в 2–3 раза, что позволяет уменьшить агрогенную нагрузку на почвенный слой.

Проведенная эколого-экономическая оценка снижения техногенной нагрузки на окружающую среду при применении новых видов капсулированных удобрений путем расчета коэффициентов безопасности и экологичности показывает, что разработанный состав удобрения можно отнести к экологически безопасным удобрениям.

Ключевые слова: техногенная нагрузка, деградация почв, экологическая безопасность, карбамид, фосфатсодержащая оболочка, суперфосфат, гумат, органо-минеральные удобрения, экологическая эффективность.

SUMMARY

Vakal V. S. Reduction the technogenic load on the environment when using the nitrogen fertilizers with phosphorus-containing coating. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Thesis for the academic degree of the Candidate of Engineering Science (Doctor of Philosophy) in the specialty 21.06.01 "Ecological safety". – Sumy State University of MES of Ukraine. Sumy, 2019. Specialized Scientific Council D 55.051.04.

The dissertation is devoted to solving the scientific and practical problem of reducing man-made chemical pollution of the environment through the development and introduction of environmentally safe organo-mineral fertilizers with the use of raw materials of Ukrainian phosphorites and peat.

The analysis of ways of increasing the nitrogen fertilizer use efficiency showed that their encapsulation with mineral and natural components with modification of their organic component allows to minimize environmental risk from environmental pollution by nitrates, heavy metals and radionuclides.

The composition of the phosphate-containing shell based on ammoniated superphosphate and calcium humate, which comprehensively reduces the diffusion rate of the nutrient elements of the encapsulated urea granules, was optimized and experimentally tested.

The peculiarities of obtaining the superphosphate from the phosphate-glaucconite concentrate of the Karpivskyi deposit, characterized by high digestible P_2O_5 value, have been experimentally investigated in the sulfate-acid method.

A mathematical model of the kinetics of water-soluble nitrogen leaching from a capsule granule was developed, that allows to calculate the change in the concentration of nitrogen leached from different types of fertilizers over time.

The technological scheme of the process of obtaining the phosphate-containing coating on granules of nitrogen fertilizers has been developed and its testing has been carried out in experimental and industrial conditions.

According to the results of agrochemical tests, it is revealed that the investigated brands of superphosphate-coated fertilizers provided a well-established increase in the biomass of barley seedlings compared to absolute control and other types of fertilizers. It is established that by the technology of local cultivation of soils the rate of application of encapsulated fertilizers can be reduced by 2–3 times, which allows to reduce the agrogenic load on the soil layer.

An ecological and economic assessment of the reduction of technogenic load on the environment in the application of new types of fertilizers by calculating the hazard coefficient and environmental factor of encapsulated fertilizers shows that the developed composition of fertilizers can be attributed to environmentally safe fertilizers.

Key words: technogenic load, soil degradation, environmental safety, urea, phosphate-containing shell, humates, organo-mineral fertilizers, environmental efficiency.

Підписано до друку 12.11.2019 р.
Формат 60x90/16. Ум. друк. арк. 1,1. Обл.-вид. арк. 0,9. Тираж 100 пр. Зам № 925.

Видавець і виготовлювач
Сумський державний університет,
вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3062, від 17.12.2007.

