

DOI: <https://doi.org/10.20535/2707-2096.4.2020.219343>

УДК 622.235.535.2

**В. В. Бойко, д. т. н., проф.,**

*Інститут Гідромеханіки НАН України.*

**А. А. Желтоножко, д.т.н.,**

*НДХП*

**В. Г. Кравець, д. т. н, проф.,**

*КПІ ім. Ігоря Сікорського*

**П. Б. Пилипишин, к.юр.н.,**

*ПП «Піровибухсервіс»*

**В. Л. Демешук, к. т. н.,**

*ТОВ «Управляюча компанія «Інтеко»*

## **ТЕХНОЛОГІЧНІ НАПРЯМКИ ТА ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ УТИЛІЗАЦІЇ БОЄПРИПАСІВ В УМОВАХ ГІРНИЧИХ ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ**

**V. Boiko, Dr. Eng. Sc., Prof.,**

*Institute of Hydromechanics of the National Academy of Sciences of Ukraine*

**A. Zheltonozhko, Dr. Eng. Sc.,**

*State Scientific Research Institute of Chemical Products*

**V. Kravets, Dr. Eng. Sc., Prof.,**

*Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute*

**P. Pylypyshyn, Cand. Jur. Sc.,**

*PE "Pyrovybukhservis"*

**V. Demeshchuk, Cand. Eng. Sc.,**

*TOV "Upravliaiucha kompaniia "INTEKO"*

## **TECHNOLOGICAL DIRECTIONS AND ECOLOGICAL ASPECTS OF AMMUNITION DISPOSAL IN MINING ENTERPRISES OF UKRAINE**

*Розглянуто хронологію становлення утилізації боєприпасів з простроченим терміном зберігання. Надано характеристику розроблених в Україні технологій утилізації боєприпасів, вказано на їх недоліки. Представлено дані щодо викидів токсичних сполук у навколишнє середовище внаслідок реалізації вітчизняних технологій. Відзначено відсутність державного контролю забруднення навколишнього середовища токсичними сполуками при утилізації різних типів боєприпасів. Розроблено спосіб формування свердловинного заряду вибухової речовини із військових боєприпасів для проведення масових вибухів, шляхом створення в активній зоні свердловини передачу детонації кожній частині заряду, виготовлених із пучків шашок балістичних (ШБ), розміщених в плівку або мішок, спочатку від потужних нижнього, а потім верхнього бойовиків, що дозволить забезпечити повноту ініціювання всього заряду та за рахунок цього підвищити якість дроблення гірських порід в нижній частині уступу (підощві), знизити дію сейсмічних хвиль, особливо на житлові об'єкти, з одночасною утилізацією боєприпасів.*

**Ключові слова:** боєприпаси, токсичні сполуки, заряд, детонація, сейсмічна хвиля, утилізація.

## ВСТУП

Після ліквідації військового блоку «Варшавський договір» основну частину боєприпасів ввезено в Україну. З урахуванням наявних в Україні на початок 1992р. боєприпасів, а також ввезених, кількість їх з простроченими гарантійними термінами зберігання склала понад 25 млн. тон. Ці дані були надані Генеральним штабом Міністерства оборони України для розробки першої редакції Державної програми утилізації боєприпасів (БП). З огляду на те, що боєприпаси містять більше 15% вибухових матеріалів, на базах, складах і в арсеналах на той період було зосереджено не менше 470 тис. тон вибухових матеріалів. Це була велика техногенна та екологічна небезпека практично для всіх регіонів України.

Для вирішення цієї найважливішої для України проблеми розробку першої редакції Державної програми утилізації боєприпасів було доручено Шосткинському НДІ Хімічних продуктів (НДІХП). Це пов'язано з тим, що в бувшому СРСР Шосткинський НДІХП займався розробкою комплектуючих для різних видів артилерійських систем, систем залпового вогню та інших видів боєприпасів. В незалежній Україні були розроблені дві державні програми утилізації боєприпасів: перша в період з 1995 по 1999 роки, друга – з 2005 по 2018 роки. Обидві програми були затверджені відповідними Постановами КМУ. Слід відзначити, що в бувшому СРСР всі провідні організації з розробки боєприпасів знаходились на території РСФСР, тому для Росії розробка технологій і обладнання з утилізації боєприпасів не являла великих труднощів. Навпаки, Україні вирішення питань утилізації боєприпасів доводилось починати з «нуля».

Найбільш підготовлений до вирішення питань утилізації всіх видів артилерійських боєприпасів був Донецький завод гумово-технічних виробів, який в СРСР займався спорядженням артилерійських боєприпасів та авіабомб.

Починаючи з 1994 року в державних структурах і приватних фірмах склалася думка, що утилізація боєприпасів - це дуже прибутковий бізнес. Багато підприємств і приватні фірми зайнялися розробкою або закупівлею за кордоном технологій і обладнання для утилізації боєприпасів, організовувати спільні підприємства. Так була організована україно-американська фірма «Еллаєнт - Київ».

Американські фахівці встановили на арсеналі «Ічня» обладнання з вимивання вибухових речовин з корпусів снарядів водою під великим тиском. МО України виділило фірмі 220 тис.т боєприпасів. Вони відразу застрахували своє обладнання. Думка українських фахівців, що будуть проблеми з даною технологією, керівництво мало цікавила, адже американці обіцяли багатомільйонні прибутки. Проблеми з'явилися через деякий час після експлуатації обладнання через осадження тротилу на стінках трубопроводів. Часті зупинки обладнання не дали можливості утилізувати виділені обсяги боєприпасів. Американці передали обладнання МО України і отримали страховку. Більше 20 років устаткування не експлуатується і є «пам'ятником» нашої некомпетентності.

## ОСНОВНА ЧАСТИНА

**Вітчизняна практика впровадження технологій утилізації БП.** У зв'язку з обмеженням фінансування розробка екологічно чистих технологій і обладнання для утилізації боєприпасів виявилася несприятливою. Розроблялись прості технології утилізації, основна увага приділялась питанням безпеки. Кількість технологій і

обладнання було обмежено: це технології випалювання вибухових речовин, спалювання стрілецьких патронів, виплавлення тротилу і сумішей на його основі, підривання снарядів.

Випалювання здійснювалось в корпусах снарядів на спеціально підготовлених майданчиках. Відпрацьовані гази після випалювання вибухових речовин викидались в атмосферу без очищення, тверді залишки - в ґрунт. Технологія підривання на спеціально підготовлених майданчиках була найбільш вживаною в основному на базах і арсеналах МО України при утилізації боєприпасів і детонаторів. Продукти вибуху також викидались в атмосферу і засмічували ґрунт. Розробка технології та обладнання для утилізації методом вимивання боєприпасів, що містять гексоген, октоген і їх суміші, в Україні не проводилась. Спалюванням утилізували стрілецькі боєприпаси і детонатори. Розроблена технологія і обладнання розраховані на невеликий тротильовий еквівалент. Проводилось очищення газової фази, тверді залишки з осадів викидались в ґрунт.

**Екологічні наслідки утилізації БП.** В кількість 2,5 млн.т боєприпасів входило близько 1,5 тис.т протипіхотних мін ПФМ, які відповідно до Оттавської конвенції мали бути знищені до 2009 року. Україна ратифікувала рішення Оттавської конвенції і для утилізації 6 млн. мін ПФМ ЄС виділив їй 6 млн. EUR. Тендер на утилізацію виграла німецька компанія GTZ, яка поставляла технологію й устаткування. Була обрана площадка на заводі «Зірка» в м Шостка. Однак адміністрація області та міста відмовились від утилізації протипіхотних мін, вони були утилізовані в інших містах двома технологіями: підриванням і спалюванням. Розрахунки показують, що можлива кількість викинутих в атмосферу і ґрунт агресивних елементів при відсутності методичної бази, технологічних рішень та відповідної вимірювальної апаратури складає значні обсяги. В табл.1 розрахункові дані взято з матеріалів меморандуму Будапештської конференції з ліквідації протипіхотних мін 2001 року).

**Таблиця 1 – Маса токсично небезпечних хімічних елементів, виділених при утилізації піхотних мін, кг**

Маса мін, т	Свинець Pb	Хлор Cl	Сурма Sb	Фосфор P	Миш'як As	Хром Cr	Калій R
х1,5 тис.т	655,3	51332	68,2	626,9	414,7	1171	1483,7

З 1995 по 2016 роки утилізовано понад 480 тис.т боєприпасів. В цю кількість не входять боєприпаси, які були знищені в результаті аварійних ситуацій на базах і арсеналах в Ново-Богданівці, Лозовій, Балаклеї, Сватове, Калинівці, Ічні.

Кількість токсичних елементів, викинутих в атмосферу і ґрунт від утилізації близько 480 тис.т боєприпасів розраховано за вмістом вибухових речовин в боєприпасах (табл.2).

**Таблиця 2 – Маса виділених хімічних елементів, здатних створювати токсичні сполуки при утилізації артилерійських боєприпасів різних калібрів**

Маса боєприпасів, тис.т	Свинець, кг	Ртуть, кг	Миш'як, кг	Сурма, кг
480	970	970	983	94.0

При утилізації практично була відсутня система контролю за забрудненням атмосфери і ґрунту. Санепідстанції не мали ні методичної бази, ні приладового парку,

ні фахівців, здатних проводити контроль за ступенем забруднення. Використовується ще методична база бувшого СРСР, яку намагаються застосувати, хоча вона не відповідає даним обставинам. Характерно, що питання екології в зв'язку з утилізацією боєприпасів ні на місцевому, ні на державному рівні не викликають інтересу.

На відміну від вітчизняних простих технологій компанія GTZ пропонувала технологію й устаткування, які виключають забруднення навколишнього середовища. Спалювання і підривання боєприпасів проводяться в герметичній камері, передбачено три стадії очищення газової фази. На виході з установки реєструється тільки двоокис вуглецю. Вода після очищення від твердих частинок використовується для повторного охолодження, а тверді токсичні частки разом з сорбентом збираються в герметичну тару, що підлягає захороненню.

Державний підхід до вирішення проблеми утилізації боєприпасів продемонструвала Республіка Білорусь. На кошти США і ЄС закуплено технології та обладнання для утилізації практично всіх видів артилерійських боєприпасів. Контролюються питання забруднення навколишнього середовища і безпеки ведення робіт.

**Промисловий досвід використання БП.** Прикладом екологічно корисного підходу до вирішення проблеми утилізації боєприпасів є галузі гірничого виробництва з видобутку корисної копалини відкритим способом, а конкретно до вибухових робіт при проведенні масових вибухів для висадження гірських порід свердловинами, зарядженими зарядами із бойових припасів.

Значного покращення економічного стану кар'єрів по видобутку скельних корисних копалин можна досягти за рахунок різкого зниження затрат на підривні роботи, особливо коли мова йде про вибухові матеріали. Це вимагає розроблення і впровадження технічних рішень, які докорінно змінять технологічні конструкції свердловинних зарядів і систему короткосповільненого їх ініціювання при проведенні масових вибухів, а також використання при цьому передових технічних засобів. Однією із найпрогресивніших є технології з неелектричною та електронною системами ініціювання, які дозволяють локально передавати ініціюючий імпульс бойовику, що відкриває перспективу ефективно використовувати в якості вибухових речовин утилізовані бойові припаси.

На даний час існує технологія проведення масових вибухів з використанням військових боєприпасів із пірексилінових порохів, з яких формуються свердловинні заряди. Останні перед подачею в свердловину, тобто безпосередньо перед формуванням заряду, необхідно подрібнювати або різати на елементи різної форми і розміру. Фаза подрібнення порохів є трудомісткою, енергоємною та вибухонебезпечною і потребує розроблення та установки додаткового устаткування [1], [2].

Недоліком порохомістних свердловинних зарядів є: мала щільність заряджання ( $0,4-0,5 \text{ г/см}^3$ ) через хаотичне розташування їх у свердловині; пучок зі зв'язаних трубок пороху має так звану насипну щільність  $0,8-0,85 \text{ г/см}^3$ , при щільності пороху  $1,54-1,65 \text{ г/см}^3$ ; не забезпечується суцільність і безперервність колонки свердловинного заряду; відмічається висока вартість ведення підривних робіт.

Традиційною технологією є дроблення скельних гірських порід та формування свердловинного заряду з застосуванням промислових вибухових речовин (ВР) для проведення масових вибухів у кар'єрах [3], [4].

Технічною задачею цих технологій проведення масових вибухів, які пов'язані між собою єдиним задумом, є удосконалення способу, що дозволить забезпечити не тільки видобуток корисних копалин (гірничої маси) на кар'єрах, але й одночасне знищення безпечних БП (утилізації), використовуючи їх для позитивної роботи руйнування скельних гірничих порід.

Недоліком традиційної технології є те, що в технічному рішенні не досягнуто мети утилізації бойових припасів, оскільки в способі при формуванні активної частини свердловин застосовують промислову ВР, а також відсутні технологічні прийоми щодо формування нижнього і верхнього бойовиків та короткосповільненого підривання зарядів з бойових припасів разом з додатковими компонентами вибухових речовин та засобами ініціювання заряду(прототип) [4]. Основними відмінностями робіт є відсутність способу висаджування скельних гірських порід та ефективних конструкцій свердловинних зарядів на основі балістичних шашок для його реалізації, що дозволить успішно реалізовувати масові вибухи для видобутку корисних копалин на кар'єрах з одночасною утилізацією БП.

В основу технології виконання масових вибухів поставлено задачу удосконалення способу формування свердловинного заряду вибухової речовини з бойових припасів для ведення масових вибухів шляхом створення в активній зоні свердловини стійких детонаційних процесів в окремих частинах заряду, складених з пучків балістичних шашок (ШБ), розміщених в плівку або рукав. Ініціювання виконується спочатку від потужних бойовиків (нижнього, а потім верхнього), що дозволяє забезпечити повноту ініціювання всього заряду та за рахунок цього підвищити якість дроблення гірських порід в нижній частині уступу (підшві), знизити дію сейсмічних хвиль, особливо на житлові об'єкти, і одночасно здійснити утилізацію БП.

Одночасно вирішено задачу створення заряду з БП, який дозволяє проводити утилізацію балістичних шашок (ШБ) використовуючи їх без попереднього подрібнення, підвищуючи при цьому безпеку заряджання. За рахунок обраного співвідношення між діаметром зарядів з пучками ШБ і діаметром свердловини не менше 0,9 зменшується коефіцієнт тертя заряду, оскільки об стінку свердловини ковзає не вибухова речовина, а гладкий плівковий рукав, відповідно підвищується якість формування заряду за рахунок виключення заклинювання і перекосу шашок та їх більш щільного укладання.

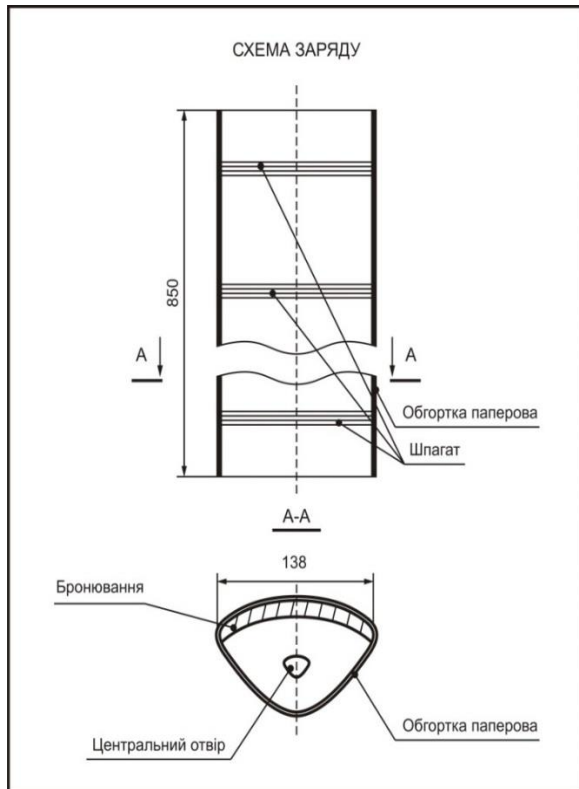
**Конструктивні елементи свердловинного заряду.** Завдання конструювання свердловинного заряду вирішено тим, що технологія його формування заряду із військових боеприпасів включає заряджання свердловини частинами, тобто попередньо виготовленими зарядами з пучків ШБ, розміщених в плівку або рукави. З них дві частини споряджаються бойовиками для верхнього і нижнього ініціювання з додатковими компонентами - сипкою вибуховою речовиною, тротильовими шашками та детонаторами короткосповільненої дії. Заряди виготовляють на основі ШБ, які знаходяться на складах збереження і потребують утилізації.

Перед формуванням заряду зібрані частини зарядів перевіряють на відсутність взаємного переміщення ШБ. Лише після цього кожен частину заряду послідовно із застосуванням лебідки опускають в свердловину

Сутність технології масового висадження наведено на рисунках 1–4, де

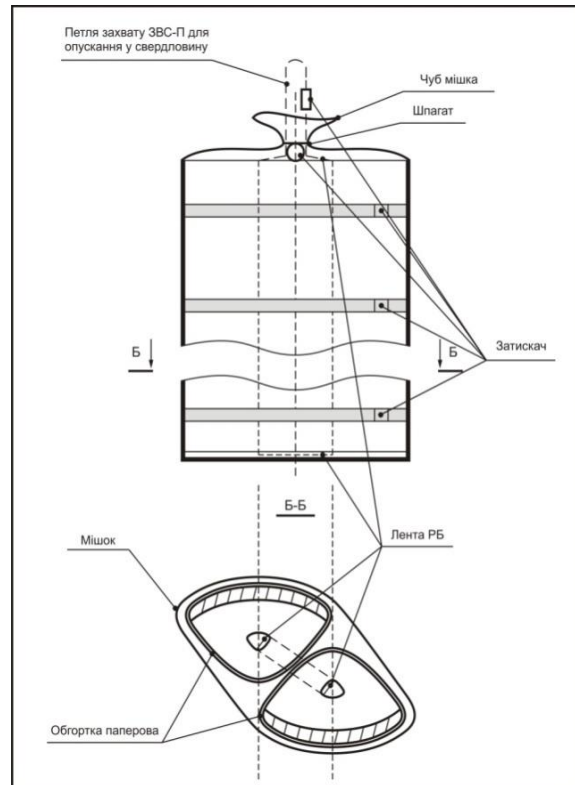


представлено заряди із однієї (1), двох (2), трьох (3, 4) та чотирьох (5) шашок. На рис. 6 зображено макет конструкції свердловинного заряду.



**Рисунок 1 – Заряд з однієї шашки балістичної (ШБ) в паперовій обгортці**

$l_{шб}=0,85\text{м}$ ,  $d_{шб}=0,13\text{м}$ , масою  $q_{шб}=11,5\text{кг}$ .



**Рисунок 2 – Заряд вибухової речовини із 2-х шашок балістичних (ШБ)**

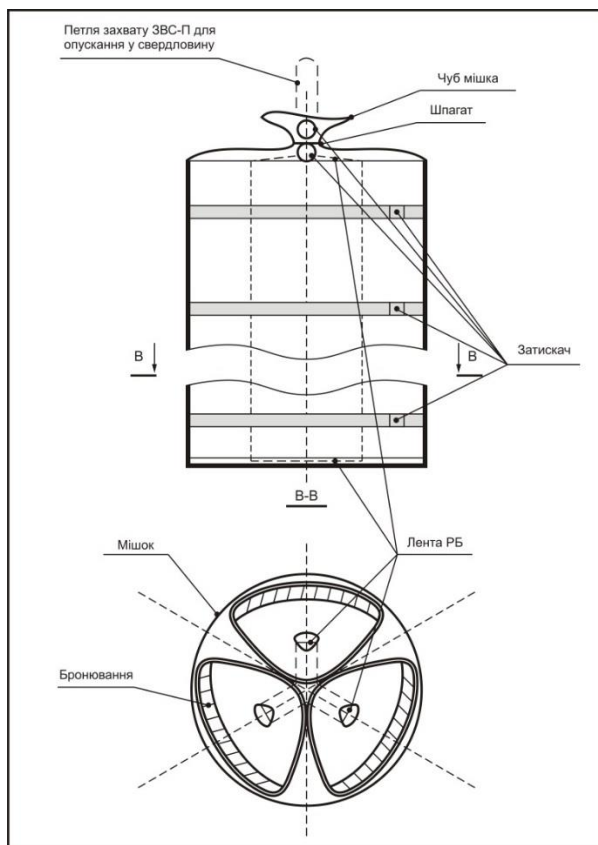
$l_{шб}=0,85\text{м}$ ,  $d_{шб}=0,195\text{м}$ , масою  $q_{шб}=11,5\text{кг}$ .  $x=2=23,0\text{кг}$ , щільність  $0,9\text{г/см}^3$



**Рисунок 3 – Фото пучка із 3-х шашок балістичних (ШБ)**

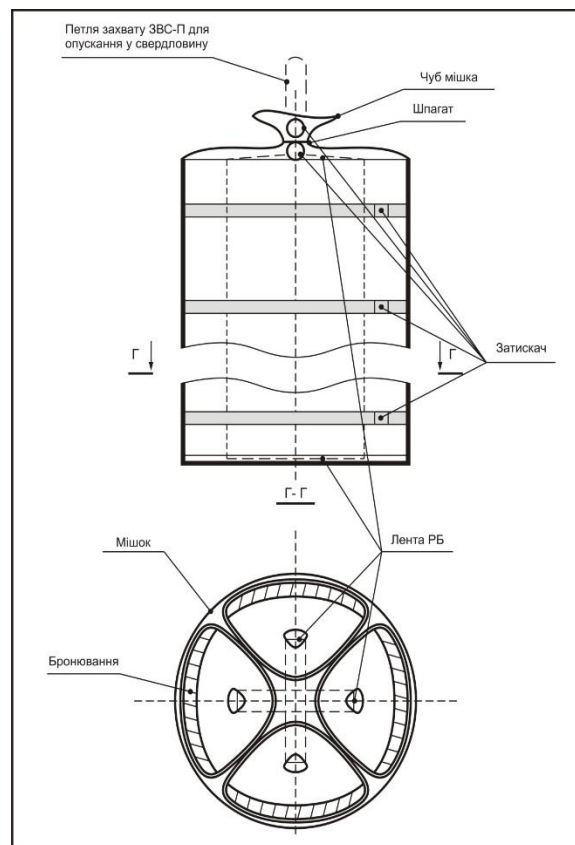
Наведемо приклад формування одного свердловинного заряду вибухової речовини із військових боєприпасів із серії подібних свердловин, розташованих на блоку, який підлягає підриванню. Зарядження свердловини суцільним зарядом з 2-ма ініціаторами проводять в нижченаведеній послідовності (рис.5).

Для цього, починаючи з I-ї до IV-ї частини зарядів, виготовлених, наприклад, для діаметра свердловини 220мм, із 3-х ШБ (1,2,3), скріплених пучками в рукавах з петлею. Затим опускають V-у частину заряду для нижнього ініціювання, із 2-х ШБ (1,2) та сипучого ВР (ТНТ) 7, тротилової шашки, наприклад (Т-440) та детонатора короткосповільненої дії, наприклад, (УНС-450) 4, скріпленого з двома ШБ і тротиловою шашкою в пучок, розміщений в рукаві та пересипаний порошкоподібною ВР. При цьому шнур хвилевода 6 виводять на поверхню блока. Після опускання частин з VI-ї до IX-ї, опускають X-у частину заряду для верхнього ініціювання з детонатором короткосповільненої дії, наприклад (УНС-500) 5. При цьому шнур хвилевода 6 також виводять на поверхню блока. Далі опускають частини зарядів з XI-ї до XIV-ї. Після зарядження усіх 14 частин свердловинного заряду виконують забивання свердловини інертним матеріалом 8. За приведеною послідовністю заряджають всі свердловини, які підлягають підриванню, та виконують монтаж вибухової мережі у відповідності з паспортом масового вибуху.



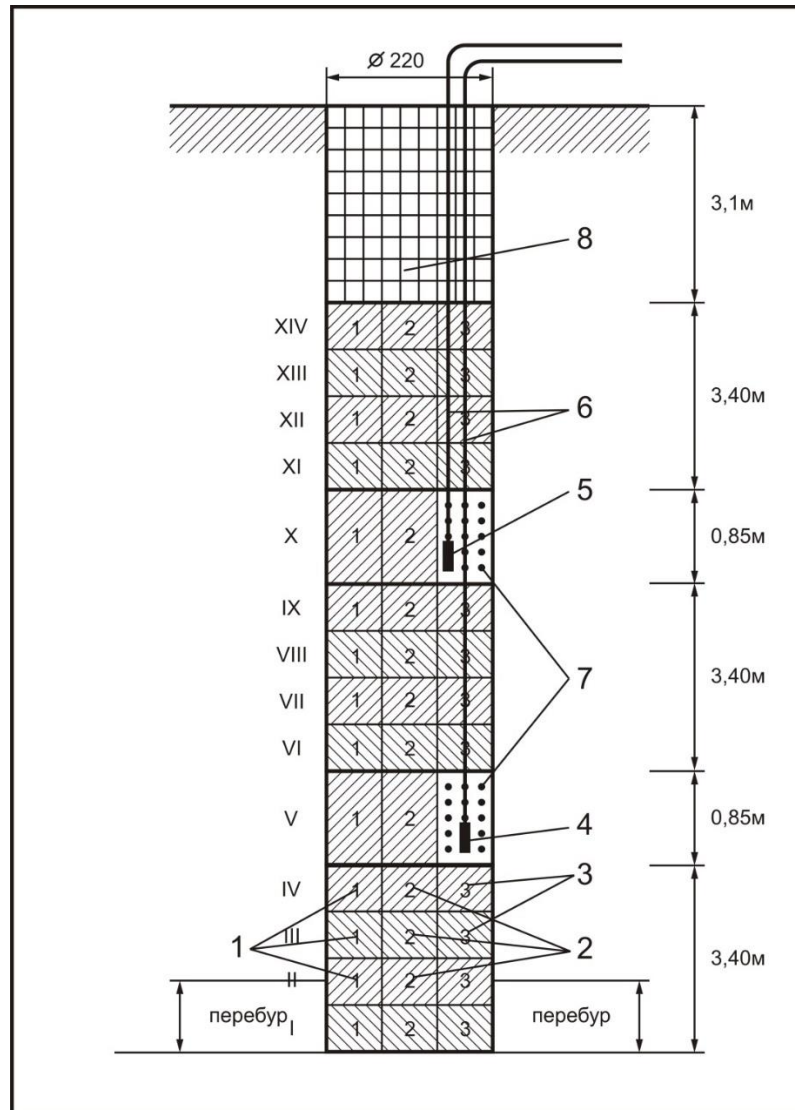
**Рисунок 4 – Заряд вибухової речовини із 3-х шашок балістичних (ШБ)**

$$l_{шб}=0,85м., d_{шб}= 0,22м, масою q_{шб}=11,5кг. \times 3=34,5кг, щільність 1,07г/см^3$$



**Рисунок 5 – Заряд вибухової речовини з 4-х шашок балістичних (ШБ)**

$$l_{шб}=0,85м., d_{шб}= 0,235м, масою q_{шб}=11,5кг. \times 4=46,0кг, щільність 1,25г/см^3$$



**Рисунок 6 – Конструкція свердловинного заряду ВР, одержана з використання способу формування свердловинного заряду вибухової речовини із військових боєприпасів.** I-IV, VI-IX, XI-XIV – частини заряду в пучках, виготовлені із 3-х ШБ (1,2 та 3), розміщених у плівковому рукаві; V, X – частини заряду у плівковому рукаві в пучках, виготовлені із 2-х ШБ (1,2), тротилової шашки (Т-440) та детонаторі короткосповільненої дії, нижнього(УНС-450) 4 і верхнього( УНС-500) 5, відповідно і пересипані порошкоподібною ВР (ТНТ)7; шнури хвилеводів (УНС) 6; набійка – 8.

Розроблювана техніка ведення масових вибухів переслідує дві мети, з яких одна спрямована на забезпечення підготовки гірської маси до виїмання на відкритих гірничих роботах маловитратними вибуховими матеріалами, а друга, не менш важлива, вирішує завдання утилізації прострочених боєприпасів. Зрозуміло, що за цією технологією шикується третя не менш важлива мета – забезпечення технології економічно привабливої утилізації БП новими екологічно ефективними технологічними рішеннями.



## ВИСНОВКИ

1. Хронологія становлення утилізації боєприпасів з простроченим терміном зберігання показує, що ситуація, яка склалася в зв'язку з бойовими діями на південному сході України, призвела до значного зменшення обсягів боєприпасів, що підлягають утилізації. Однак кількість їх з простроченими гарантійними термінами зберігання залишається значною і їх утилізація є досі актуальною. Питання її екологічної безпеки та відповідного контролю слід вирішувати на державному рівні.

2. Прикладом екологічно корисного підходу до вирішення проблеми утилізації боєприпасів є, розроблена авторами, технологія проведення масових вибухів свердловинними зарядами із балістичних шашок у кар'єрах.

3. Розроблена технологія проведення масових вибухів свердловинними зарядами із балістичних шашок у кар'єрах в основу якої покладено створення в активній зоні свердловини передачу детонації кожній з частин заряду, виготовлених із пучків шашок балістичних (ШБ), розміщених в плівку або мішок, спочатку від потужних нижнього, а потім верхнього бойовиків, що дозволить забезпечити повноту ініціювання всього заряду за рахунок цього, підвищити якість дроблення гірських порід в нижній частині уступу (підосві), знизити дію сейсмічних хвиль, особливо на житлові об'єкти з одночасною утилізацією бойових припасів. Поряд з цими завданнями постає проблема зв'язування небезпечних хімічних елементів та сполук з метою їх зв'язування з надійним захороненням, або перетворення цих елементів і сполук на значно менш шкідливі.

## REFERENCES

[1] V. S. Prokopenko, I. V. Kosmin, and I. I. Turuchko, "Sposib formuvannia porokhovmisnogo sverdlvynnoho zariadu", *Ukraine Patent 37064*, Apr.16, 2001.

[2] V. S. Prokopenko, and A. V. Prokopenko, "Sposib vybukhovoho droblennia skelnykh hirs'kykh porid", *Ukraine Patent 36283*, Apr.16, 2001.

[3] Ye. P. Bykov, O. I. Makarov, V. S. Prokopenko, and O. O. Frolov, "Sposib vysadzhuvannia trishchynuvatykh ta sharuvatykh porid i patronovanyi zariad dlia yoho realizatsii", *Ukraine Patent 35937*, Apr.16, 2001.

[4] V. O. Piven, S. V. Shevchenko, M. V. Taranenko, and V. F. Savchenko, "Sposib formuvannia sverdlvynnoho zariadu vybukhovoi rehovyny dlia provedennia masovykh vybukhiv", *Ukraine Patent 28210*, Nov.26, 2007.

[5] V. V. Boiko, V. H. Kravets, A. L. Han, A. M. Shukyurov, and T. V. Khlevniuk, "Sposib formuvannia sverdlvynnoho zariadu vybukhovoi rehovyny pry provedenni masovykh vybukhiv", *Ukraine Patent 35668*, Jul. 10, 2019.

[6] V. V. Boiko, P. B. Pylypyshyn, and T. V. Khlevniuk, "Sposib formuvannia sverdlvynnoho zariadu vybukhovoi rehovyny iz viiskovykh boieprypasiv dlia provedennia masovykh vybukhiv", *Ukraine Patent 131279*, Jan.10, 2019.

[7] V. V. Boiko, S. Yu. Bohutskyi, D. V. Khlevniuk, and N. I. Zhukova, "Sposib seismobezpechnoho korotkospovilnenoho pidryvannia v trishchynuvatykh hirs'kykh porodakh", *Ukraine Patent 131279 u201403411*, Sept.25, 2014.

[8] V. V. Boiko, S. Yu. Bohutskyi, D. V. Khlevniuk, and N. I. Zhukova, "Sposib seismobezpechnoho korotkospovilnenoho pidryvannia v trishchynuvatykh hirs'kykh porodakh", *Ukraine Patent 93234 u201403411*, Sept.25, 2014.

[9] V. V. Boiko, S. Yu. Bohutskyi, D. V. Khlevniuk, and N. I. Zhukova, "Sposib vybukhovoho ruinuvannia skladno strukturnykh masyviv hirs'kykh porid", *Ukraine Patent 93235 u201403413*, Sept.25, 2014.

Надійшла до редакції 16.10.2020