

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**ЄФИМЕНКО АННА ОЛЕКСАНДРІВНА**



УДК 661.2.502

**ЗНИЖЕННЯ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ДОВКІЛЛЯ ПРИ  
ВИКОРИСТАННІ ВОДОСТІЙКОЇ ПРОМИСЛОВОЇ ВИБУХОВОЇ  
РЕЧОВИНИ**

Спеціальність 21.06.01– екологічна безпека

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Суми 2014

## **Дисертацією є рукопис**

Робота виконана на кафедрі хімічної технології високомолекулярних сполук Шосткинського інституту Сумського державного університету Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник:

кандидат технічних наук, ст. наук. співр.  
**Закусило Василь Романович**,  
Шосткинський інститут  
Сумського державного університету  
Міністерства освіти і науки України,  
доцент кафедри хімічної технології  
високомолекулярних сполук

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор  
**Шмандій Володимир Михайлович**,  
Кременчуцький національний університет  
ім. Михайла Остроградського  
Міністерства освіти і науки України,  
завідувач кафедри екологічної безпеки  
та організації природокористування

доктор технічних наук, професор  
**Мальований Мирослав Степанович**  
Національний університет «Львівська  
політехніка» Міністерства освіти і  
науки України,  
завідувач кафедри екології та  
збалансованого природокористування

Захист відбудеться 26 грудня 2014 р. о 14<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 55.051.04 в Сумському державному університеті за адресою: 40007, м. Суми, вул. Римського–Корсакова, 2, корп. Ц, ауд. 204.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Сумського державного університету за адресою: 40007, м. Суми, вул. Римського–Корсакова, 2.

Автореферат розісланий «25» листопада 2014 р.

Вчений секретар

спеціалізованої вченої ради

Гурець Л.Л.

## **ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ**

**Актуальність теми.** Зростання обсягів застосування різних видів промислових вибухових речовин (ПВР) для видобутку корисних копалин супроводжується збільшенням техногенного навантаження на навколишнє середовище. Зокрема, негативний вплив на довкілля чинять шкідливі гази, що утворюються при вибуховому перетворенні ПВР, забруднюючи повітряний простір. Крім того в Україні накопичилась значна кількість непридатних для подальшого використання боєприпасів, тривале зберігання вибухопожежонебезпечних матеріалів призводить до забруднення значних територій.

Забезпечення екологічної безпеки при утилізації конверсійних порохів пов'язане з необхідністю дотримання законодавчих вимог у галузі охорони довкілля. Серед методів, які використовуються при ліквідації застарілих порохів, найбільш відомими є їх спалювання на відкритих майданчиках, підривання, подальша їх переробка або зберігання. Утилізація та зберігання конверсійних порохів призводить до значного підвищення рівня екологічної небезпеки, обумовленої накопиченням та виділенням шкідливих сполук у навколишнє середовище.

Нітрат амонію (НА) є найбільш поширеною речовиною, яку використовують як окисник у більшості промислових вибухових речовин. Висока розчинність НА у воді призводить до забруднення ґрунтових вод при застосуванні нітратамонієвих промислових вибухових речовин у обводнених свердловинах. Крім того, нітрат амонію, що знаходиться у складі вибухової речовини, при проведенні вибухових робіт вимивається і потрапляє у тріщини видобутої породи, що призводить до накопичення нітратних сполук. Зменшити дію зазначених факторів дозволить капсулювання нітрату амонію. Утворення міцної оболонки на гранулах НА сповільнить процес його розчинення у обводнених свердловинах. Такий підхід дозволить також поліпшити характеристики вибухової речовини при застосуванні високоенергетичного матеріалу у якості плівкоутворювача. Використання утилізованих порохів на основі нітратів целюлози, вилучених із застарілих боєприпасів, знижує небезпеку виникнення техногенних катастроф, що мали місце при зберіганні цих боєприпасів. Переробка застарілих порохів шляхом використання у новій промисловій вибуховій речовині сприятиме підвищенню енергетичних характеристик, водостійкості, зниженню швидкості проникнення НА у водне середовище та можливості застосування у будь-яких кліматичних умовах, що є актуальним питанням у світовій практиці.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.**

Дисертаційна робота виконувалася згідно з «Державною цільовою оборонною програмою утилізації звичайних видів боєприпасів, непридатних для подальшого використання і зберігання, на 2008–2017 р.», затвердженою постановою Кабінету Міністрів України від 22 жовтня 2008 р., № 940;

«Насичення матеріалів на основі нітратів целюлози нітроефірними пластифікаторами» (ДР № 0114U001268).

**Мета і завдання дослідження.**

Метою дисертаційної роботи є зниження техногенного впливу на навколишнє середовище шляхом застосування замість традиційних промислових вибухових речовин, водостійкої нітратамонієвої вибухової речовини на основі конверсійних порохів або баліститного ракетного палива, вилучених із застарілих боєприпасів.

Для досягнення даної мети були поставлені такі завдання:

- провести оцінку чинників формування екологічної небезпеки при застосуванні нітратамонієвих промислових вибухових речовин;
- обґрунтувати вибір компонентів нової промислової вибухової речовини із застосуванням порохів, вилучених із застарілих боєприпасів;
- проаналізувати кількісний та якісний склад газоподібних продуктів вибуху ПВР при використанні різних видів нітратів целюлози (з урахуванням кисневого балансу суміші);
- дослідити гідродинаміку і кінетику процесу нанесення покриття на поверхню частинок НА у псевдозрідженому шарі для визначення необхідних режимів процесу;
- розробити математичну модель процесу капсулювання НА плівкоутворюючою композицією із нітратів целюлози для прогнозування товщини НЦ покриття в залежності від температурних умов, що впливає на швидкість потрапляння НА у водне середовище;
- запропонувати технологію отримання водостійкої промислової вибухової речовини на основі нітрату амонію з забезпеченням її екологічної безпеки шляхом використання установки для очищення повітря від технологічних викидів;
- дослідити рівень екологічної безпеки водних об'єктів при потраплянні ампора–В у обводнені свердловини видобуваної породи шляхом визначення водостійкості ампора–В, а також вологопроникності та вологопоглинання нітратцелюлозного покриття;
- визначити фізико–хімічні, енергетичні, вибухові характеристики водостійкої промислової вибухової речовини на основі нітрату амонію та проаналізувати зниження рівня екологічної небезпеки при використанні утилізованих порохів.

*Об'єкт дослідження* – процес техногенного впливу промислових вибухових речовин на довкілля.

*Предмет дослідження* – зниження рівня екологічної небезпеки шляхом застосування замість традиційних промислових вибухових речовин, водостійкої нітратамонієвої вибухової речовини на основі конверсійних порохів або баліститного ракетного палива, вилучених із застарілих боєприпасів.

*Методи дослідження.* У дисертаційній роботі використовували методи диференційно–термічного аналізу для визначення сумісності компонентів ПВР; віскозиметричний метод для визначення в'язкості лакових композицій; метод

оптичної мікроскопії при аналізі структури гранул ПВР і модельних нітратцелюлозних плівок; методи з використанням прикладних програмних пакетів для розрахунку газового складу, термодинамічних і вибухових характеристик композиційної енергонасиченої системи на основі нітрату амонію («Астра» – моделювання хімічних і фазових рівноваг при різних температурах, «Авакян»). Дослідження механічних, енергетичних та детонаційних характеристик розробляємої ПВР здійснювали на спеціалізованих майданчиках полігону заводу «Імпульс» м. Шостка.

### **Наукова новизна одержаних результатів.**

1. Вперше розроблено наукові засади технології створення водостійкої промислової вибухової речовини з використанням конверсійних матеріалів (піроксиліну, баліститного порошу та баліститного ракетного палива), застосування якої забезпечує зниження рівня екологічної небезпеки у порівнянні з результатами використання традиційних вибухових речовин.

2. Вперше науково обґрунтовано та експериментально підтверджено, що при контакті з водою нітратцелюлозного покриття на гранулах нітрату амонію відбуваються процеси зустрічної дифузії води через покриття в гранулу, а нітрату амонію у воду, в результаті чого отримана плівка уповільнює процес потрапляння НА у водне середовище, чим знижує рівень екологічної небезпеки.

3. Вперше науково обґрунтовано унеможливлення утворення електричних статичних зарядів за рахунок зменшення питомого об'ємного електричного опору промислової вибухової речовини ампор–В при введенні неіоногенної поверхнево–активної речовини у кількості 0,05–0,2 %, що запобігає виникненню непередбачуваних вибухів та техногенних катастроф.

4. Набули подальшого розвитку наукові підходи до визначення оптимальних параметрів (нітратцелюлозне покриття повинне мати товщину 0,10–0,12 мм і масу 25 % від маси вибухової речовини) виготовлення нових промислових вибухових речовин, використання яких забезпечує зниження рівня екологічної небезпеки за рахунок запобігання утворення шкідливих газоподібних речовин.

5. Удосконалено фізичну модель утворення покриття на гранулах нітрату амонію у псевдозрідженому шарі, застосування якої дає можливість встановити оптимальні параметри процесу нанесення нітратцелюлозного покриття з високими фізико–хімічними властивостями, яке уповільнює процес розчинення нітрату амонію та знижує рівень екологічної небезпеки на довкілля.

6. Удосконалено математичну модель кінетики росту нітратцелюлозного покриття на гранулах нітрату амонію у псевдозрідженому шарі, в якій експериментально визначеним параметром є коефіцієнт покриття. Вперше встановлені закономірності кінетики утворення покриття з урахуванням втрат матеріалу у результаті унесення частинок лаку, що розпиляється форсункою, це дало змогу визначити кількість технологічних викидів та характер утворення покриття.

**Практичне значення отриманих результатів** полягає у наступному:

– впровадження запропонованого компонентного складу промислової вибухової речовини (патенти України № 72202, № 85168) на основі нітрату амонію і нітратів целюлози дозволяє знизити рівень екологічної небезпеки шляхом утилізації порохів, вилучених із застарілих боєприпасів;

– використання апарату з псевдозрідженим шаром (патент України № 73443) та установки для уловлення парів розчинника в технології отримання промислової вибухової речовини ампор–В дозволяє очистити повітря від технологічних викидів;

– застосування методики визначення водонепроникності нітратцелюлозного покриття промислової вибухової речовини (патент України № 85425) дозволяє виконувати оцінку кількості нітрату амонію, який проникає через плівку з нітратів целюлози у водне середовище.

**Особистий внесок автора.** Особистий внесок автора полягає в постановці завдань досліджень, обґрунтуванні необхідності утилізації застарілих порохів, шляхом переробки у нову промислову вибухову речовину, обробці отриманих даних, проведення експериментальних досліджень отримання зразків ампору–В та нітратцелюлозного покриття, визначення фізико–хімічних властивостей.

**Апробація результатів дисертації.** Результати дисертаційної роботи доповідалися на: I Всеукраїнській науково–технічній конференції «Хімічна технологія: наука та виробництво», м. Шостка, 2011; Міжнародній науково–технічній конференції «Хімічна технологія: наука та виробництво», м. Шостка, 2012; «18–й міжнародній науково–технічній конференції молодих вчених, аспірантів та студентів кафедри СШіПС», м. Донецьк, 2012; XIV Науковій конференції «Львівські хімічні читання–2013», м. Львів, 2013; XII Науково–технічній конференції «Проблемні питання розвитку озброєння та військової техніки Збройних Сил України», м. Київ, 2013; XXII Міжнародній науково–практичній конференції «Казантип–ЕКО–2014», м. Харків, 2014.

**Публікації.** Основні наукові положення і результати дисертації опубліковані в 16 наукових працях, з яких 4 статті у наукових спеціалізованих журналах, що внесені до переліку наукових фахових видань МОН України, 1 стаття у виданні, що входить у бібліографічну і реферативну базу Sci Verse Scopus, 4 патенти, 6 тез доповідей на конференціях, монографія у співавторстві.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку використаних літературних джерел із 124 найменувань на 14 сторінках. Повний обсяг дисертації становить 150 сторінок, з них: 34 рисунки, 16 таблиць, 5 додатків на 14 сторінках.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність проблеми; показано зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами; сформульовано мету роботи, задачі, об'єкти і методи досліджень; приведено наукову новизну роботи, її наукове та практичне значення; особистий внесок автора при виконанні, апробації і реалізації результатів досліджень; наведено дані про публікації, обсяг і структуру роботи.

**Перший розділ** присвячений аналізу існуючих чинників формування екологічної небезпеки при застосуванні нітратамонієвих промислових вибухових речовин на стан навколишнього середовища. Показано, що нітрат амонію є найпоширенішою речовиною, яку використовують як окисник ПВР завдяки широкій сировинній базі та доступності сировини. Недоліком багатьох нітратамонієвих промислових вибухових речовин є висока розчинність нітрату амонію у воді, що спричинює потрапляння та накопичення НА у ґрунтах і тріщинах породи, що видобувається.

Найбільш поширеними промисловими вибуховими речовинами на основі нітрату амонію є емульсійні енергонасичені системи, гранульований НА, капсульований тротиловою оболонкою (грамоніт 79/21ГС), ігданіти, грануліти та ін. Однак при використанні таких ПВР виникають складнощі, які можуть спричинити підвищення техногенного навантаження на навколишнє середовище. При вибуховому перетворенні тротилвмісних промислових вибухових речовин утворюється до 50 л/кг шкідливих газів, що підвищує техногенне навантаження на довкілля, крім того тротилова оболонка є крихкою та здатна розтріскуватися при пневмозаряджанні, що призводить до потрапляння НА у ґрунт. Суміш гранульованого нітрату амонію з дизельним паливом є нестійкою, та із-за тривалого часу витримки у частково обводнених свердловинах відбувається стікання палива та розчину НА у нижню частину свердловини, що призводить до відмови при використанні.

Серед найпоширеніших методів утилізації боєприпасів непридатних для подальшого використання є методи відкритого спалювання та підривання. Аналіз літературних даних щодо впливу об'єкта утилізації на навколишнє середовище методом відкритого спалювання прогнозує істотне та понаднормове забруднення атмосферного повітря і ґрунту шкідливими продуктами.

Зниження техногенного впливу на довкілля можливе за рахунок використання утилізованих порохів і ракетного палива, вилучених із непридатних для подальшого використання боєприпасів, у новій водостійкій промисловій вибуховій речовині. Капсулювання гранул НА нітратами целюлози за допомогою апарату з псевдозрідженим шаром забезпечить водостійкість, а також підвищить вибухові характеристики нітрату амонію.

**Другий розділ** містить обґрунтування напряму досліджень, шляхи подолання екологічної небезпеки при використанні промислових вибухових речовин, опис методології і методів, які дозволяють установити основні принципи та закономірності утворення нітратцелюлозного покриття на

гранулах нітрату амонію. Розроблена лабораторна установка з використанням апарату з псевдозрідженим шаром для отримання нової промислової вибухової речовини, за допомогою якої визначали вплив технологічних параметрів на якість нітратцелюлозного покриття та його характеристики.

Для експериментального дослідження процесу отримання нової промислової вибухової речовини на лабораторній установці попередньо готували лакову композицію з утилізованих нітратцелюлозних порохів заданої рецептури. Після приготування лаку в апарат завантажували певну кількість гранул нітрату амонію, а в газову камеру подавали повітря. При досягненні стійкого псевдозрідження гранул і виходу на заданий температурний режим, на форсунку подавали стиснене повітря від компресора та нітратцелюлозний лак. Після досягнення необхідної товщини нітратцелюлозного покриття припиняли подачу лаку і шар гранул НА з покриттям за необхідності підсушували протягом 10–15 хвилин, далі отриману промислову вибухову речовину вивантажували.

Здатність промислових вибухових речовин проводити або накопичувати заряди статичної електрики визначає безпеку їх застосування при транспортуванні та експлуатації. Для визначення питомого електричного опору ампора–В використовували електрометр ЕМ–1. Вимірювання проводили при кімнатних умовах (298 К і відносній вологості повітря 65 %).

Для експериментального визначення водонепроникності нітратцелюлозних плівок була розроблена методика (патент України № 85245). Вона полягає у наступному: пробу плівки закріплювали на скляні або з нержавіючої сталі стаканчики діаметром 24 мм, при цьому стаканчики всередині повинні бути сухими. Потім порожній стаканчик із герметично закріпленою на ньому НЦ плівкою розміщували у ємність з водою. Суть методу полягає у визначенні кількості води, що пройшла через одиницю площі НЦ плівки за певний час. Метод дозволив визначати водостійкість плівок при різному тиску від атмосферного до 0,153 МПа, а також у діапазоні температур від 291 до 313 К. Ці умови пов'язані з необхідністю застосування ампора–В у підземних умовах, де можливі підвищений тиск і температура.

**Третій розділ** присвячений дослідженню та обґрунтуванню вибору компонентів нової промислової вибухової речовини із застосуванням порохів, вилучених із застарілих боеприпасів, аналізу кількісного та якісного складу газоподібних продуктів вибуху ПВР при використанні різних видів нітратів целюлози (з урахуванням кисневого балансу суміші).

За допомогою емпіричних формул встановлено, що для отримання вибухової речовини на основі нітрату амонію з нульовим кисневим балансом необхідно 74 % НА та 26 % колоксиліну, 73 % НА та 27 % піроксилінового пороху, 75 % НА та 25 % баліститного пороху НДТ–3 або баліститного ракетного палива РСІ–12К (патент України № 72202).

Диференціально–термічні дослідження зразка промислової вибухової речовини ампор–В, показали, що діапазон температур, теплові ефекти, а також поліморфні перетворення відповідають характеристикам індивідуальних



речовин. Високий показник температури займання 452 К амопора–В свідчить про виключення можливості виникнення займань при зберіганні ПВР у кліматичних умовах з підвищеною температурою.

З метою оцінки газоподібних продуктів вибуху ПВР при використанні різних видів нітратів целюлози (з урахуванням кисневого балансу суміші), кількості і складу газів, що виділяються при вибуховому перетворенні амопора–В, проведені розрахунки по багатоцільовій програмі «Астра» – «Моделювання хімічних і фазових рівноваг при різних температурах». В основу програми покладено універсальний термодинамічний метод визначення характеристик рівноваги гетерогенних систем, який базується на фундаментальному принципі максимуму ентропії. Результати розрахунку кількості газів та термодинамічних характеристик амопора–В, приведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Продукти вибуху амопора–В

Вміст газів	Кількість газів, моль/кг		
	НА/Кол–н	НА/ПП	НА/БП; НА/ БРТ
H <sub>2</sub> O	21,91	22,50	21,44
CO <sub>2</sub>	5,25	6,7	5,84
CO	0,00	0,2	0,01
H <sub>2</sub>	0,01	0,012	0,2
N <sub>2</sub>	9,86	10,45	10,3
O <sub>2</sub>	2,2	0,07	1,9
NO	0,4	0,053	0,08
Термодинамічні характеристики			
	1	2	3
Теплоємність, кал/моль	149,18	157,1	153,69
Теплота вибуху, ккал/кг	916–925	833	879
Об'єм газів, л/кг	909–920	902	906
Температура вибуху, К	2642–2705	2292	2359
Фугасність, см <sup>3</sup>	316	287	299
Швидкість детонації, м/с	4687	3987	4113

Розрахунок кількості газоподібних продуктів вибуху амопора–В на основі нітратів целюлози (колоксиліну, конверсійного піроксилінового і баліститного порошу, а також баліститного ракетного палива) показав, що при вибуховому перетворенні ПВР практично не утворюються шкідливих газів. Газовий склад продуктів вибуху – це в основному пари H<sub>2</sub>O, двооксид CO<sub>2</sub> та N<sub>2</sub>, що забезпечується нульовим кисневим балансом.

**Четвертий розділ** присвячений розробці технології отримання водостійкої промислової вибухової речовини на основі нітрату амонію та нітратів целюлози з використанням адсорбуючої установки для очищення повітря від технологічних викидів.

На основі аналізу літературних джерел щодо способів нанесення покриття на гранульовані матеріали для отримання водостійкої ПВР був обраний метод розпилення нітратцелюлозного лаку, до складу якого входить етилацетат, на гранули нітрату амонію в апараті із псевдозрідженим шаром (патент України № 73443). Цей метод був покладений в основу технології отримання промислової вибухової речовини. Стійкість процесу нанесення нітратцелюлозного покриття на гранульований нітрат амонію забезпечується певними розмірами зони зрошення і характеристик роботи форсунки.

Для теоретичного визначення діаметру крапель нітратцелюлозного лаку, які утворюються у результаті розпилення пневматичною форсункою використовували рівняння:

$$\frac{d_m \cdot \rho_g \cdot w_{cm}^2}{\sigma_{ж}} = C_k \cdot \left( \frac{w_{cm} \cdot \mu_{ж}}{\sigma_{ж}} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot \left( 1 + \frac{10^3 \cdot \rho_g}{\rho_{ж}} \right) \cdot \left( \frac{m_{ж} \cdot \sigma_{ж} \cdot v_g}{\mu_{ж}} \right)^{\frac{1}{12}} \quad (1)$$

де  $d_m$  – діаметр крапель, м;  $\rho_g$  – щільність газу (для повітря 1,213 кг/м<sup>3</sup>);  $\rho_{ж}$  – щільність нітратцелюлозного лаку, кг/м<sup>3</sup>;  $w_{cm}$  – швидкість витікання газорідинної суміші, м/с;  $\sigma_{ж}$  – поверхневий натяг НЦ лаку, Н/м;  $v_g$  – кінематична в'язкість газу (для повітря 0,0000133 м<sup>2</sup>/с);  $v_{ж}$  – кінематична в'язкість НЦ лаку, м<sup>2</sup>/с;  $\mu_{ж}$  – динамічна в'язкість лаку, Па·с;  $m_{ж}$  – масова витрата НЦ лаку, кг/ч;  $C_k$  – коефіцієнт, який залежить від конструкції розпилювача.

При обраних параметрах апарату та режимах роботи форсунки за допомогою рівняння (1), визначений діаметр краплі нітратцелюлозного лаку який складає 0,016 мм при тиску повітря 0,122 МПа. Встановлено, що діаметр крапель лаку зменшується з 0,016 до 0,012 мм при збільшенні тиску від 0,122 до 0,204 МПа. Отримані дані показали, що обрані фізико-хімічні характеристики НЦ лаку, конструкційні розміри апарату та технологічні режими нанесення покриття, відповідають розмірам крапель, які забезпечують практично гладку та рівномірну поверхню покриття без утворення грудок і мікротріщин.

Для встановлення кінетичних закономірностей нанесення нітратцелюлозного покриття на гранули нітрату амонію розроблений математичний опис процесу, який показує особливості росту НЦ покриття при температурі 289–291 К та при 309–313 К, а також процес його утворення рис. 1.



$\tau=15$  хв;  $\tau=25$  хв;  $\tau=35$  хв;  $\tau=45$  хв;  $\tau=50$  хв;  $\tau=55$  хв.

Рисунок 1 – Схема росту товщини НЦ покриття на гранулах нітрату амонію при температурі 289–291 К

Отримані дані показують досить точну відповідність розрахунку та експерименту, а також той факт, що при температурі шару 309–313 К маса і товщина покриття приблизно на 20 % менша, ніж при температурі 289–291 К. За результатами дослідження розроблена технологічна схема отримання амопора–В, яка наведена на рис. 2.

У технологічному процесі отримання ПВР амопора–В на стадії нанесення покриття у результаті інтенсивної сушки лаку на поверхні гранул, повітря, яке надходить на псевдозрідження, насичується парами розчинника (етилацетату). З метою зниження шкідливих технологічних викидів у навколишнє середовище, а також зниження собівартості ПВР здійснювали уловлення парів і рекуперацію розчинника. Для рекуперації парів етилацетату запропоновано адсорбцію на активованому вугіллі, що дозволяє повертати у технологічний цикл приблизно до 90 % розчинника та знижує рецептурну вартість ПВР на 48 %.

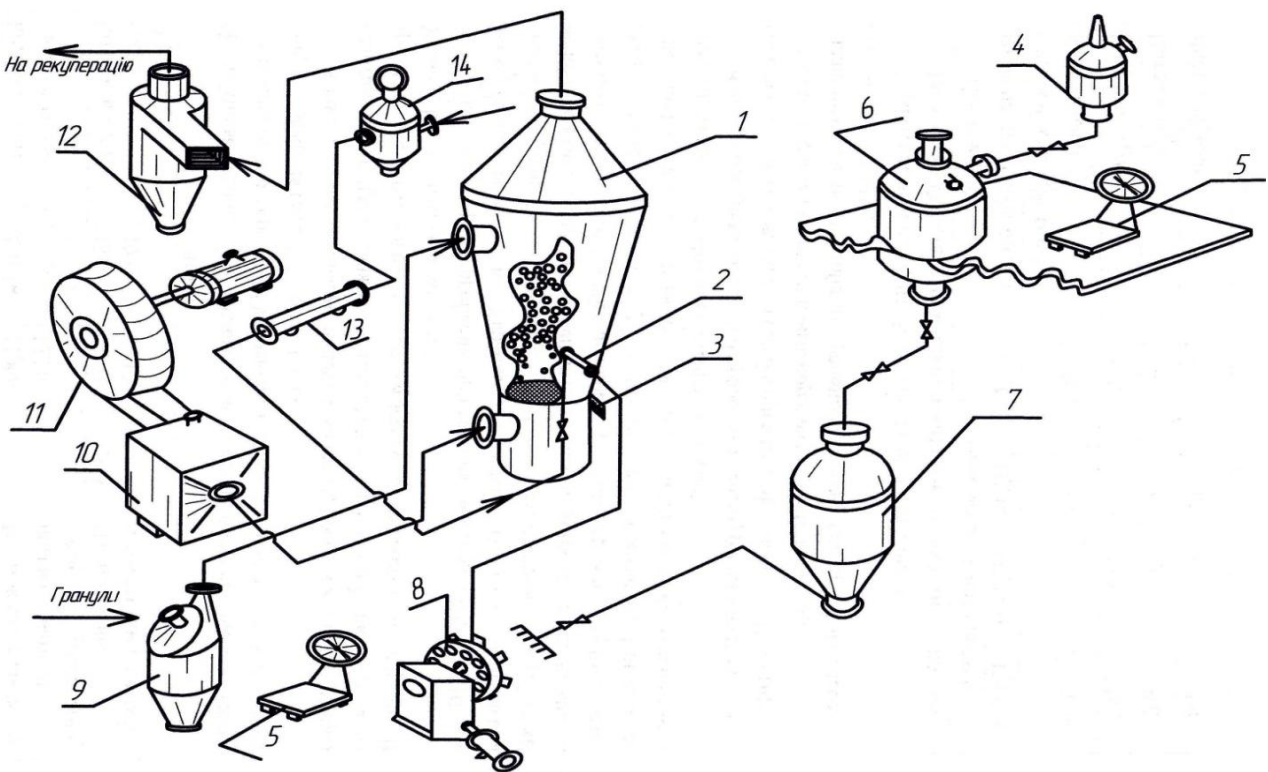


Рисунок 2 – Технологічна схема отримання амопора–В:

1 – апарат із псевдозрідженим шаром; 2 – пневматична форсунка; 3 – розвантажувальний пристрій; 4 – мірник розчинника; 5 – ваги; 6 – змішувач; 7 – розхідна ємність; 8 – дозуючий агрегат; 9 – бункер пневмозавантаження; 10 – калорифер; 11 – повітродувка; 12 – циклон; 13 – теплообмінник; 14 – ресивер

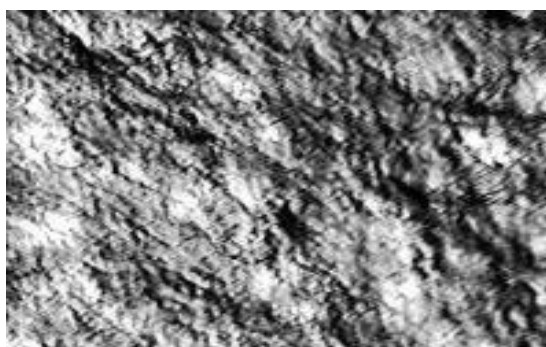
Технологічні режими процесу отримання промислової вибухової речовини, відпрацьовані на експериментальній установці, наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Технологічні режими процесу отримання ампора–В

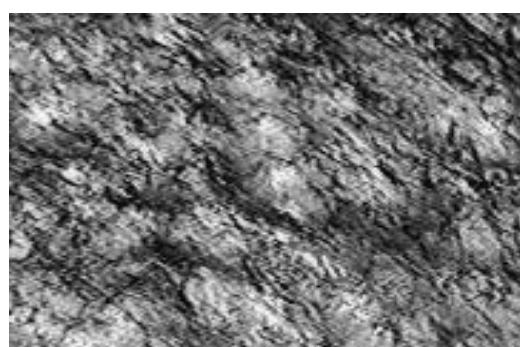
Контрольовані параметри	Значення параметра
Завантаження апарату, кг	1,00
Температура проведення процесу, К	308–313
Тиск повітря, яке надходить до форсунки, МПа	0,122–0,204
Продуктивність повітродувки, м <sup>3</sup> /хв.	0,8
Час проведення процесу, годин	2,5–3,0
Продуктивність форсунки, кг/год	0,750–0,800
Приріст маси ампора–В, %	27–32
Температура сушки ампора–В, К	328
Залишок розчинника, не більше %	0,3–0,5

У п'ятому розділі досліджено фізико–хімічні характеристики вологоізолюючого нітратцелюлозного покриття на гранулах нітрату амонію для оцінки здатності НЦ плівки знижувати швидкість потрапляння нітрату амонію у водне середовище при використанні ампору–В у обводнених свердловинах.

Для визначення закономірностей водопоглинання, водопроникності та водостійкості ампора–В отримували модельні НЦ покриття у вигляді листового матеріалу. Сутність цього способу полягає у нанесенні НЦ лаку на металеву, пластикову або пластину–підложку з нітратом амонію розміром 30–40 мм за допомогою пневматичної форсунки при режимах її роботи, відповідних отриманню ПВР. Час нанесення покриття визначався необхідністю отримання його товщини 0,10–0,12 мм, що задано розрахунками компонування рецептури ПВР ампор–В. Після затвердіння, отриману НЦ плівку відокремлювали від підложки і сушили при температурі 328 К, що відповідає температурі отримання ПВР протягом 3–4 годин, до вмісту розчинника і вологи не більше 0,5 %. Щільність нітратцелюлозної плівки та покриття ПВР, визначені об'ємно–ваговим методом, однакові і складають 1460 кг/м<sup>3</sup>. Структури НЦ покриття та плівки показані на рис. 3.



а



б

Рисунок 3 – Структура поверхні НЦ плівок:

а) отриманих на підложці; б) на гранулах НА

Дослідження по визначенню дифузійних процесів через нітратцелюлозне покриття за допомогою осмотичної установки показали, що концентрація

нітрату амонію в осмометрі за 5 діб знизилася на 0,9 % мас. і відповідно підвищилася у склянці з водою. Це дозволило зробити висновок, що у даному випадку відбувається процес зустрічної дифузії води через НЦ плівку у гранулу та розчину НА у водне середовище.

Залежність водопроникності та вологопоглинання НЦ покриття від часу витримки у воді показані на рис. 4, 5.

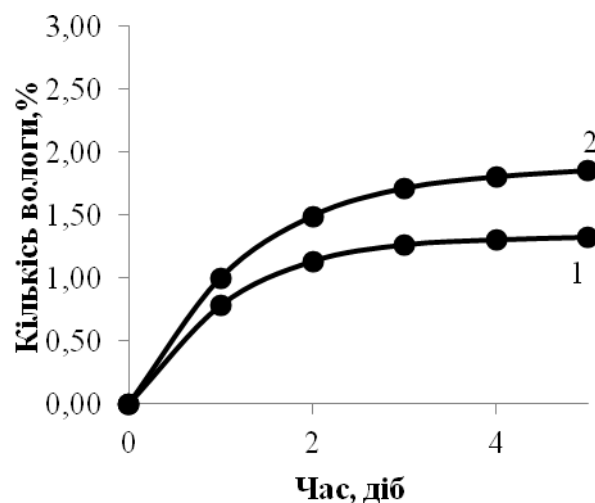
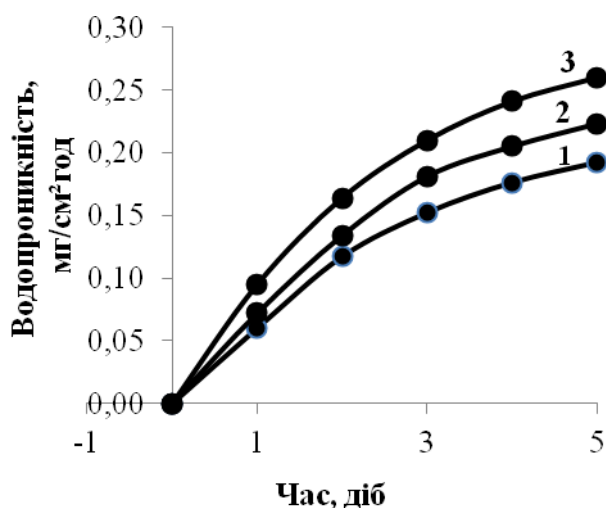


Рисунок 4 – Залежність водопроникності НЦ плівки від часу витримки у воді:

1 – при атм. тиску і температурі 291 К;  
2 – при атм. тиску і температурі 313 К;  
3 – при тиску 0,153 МПа і температурі 291 К

Рисунок 5 – Залежність вологопоглинання НЦ плівки від часу витримки у воді:

1 – при температурі 291 К;  
2 – при температурі 313 К

Із рис. 4, 5 видно, що при підвищенні температури і тиску водопроникність та вологопоглинання покриття збільшуються, поясненням цього процесу свідчить підвищення швидкості руху частинок води, що сприяє прискоренню дифузійних процесів проникнення молекул через НЦ плівку.

Для визначення водопроникності НЦ покриття використовували залежність 2:

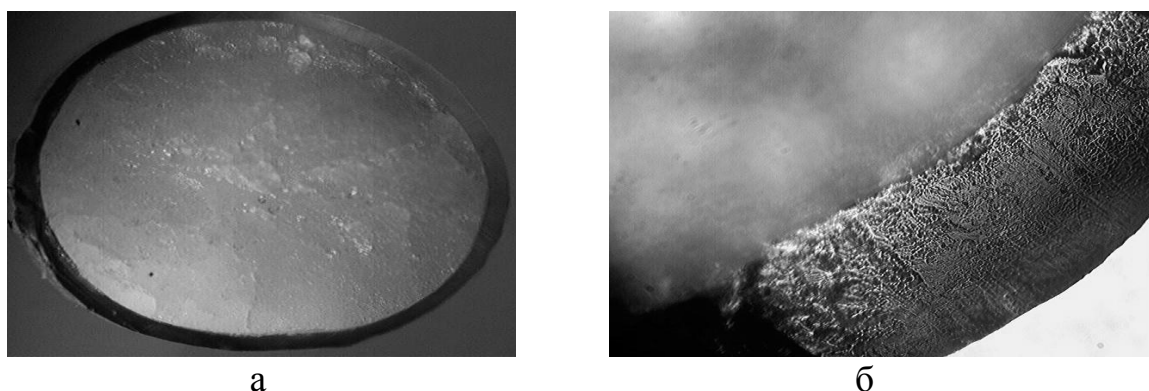
$$V_l = \frac{(m_1 - m_2) \cdot 10^3}{29,4}, \text{ мг/см}^2 \cdot \text{год} \quad (2)$$

де  $m_1$  – маса склянки з пробою після 18 годин термостатування, г;  
 $m_2$  – маса склянки з пробою після 6 годин випробування, г; 29,4 – коефіцієнт, що визначається формулою  $S \cdot T$ ; де  $S$  – робоча площа плівки ( $4,9 \text{ см}^2$ );  $T$  – час випробування (6 годин).

Дослідженнями встановлено, що вологопроникність нітратцелюлозних плівок за нормальних умов становить  $0,196 \text{ мг/см}^2 \cdot \text{год}$ .

У шостому розділі досліджено характеристики промислової вибухової речовини на основі нітрату амонію та її вплив на навколишнє середовище при використанні, а також проведені визначення кількості нітрата амонію у водному середовищі з урахуванням екологічних норм та гранично допустимої концентрації.

Однією з характеристик гранульованої ПВР амопор–В є твердість. Твердість гранул непористого нітрату амонію становить 0,52 кг/гранулу. Плівкоутворююча речовина на основі нітратів целюлози при нанесенні на гранули нітрату амонію сприяє збільшенню твердості до 20 кг на гранулу та пластичності покриття, що підвищує деформаційно–міцнісні характеристики ПВР. У структурі НЦ плівки відсутні мікротріщини, навіть при значному стисненні, що свідчить про високий рівень захисту від потрапляння нітрату амонію у водне середовище. Зовнішній вигляд розрізу стислої гранули та покриття амопора–В приведені на рис. 6.



а

б

Рисунок 6 – Зовнішній вигляд гранули амопора–В та НЦ плівки:

а) розріз стислої гранули амопора–В, ступінь збільшення  $60^{\times}$ ; б) структура НЦ покриття на бічній поверхні гранули, ступінь збільшення  $240^{\times}$

Встановлено, що гранули амопора–В вкриті оболонкою із нітратів целюлози, не стираються і не утворюють пилу при пневмотранспортуванні, що знижує кількість нітрату амонію, який здатен потрапляти у пори та тріщини видобуваної породи та водне середовище.

Нітратцелюлозне покриття на гранулах НА утворюється у результаті затвердіння нітратцелюлозного лаку і видалення розчинника з поверхні гранул. Технологічні режими процесу отримання амопора–В забезпечують досить щільне покриття і незначний вміст залишку етилацетату. Встановлено, що вміст розчинника в НЦ покритті амопора–В становить 0,3–0,5 %, що практично не впливає на характеристики промислової вибухової речовини.

Для визначення кількості нітрату амонію, який проникає у воду від часу, дослідні зразки ПВР розміщували у п'ять однакових ємностей з водою. Через кожен добу зливали розчин з кожної ємності і визначали кількість нітрату амонію який проник у воду об'ємно–ваговим методом. Результати досліджень представлені на рис. 7.

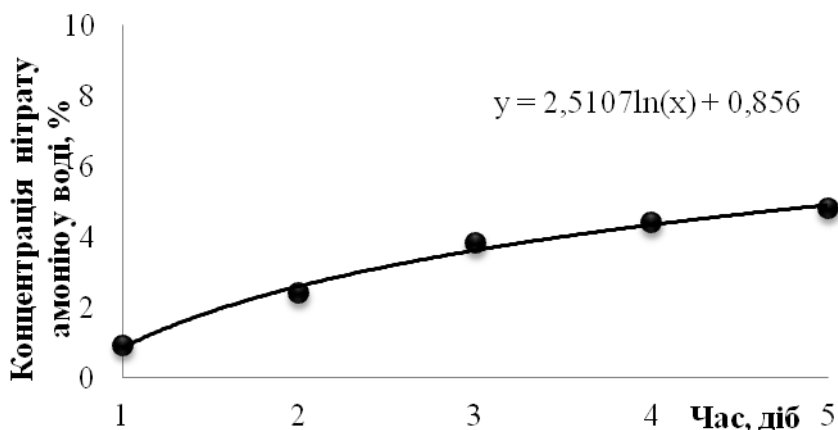


Рисунок 7 – Залежність концентрації нітрату амонію у воді, від часу

Нітратцелюлозне покриття гранул нітрату амонію здатне пропускати не більше 1 % на добу розчину НА, що приблизно дорівнює водостійкості емульсійних вибухових речовин.

При використанні нітратамонієвих промислових вибухових речовин у обводнених свердловинах, відбувається процес потрапляння нітратних сполук у водне середовище, що спричиняє екологічну небезпеку довкіллю. Екологічні нормативи є одними із основних ланок управління екологічною безпекою та є складовою комплексу заходів, щодо встановлення меж у яких допускається зміна навколишнього середовища. Концентрацію наявного у водному середовищі нітрату амонію при використанні ампора-В визначали за формулою:

$$\frac{C_{\phi}}{ГДК} \leq 1 \quad (3)$$

де  $C_{\phi}$  – фонові концентрація (нітрату амонію); ГДК – маса НА в одиниці об'єму (у середньому 2 мг/л).

Експериментальними дослідженнями встановлено, що фонові концентрація нітрату амонію становить 0,05 мг/л, тоді  $0,025 \text{ мг/л} \leq 1$ . Таким чином капсулювання гранул нітрату амонію твердою оболонкою, що містить утилізовані порохи, дає змогу зменшити швидкість потрапляння нітрату амонію у воду та не перевищує норми екологічної безпеки для водних об'єктів.

Недоліком більшості нітратамонієвих ПВР є їх здатність накопичувати статичну електрику. У виробничих умовах накопичення зарядів статичної електрики може досягати таких меж, при яких їх розряд здатний викликати вибух ПВР. Вибухове перетворення промислових вибухових речовин можуть утворити значну кількість шкідливих газів, які спричиняють забруднення довкілля та завдають шкоду робочому персоналу. Встановлено, що введення в нітратцелюлозне покриття 0,05–0,2 % поверхнево-активних речовин (ПАР) призводить до зменшення питомого об'ємного електричного опору до  $3,3 \cdot 10^4 \text{ Ом}\cdot\text{м}$  (патент України № 85168). Таким чином, введення поліоксигіленового ефіру алкілфенолу (ОП-7) до складу покриття переводить

амопор–В з діелектрика у провідник електричного струму, що забезпечить його безпеку при експлуатації, транспортуванні та пневмозаряджанні свердловин. Експериментальні характеристики ампора–В показані в табл. 3.

Таблиця 3 – Фізико–хімічні та вибухові характеристики ампора–В

Характеристики	Значення
Теплота вибуху, кДж/кг	3832–3870
Об'єм газів, л/кг	920–909
Кисневий баланс, %	+1,05 – (– 0,97)
Температура вибуху, К	2705–2642
Критичний діаметр детонації, мм	80–90
Питомий електричний опір, Ом·м	$3,3 \cdot 10^4$
Швидкість детонації, км/с	5,2–5,4
Вологопроникність НЦ покриття, г/см <sup>3</sup> ·год	0,196
Кількість утилізованого пороху, який використовується для рецептури ампора–В при розрахунку на 1000 кг ПВР, кг	250
Проникнення нітрату амонію у воду, % масс./діб	1
Кількість шкідливих газів у перерахунку на СО, не більше, л/кг	0,02

Результати досліджень показують, що ампор–В є новим етапом у розвитку водостійких нітрат амонієвих промислових вибухових речовинах з високими вибуховими характеристиками. При використанні нітратів целюлози у якості сировини для отримання 1000 кг нової ПВР переробляється до 250 кг конверсійного пороху вилученого із застарілих боєприпасів, що значно зменшує техногенне навантаження на довкілля.

## ВИСНОВКИ

Дисертація є завершеною науково–дослідною роботою, в якій подано нове розв'язання актуального науково–практичного завдання у галузі екологічної безпеки, а саме: зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище шляхом утилізації та використання застарілих боєприпасів для отримання нової промислової вибухової речовини та технології її одержання.

1. Проаналізовані чинники формування екологічної небезпеки при застосуванні нітратамонієвих промислових вибухових речовин. Визначено, що найбільшою загрозою довкіллю чинять боєприпаси непридатні для подальшого використання, тривале зберігання яких може привести до виникнення техногенних катастроф.

2. Обґрунтовано необхідність утилізації застарілих порохів шляхом переробки конверсійних матеріалів для отримання водостійкої промислової вибухової речовини на основі нітрату амонію, що дозволяє зменшити таким чином рівень техногенного навантаження на довкілля.



3. Розрахунками кисневого балансу встановлено, що для запобігання утворення шкідливих речовин під час вибухового перетворення амопора–В, НЦ покриття повинне мати товщину 0,10–0,12 мм і складати близько 25 % від маси ПВР, крім того отримана вибухова речовина має більш високі енергетичні характеристики у порівнянні з аналогами (граммоніт 79/21 ГС).

4. Експериментальними дослідженнями показано, що рівномірне та міцне покриття на гранулах утворюється при діаметрі крапель розпиляемого пневматичною форсункою лаку від 0,016 до 0,012 мм, що досягається при тиску повітря від 0,118 до 0,196 МПа (1,2–2,0 кг/см<sup>2</sup>). Утворення міцної оболонки дозволяє знизити швидкість потрапляння нітрату амонію у водне середовище.

5. Розроблено математичну модель кінетики росту покриття на гранулах НА у псевдозрідженому шарі, експериментальним параметром якої є коефіцієнт, що характеризує втрати речовини покриття в результаті його унесення при розпиленні лаку. Показано, що збільшення температури від 291 до 313 К призводить до зменшення товщини і маси покриття приблизно на 20 %, що підтверджує фізичний зміст коефіцієнта покриття.

6. Експериментально встановлено, що при контакті гранул амопора–В з водою перебігають процеси зустрічної дифузії води через покриття в гранулу та нітрату амонію у воду, але ці процеси досить повільні, у результаті чого водопроникність покриття розрахованої товщини протягом 6 годин за нормальних умов становить 0,196 мг/см<sup>2</sup>·год, а проникнення нітрату амонію у воду 1 % за добу.

7. Розроблено технологію отримання промислової вибухової речовини амопор–В із застосуванням апарату з псевдозрідженим шаром. Запропонована технологічна схема, дозволяє проводити уловлення та рекуперацію парів розчинника за допомогою адсорбційної установки, що знижує небезпеку забруднення повітря і дозволяє повернути у технологічний цикл до 90 % етилацетату.

8. Експериментальними дослідженнями та розрахунками встановлено, що вміст нітрату амонію у водному середовищі не перевищує екологічних норм для водних ресурсів та становить 0,025 мг/л.

9. Виявлена можливість зниження питомого об'ємного електричного опору амопора–В до  $3,3 \cdot 10^4$  Ом·м за рахунок введення до складу його покриття неіоногенної поверхнево–активної речовини ОП–7 у кількості 0,05–0,2 % мас. Це забезпечує захист навколишнього середовища від непередбачуваних вибухів при пересипанні і заряджанні свердловин у результаті дії розрядів статичної електрики.

10. Встановлено, що при використанні конверсійних матеріалів у якості речовини для капсулювання гранул нітрату амонію утилізується до 250 кг порошу на тону амопора–В, що знижує техногенне навантаження на довкілля.

11. Промислова вибухова речовина амопор–В рекомендується для ведення вибухових робіт у гірничій промисловості та будівництві, у сухих і обводнених свердловинах, породах середньої і вище середньої міцності за будь–яких кліматичних умов, включаючи низькотемпературні.

## СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Закусило В. Р. Разработка водостойкого промышленного взрывчатого вещества на основе аммиачной селитры / В. Р. Закусило, А. А. Ефименко, В. К. Лукашов, В. П. Куприн // Вісник НТУ «КПІ». Серія «Гірництво». – Київ, 2011. – № 21. – С. 44–52.

*Здобувачем проведений аналіз основних шляхів та методів утилізації боєприпасів непридатних для подальшого використання та їх дію на екологічну безпеку навколишнього середовища.*

2. Закусило В. Р. Исследование водостойкости аммиачноселитренного взрывчатого вещества с нитроцеллюлозным покрытием / В. Р. Закусило, А. А. Ефименко // Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. – Кременчуг, 2013. – № 3 (80). – С. 166–170.

*Здобувачем проведена оцінка кількості нітрату амонію який потрапляє у водне середовище при використанні ампора–В в обводнених свердловинах .*

3. Закусило В. Р. Свойства водостойкого взрывчатого вещества на основе нитрата аммония / В. Р. Закусило, А. А. Ефименко // Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. – Кременчуг, 2013. – № 6 (83). – С. 75–80.

*Здобувачем досліджені властивості нітратцелюлозного покриття для оцінки залежності якості покриття від вибраних технологічних параметрів отримання нової промислової вибухової речовини.*

4. Єфименко А. О. Дослідження процесу одержання аміачноселітренної вибухової речовини з нітроцелюлозним покриттям / А.О. Єфименко // Вісник СумДУ. Серія «Технічні науки». – Суми, 2013. – № 4. – С. 175–180.

5. Zakusylo V. Development of industrial explosive reducing man-caused impact on the environment / V. Zakusylo, A. Efymenko // Metallurgical and Mining Industry, 2014, № 3, – PP. 84–88.

*Здобувачем проаналізований вплив шкідливих газоподібних речовин на довкілля та газовий склад, який утворюється у результаті вибухового перетворення ампора–В.*

6. Водостойкое промышленное взрывчатое вещество на основе нитрата аммония. Физико–химические и технические основы технологии: (монография) / В. Р. Закусило, А. А. Ефименко. – LAMBERT Academic Publishing. Германия, 2014. – 103 с.

*Здобувачем проведені експериментальні дослідження закономірностей нанесення нітратцелюлозного покриття на гранули нітрату амонію з використанням апарату з псевдозрідженим шаром та адсорбційною установкою для очищення повітря від парів розчинника.*

7. Пат. 72202 У Україна МПК<sup>6</sup> С 06 В 31/28. Промислова вибухова речовина / В. П. Купрін, В. Р. Закусило, А. О. Єфименко, О. В. Купрін. – № 01085; заявл. 02.02.2012; опубл. 10.08.2012, Бюл. № 15.

*Здобувачем здійснено дослідження з отримання водостійкої промислової вибухової речовини шляхом капсулювання гранул нітрату амонію плівкоутворюючою композицією з використанням утилізованих порохів.*

8. Пат. 85168 U Україна МПК<sup>6</sup> С 06 В 31/28. Промислова вибухова речовина / В. Р. Закусило, А. О. Єфименко, Р. В. Закусило. – № 06371; заявл. 23.05.2013; опубл. 11.11.2013, Бюл. № 21.

*Здобувачем досліджені закономірності зниження питомого електричного опору промислової вибухової речовини, за рахунок введення поверхнево-активних речовин для запобігання непередбачуваних вибухів та техногенних катастроф.*

9. Пат. 73443 U Україна МПК<sup>6</sup> С 06 В 31/28. Спосіб одержання водостійкої вибухової речовини / В. П. Купрін, В. Р. Закусило, А. О. Єфименко, О. В. Купрін. – № 02545; заявл. 02.03.2012; опубл. 25.09.2012, Бюл. № 18.

*Здобувачем проведений вибір технологічних параметрів для отримання нової промислової вибухової речовини рівномірно нанесеною оболонкою.*

10. Пат. 85245 U Україна МПК<sup>6</sup> G 01 N 9/32. Спосіб визначення водопроникності плівкових матеріалів / В. Р. Закусило, А. О. Єфименко. – № 02657; заявл. 04.03.2013; опубл. 25.11.2013, Бюл. № 22.

*Здобувачем досліджений процес водопроникності нітратцелюлозного покриття.*

11. Закусило В. Р. Разработка водостойкого взрывчатого вещества на основе аммиачной селитры / В. Р. Закусило, А. О. Єфименко, В. К. Лукашов, В. П. Купрін // I Всеукраїнська науково-технічна конференція «Хімічна технологія: наука та виробництво», 7–9 листопада 2011 р., м. Шостка. – Суми: СумДУ, 2011. – 101 с.

*Здобувачем проведений аналіз нітратамонієвих промислових вибухових речовин для оцінки рівня екологічної загрози навколишньому середовищу при їх застосуванні.*

12. Закусило В. Р. Исследование водостойкости нитратцеллюлозных покрытий / В. Р. Закусило, А. А. Єфименко // I Міжнародна науково-технічна конференція «Хімічна технологія: наука та виробництво», 7–9 листопада 2012 р., м. Шостка. – Суми: СумДУ, 2012. – 118 с.

*Здобувачем досліджені особливості формування модельних нітратцелюлозних плівок в умовах отримання промислової вибухової речовини.*

13. Закусило В. Р. Вплив нітроцелюлозного покриття на характеристики аміачної селітри / В. Р. Закусило, А. О. Єфименко // Матеріали міжнародної науково-технічної конференції молодих учених, аспірантів і студентів, кафедри СШіПС. – Донецьк: ДонНТУ, 2012. – № 18.

*Здобувачем досліджений вплив структури та характеристик нітратцелюлозного покриття ампора-В на дифузійні процеси які протікають через НЦ плівку.*

14. Єфименко А. О. Математична модель процесу одержання промислової вибухової речовини з нітроцелюлозним покриттям / А. О. Єфименко // XIV Наукова конференція «Львівські хімічні читання – 2013», 26–29 травня 2013 року – Львів: Видавничий центр Львівського національного університету імені Івана Франка, 2013. – 463 с.

15. Закусило В. Р. Утилізація конверсійних порохів шляхом отримання аміачноселітрової вибухової речовини / В. Р. Закусило, А. О. Єфименко // IV Науково-технічна конференція «Проблемні питання розвитку озброєння та військової техніки», 16–20 грудня, 2013 р. – Київ: ЦНДІ ОВТ ЗС України, 2013. – 506 с.

*Здобувачем розглянуто проблемні питання, які створюють конверсійні пороху при їх тривалому зберіганні та необхідність утилізації не придатних для подальшого використання боєприпасів.*

16. Закусило В. Р. Снижение техногенной нагрузки на окружающую среду за счет разработки водостойкого промышленного взрывчатого вещества / В. Р. Закусило, А. А. Ефименко // XXII Международная научно–практическая конференция «Казантип–ЭКО–2014». – Харьков: УкрГНТЦ «Енергосталь», 2014. – Т 1. – С. 223–226.

*Здобувачем проаналізований вплив промислових вибухових речовин на основі утилізованих матеріалів на безпеку навколишнього середовища.*

## АНОТАЦІЯ

**Єфименко А. О. Зниження техногенного навантаження на довкілля при використанні водостійкої промислової вибухової речовини. – Рукопис**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.01– екологічна безпека. – Сумський державний університет Міністерства освіти і науки України, Суми, 2014.

Дисертація присвячена зниженню екологічної небезпеки навколишнього середовища шляхом застосування замість традиційних промислових вибухових речовин, водостійкої нітратамонієвої вибухової речовини на основі конверсійних порохів та ракетних палив, вилучених із застарілих боєприпасів.

В роботі науково обґрунтовано, що капсулювання нітрату амонію плівкоутворюючою композицією на основі конверсійних порохів (піроксиліну, баліститного пороху та баліститного ракетного палива) дозволяє знизити рівень екологічного навантаження на довкілля, а саме знизити небезпеку техногенних катастроф при їх зберіганні, зменшити утворення шкідливих газоподібних речовин при вибуховому перетворенні промислових вибухових речовин.

Розроблено технологію отримання водостійкої промислової вибухової речовини за допомогою апарату із псевдозрідженим шаром, та адсорбуючої установки для очищення повітря від технологічних викидів; визначені оптимальні режими отримання ампора–В за допомогою удосконалення фізичної та математичної моделі нанесення покриття; запропоновано методику визначення водопроникності нітратцелюлозного покриття; визначено рівень проникнення нітрату амонію у навколишнє середовище, водопоглинання та водостійкість; показано, що введення в покриття промислової вибухової речовини ампор–В неіоногенної поверхнево–активної речовини (ОП–7) дозволяє зменшити її питомий об'ємний електричний опір, що дозволить

запобігти виникненню непередбачених вибухів у результаті утворення зарядів статичної електрики.

Ключові слова: амоній нітрат, утилізовані порохи, промислова вибухова речовина, техногенне навантаження, технологія.

## АННОТАЦІЯ

**Ефименко А. А. Снижение техногенной нагрузки на окружающую среду при использовании водостойкого промышленного взрывчатого вещества. – Рукопись**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 21.06.01 – экологическая безопасность. Сумской государственной университет Министерства образования и науки Украины, Сумы, 2014.

Диссертация посвящена снижению экологической опасности окружающей среды путем применения вместо традиционных промышленных взрывчатых веществ, водостойкое нитратаммониевое взрывчатое вещество на основе конверсионных порохов и ракетных топлив, извлеченных из устаревших боеприпасов.

На основе проведенного анализа определены экологические преимущества применения промышленного взрывчатого вещества на основе конверсионных порохов с целью утилизации непригодных боеприпасов и снижению техногенной нагрузки при применении аммопора–В. В результате термодинамических расчетов установлено, что для обеспечения нулевого кислородного баланса нитратцеллюлозное покрытие на гранулах нитрата аммония должно иметь толщину 0,10–0,12 мм и составлять примерно 25 % от массы ПВВ. Такое взрывчатое вещество имеет более высокие энергетические характеристики по сравнению с аналогами и при взрывчатом превращении снижает количество вредных газообразных продуктов.

Разработана технология получения промышленного взрывчатого вещества аммопор–В с применением аппарата с псевдооживленным слоем. Предложенная технологическая схема предусматривает улов паров растворителя, что снижает опасность загрязнения атмосферы и позволяет возратить в технологический цикл до 90 % растворителя.

Разработана математическая модель кинетики роста нитратцеллюлозного покрытия на гранулах нитрата аммония в псевдооживленном слое, в которой экспериментально определяющим параметром является коэффициент покрытия, характеризующий потери материала покрытия в результате уноса частиц лака при распылении форсункой.

Экспериментальными исследованиями и расчетами установлено, что содержание нитрата аммония в водной среде не превышает экологических норм для водных ресурсов и составляет 0,025 мг/л.

Показано, что введение в покрытие промышленного взрывчатого вещества аммопор–В неионогенного поверхностно–активного вещества ОП–7 в

количестве 0,05–0,2 % масс. позволяет уменьшить его удельное объемное электрическое сопротивление до  $3,3 \cdot 10^4$  Ом·м, это предотвращает возникновение непредвиденных взрывов в результате образования зарядов статического электричества и возникновения техногенных катастроф.

Ключевые слова: аммоний нитрат, утилизированные пороха, промышленное взрывчатое вещество, техногенная нагрузка, технология.

## ABSTRACT

### **Efyomenko A. A. Reducing the anthropogenic impact on the environment by using waterproof industrial explosive. – Manuscript**

Thesis for the degree of candidate of technical sciences, specialty 21.06.01 – environmental safety. Sumy State University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Sumy, 2014.

The thesis is devoted to reducing environmental hazards environment on disposal and use of outdated ammunition for new industrial explosive.

First proposed the formulation of water-resistant explosives industry, which is the ammonium nitrate granules, coated with a material based on cellulose nitrate (collodion, ballistite gunpowder, gun-cotton or ballistite rocket fuel). The use of such material as obsolete powders from recycled ammunition, reduces the risk of man-made disasters during storage.

It is established that in order to prevent the formation of toxic gases in explosive transformation ammopora–B mixing ratio is 75 % NA and 25 % cellulose nitrates.

A mathematical model of the kinetics of growth cellulose nitrates coating on the pellets of ammonium nitrate in a fluidized bed, which is experimentally determined parameter is the coverage ratio, which characterizes the loss of coating material as a result of entrainment nozzle varnish.

It is shown that the introduction of industrial coating explosive ammopora–V a non-ionic surfactant to reduce its volume resistivity, which will prevent the occurrence of unanticipated explosion due to the formation of static electricity charges.

Keywords: ammonium nitrate, recycled powder, industrial explosives, anthropogenic impact, technology.

Підписано до друку 21.11.2014 р. Формат 60x90/16.  
Гарнітура Times New Roman. Папір офісний.  
Тираж 100 прим. Зам. № 5971. Ціна договірна.

Віддруковано ТОВ «Шосткинська міська друкарня».  
41100, м. Шостка, вул. К. Маркса, 69.