

ЗА БЕЗОПАСНОСТТА НА ЕКСПЛОЗИВИТЕ ЗА ГРАЖДАНСКИ ЦЕЛИ

Валери Митков

Минно геоложки Университет „Св.Иван Рилски“, 1700 София; videx@videx.bg

РЕЗЮМЕ. В статията са представени проведените аналитични и експериментални изследвания на барутите получени от утилизация на ненужни боеприпаси с цел тяхното безопасно делабориране и по-нататъшна преработка и използване в експлозивни за граждански цели, които да притежават високи взриво-технически и екологични характеристики и са безопасни за производство и употреба.

На основата на анализа и проведените експерименти са разработени основните принципи на флегматизация, които осигуряват промишлената безопасност и екологическа чистота на експлозивите.

SAFETY OF EXPLOSIVES FOR CIVIL USES

Valery Mitkov

University of Mining and Geology "St. Ivan Rilski", 1700 Sofia; videx@videx.bg

ABSTRACT. The analytical and experimental research of the propellants obtained from utilization of useless ammunition for the purpose of their safe delaboration and further adaptation and use in explosives for civil uses, which have high explosive-technical and ecological characteristics, is reviewed in this article. These explosives are safe for production and use.

On the basis of the analysis and the experiments conducted, the basics of phlegmatization, which ensure the commercial safety and ecological purity of the explosives were developed.

Въведение

Основните изисквания, на които трябва да отговарят експлозивите за граждански цели (ЕГЦ) са безопасност при използване (чувствителност на удар и триене, чувствителност на статично електричество, водоустойчивост, токсично въздействие на експлозивите и на продуктите на взрива) и ефективност при използване (детонационна способност, чувствителност към инициращия импулс, специфична мощност на взрива на експлозива и др.)

Актуална задача в условията на освобождаване на огромни количества ненужни армейски боеприпаси се явява създаването на мощни водоустойчиви ЕГЦ на базата на продуктите от утилизирани боеприпаси, превъзхождащи по безопасност и ефективност използваните до сега познати експлозивни, което прави тяхното използване икономически целесъобразно.

Използваните до скоро ЕГЦ в откритите рудници и кариери условно могат да се разделят на три групи:

- грубодисперсни ЕГЦ (ГДА 70/30, ГДА 79/21, гранулатол, Анфо);
- водонапълнени гелообразни (слари) ЕГЦ, сенсibiliзирани с тринитротолуол;
- емулсионни ЕГЦ на основата на водномаслена емулсия, сенсibiliзирани с микросфери или газови мехурчета.

Основни недостатъци на съществуващите рецептури на ЕГЦ и на технологиите на тяхното производство са:

1. В грубодисперсните ЕГЦ – високо съдържание на опасния и скъпо струващ тротил в съставите на ГДА, ниската физическа стабилност и детонационна способност на Анфо смесите произведени на базата на гранулирана селитра, предназначена за селското стопанство и високата стойност на вносната поръозна, образуването на взривоопасна прах и силна електризация на гранулите при механизирано зареждане.

2. В гелообразните, слари ЕГЦ – необходимост от високо съдържание на тротил в съставите за осигуряване на висока детонационна способност.

3. В емулсионните ЕГЦ на основата на водно-маслени емулсии – необходимостта от използване на сенсibiliзирани микросфери, газови мехурчета и като следствие от това – ниска плътност на зарядите.

Всичко казано до тук позволява да се формулират основните задачи, стоящи за решаване на първо място:

1. Понижаване чувствителността на ЕГЦ към механични и топлинни въздействия и тяхната електризация при производство и зареждане.

2. Създаване на безопасни технологии за утилизация на всички марки артилерийски барути, балистични ракетни твърди гирива (БРТГ) и експлозивни от ракетно-артилерийските ненужни боеприпаси за използването им като сенсibiliзирани компоненти на ЕГЦ.

3. Създаване на нови рецептури относително безопасни ЕГЦ с минимално възможно съдържание на силно чувствителни експлозивни и висока взривотехническа ефективност.

Основи на принципите на флегматизация на бездимните барути

Основните фактори, определящи възможността от възникване на възпламеняване, горене (пожар) и взрив при работа с експлозивни са: механични въздействия (удар, триене), топлинни въздействия (нагреване на оборудването в аварийен режим, късо съединение в електропроводите и електросъоръженията, пожар) и разряд на статично електричество.

Както е известно, всеки процес на взривно превръщане на експлозива започва с неговото възпламеняване под въздействието на някой от следните фактори: механическо или топлинно въздействие или електрически разряд.

Ако топлинното или механично въздействие върху експлозивите в условията на производство се предотвратяват чрез правилно проектиране на технологичните процеси и комплексни мерки по техника на безопасност, то предотвратяването на разрядите от статично електричество се осъществява чрез сложен комплекс от различни фактори, не винаги подлежащи на анализ и регламентация в нормативните документи.

Отчитайки, че всички барути, БРТГ и експлозивни са диелектрици и лесно се наелектризират от триене, а чувствителността на техните прахове във въздуха към искров разряд на електростатично електричество е в 100 до 1000 пъти по-висока, отколкото на изходните материали и е само 0.03 – 0.06 J [Светлов, 1973], то едно от най-важните изисквания при работите при тяхната утилизация е недопускане образуването на прах и събиране на заряди от статично електричество върху тяхната повърхност. Нека направим анализ на същността и влиянието на тези фактори върху безопасността на технологичните процеси на работа с експлозивни и в частност с барути.

Балиститните артилерийски барути и БРТГ, представляващи гъвкави тръбни или лентови изделия, практически не образуват прах при триене на барутните елементи един в друг, но при работа с твърдите и чупливи пироксилинови и димни барути, водещи, при триене на барутните елементи един с друг до образуване на барутна прах, повишаваща тяхната възпламеняемост [Андреев, 1966] и нейното наелектризиране, силно се повишава опасността от несанкционирано възпламеняване и горене. По тази причина опасни технологични операции, при работа с тях, са операциите свързани с тяхното преместване - изсипване на барутите от гилзите, транспортиране или утилизация.

За намаляване на пожаро- и взривобезопасността на производствените процеси при утилизация на артилерийски барути, БРТГ и експлозивни са възможни два подхода – инхибиране или флегматизация на барутите. Инхибирането се състои във въвеждане в техния състав на нови химически компоненти, подтискащи процесите на възпламеняване и горене на взривните компоненти. Този подход е неприемлив, тъй като всъщност се налага пълна преработка, т.е. производство на нови експлозивни.

Флегматизацията се изразява в създаване между зърната или на повърхността на експлозивите на защитен слой (филм), затрудняващ процесите на възпламеняване и горене.

В съответствие с изложеното по-горе, задачата на флегматизацията се състои в недопускане образуването на прах от взривни материали и неговата електризация като основни причини за тяхната пожаро- и взривоопасност и създаване на топлинни прегради за недопускане разпространението на пламъка по цялия им обем. При това не бива да се забравя, че взривоопасността на пироксилиновите и димни барути се определя от наличието на барутен прах в аерозолно състояние, като в същото време тези барути във вид на изделия (зърна, тръбички, гранули) са способни само да горят, което непрекъснато се потвърждава от самия факт на многовековно съществуване на огнестрелното оръжие и артилерията, с наляганя в каналите на цевите, достигащи при изстрела хиляди атмосфери.

В последно време често се използва флегматизацията на зърната от пироксилинови барути с минерални масла (омастяване на барутите) с цел използването им в минната промишленост като ЕГЦ. По този начин частично се решава проблема с барутния прах, но не се решава главната задача – намаляване пожароопасността на пироксилиновите барути. Както доказаха експерименталните изследвания на автора, разлика между характера на възпламеняването и горенето при зърнообразните пироксилинови барути и ЕГЦ на тяхна основа няма, и едните и другите притежават висока пожароопасност и при горене в затворен обем или в голямо количество поради проникване на пламъка във вътрешните слоеве, може да доведе до турбулентен режим на горене (едновременно горене на големи количества барут) и до физически взрив на опаковката на барута. Запълването на свободните пространства между зърната на барута с течност затруднява проникването на пламъка от горящ барут във вътрешните слоеве и така затруднява възможността от бързото изгаряне на барутната маса. При това, колкото по-висок е вискозитетът на течността, толкова при по-голямо налягане горенето на барутната маса може да премине в турбулентен режим на горене.

Когато твърд или течен експлозив се подлага на механичен удар или триене или на въздействието на взривен инициатор (детонатор), взрива или възпламеняването, което може да се инициира има топлинна природа. С други думи, механичната енергия трябва първо да се превърне в топлинна и да се концентрира в не големи локализиращи области с образуване на точкови огнища на нагреване, диаметъра на които е 10^{-3} - 10^{-7} м. Температурата на огнището на адиабатическото нагреване, необходима за инициране на взрив е приблизително около 500°C , а продължителността на нагреване се колебае от 10^{-4} до 10^{-6} секунди [Боуден, 1962]. В огнището на нагреване протича термично разлагане на експлозива, скоростта на реакцията бързо нараства, в резултат на което може да протече топлинен взрив (теория на "горещите точки"). Такова огнище може да се образува по три различни начина:

1. При адиабатично свиване на не големи газове мехурчета, намиращи се в експлозива. Огнищата на нагриване от този тип най-вероятно са причина за възникване на взрив в експлозивите наситени с микропори, в това число в пирокселиновите барути, които са пронизани от огромен брой микропори, образувани при отделянето при тяхното производство на летливи разтворители и в кристалните пресовани експлозиви.

2. При триене на експлозива в стените на твърди материали (в т.ч. и съседни кристали на експлозив) и като следствие, нагриване на повърхностните слоеве до температура на възпламеняване.

3. При вискозно нагриване на експлозива, бързо отделящ се от тесен отвор между твърди повърхности.

Първият механизъм се реализира при относително не големи амплитуди на ударните налягания и определя иницирането на детонация в заряди експлозив с малък критически диаметър от капсул детонатор. Характерен пример са чистите пресовани експлозиви (тротил, тетрил), използвани като междинни детонатори, те са наситени с огромно количество въздушни пори. Трябва да се има в предвид, че съществува определена оптимална стойност на концентрацията и размерите на газовите пори, определящи възникването и развитието на взрива във всеки конкретен експлозив.

Реализирането на последните два механизма на възбуждане на взрив изискват значителни ударни налягания за свиване на слоя експлозив (стотици и хиляди атмосфери) многократно превишаващи техния предел на здравина и високи (стотици метри в секунда) скорости на движение (течение). По този механизъм, най-вероятно, се иницира взрива в балиститните барути и ляти експлозиви, характеризирани се на практика с пълно отсъствие на газови пори, или по-точно, с тяхната много малка концентрация в заряда от експлозив.

Сега, нека разгледаме влиянието на флегматизиращите течности върху детонационните характеристики на експлозивите.

Добре известно е, че добавянето към експлозивите на такива вещества като смазки, парафин, масла, вазелин, вода и нейни разтвори намаляват чувствителността на много от тях към механични въздействия и намаляване на детонационните им характеристики [Юхансон, 1973].

Действието на флегматизатора се състои в това, че той препятства разпространяването на взрива от огнищата на неговото възникване. С други думи, флегматизатора действа чак при процеса на развитие на взрива. Предполага се, че флегматизатора образува топлинна бариера, препятстваща предаването на топлина между частичките на експлозива.

Анализа на факторите, които могат да оказват влияние върху възникването и разпространението на детонация от от една частичка експлозив към друга, показва, че обикновените топлофизически характеристики на флегматизатора по отделно нямат голямо значение. Към тези характеристики се отнасят скритата топлина на изпарение, топлопроводност и специфична топлемост.

Сравняването на пределната концентрация на парафин и вода, необходими за потискане на детонацията е показало, че разпространяването на взривното превръщане се прекратява при еднаква дебелина на покритието от тези течности върху кристалите на експлозива. Важен фактор е коефициента на температуропроводност, който за нефтопродуктите, водата и нейните разтвори е приблизително равен на 10^{-7} м²/с. Освен това в процеса на флегматизация определена роля има и размера на частиците на експлозива – колкото по-малки са частиците, толкова по-силно се флегматизира експлозива и обратно. Този факт добре се илюстрира на примера тротил – вода. При едно и също съдържание на вода (около 30%) едрите частици тротил, с размер над 1.0 мм устойчиво детонират в заряди (гранулатол), а тротил на прах с размери на частичките десети части от милиметъра въобще не е способен да детонира в тези условия [Солнцева, 1966]. Аналогична е картината и при други експлозиви, като пикриновата киселина и нейните соли, пироксилинов прах и др. [Европейска спогодба за международни превози на опасни товари по шосе (АДР), 2001].

Експериментите, проведени от автора с взривни смеси (сплави), състоящи се от тротил-хексоген-алуминий в прахообразен вид (частичките са с размери под 1 мм) показваха, че в прахообразен вид взривната смес устойчиво детонира от капсул детонатор №8 в патрони с диаметър 36-38 мм и дължина 400 мм, а гранули с размери 4 – 10 мм при тези условия не детонират. При запълване с вода или с разтвор на амониева селитра на порите между частиците на експлозива (ликвидиране на „горещите точки“) патроните с прахообразен експлозив загубваха способността си да детонират. При добавяне в прахообразни експлозиви на 3% минерално масло, патроните също не приемаха детонация. Аналогични резултати са били получени и в [Боуден, 1962] за смеси на октоген, хексоген и тен с 3 – 6 % течен парафин.

Използването на тези течности като напълнители при експлозиви с барутни заряди е известно още от 30-те години на миналия век. Известно е тяхното положително влияние върху детонационните характеристики на експлозивите на барутна основа. Освен това са известни случаи на откази при непълна детонация на зарядите, при които, за напълнител е използвана вода.

За изучаване влиянието на различни течни напълнители върху детонационната способност на пироксилиновите барути, последните са престоявали в продължение на определено време в напълнители, а след това удължени заряди от тези барути, залети със съответните напълнители са изпитвани за пълнота на детонация.

Резултатите от изследванията показваха, че колкото по-малко е барутното зърно (или по-малка е дебелината на горящия свод) от пироксилинов барут, толкова по-скоро той се флегматизира от вода. Така, барут ВУфл се флегматизира след час и тридесет минути престой във вода, а 17/7 – след 14 денонощия. След достатъчно дълъг престой във вода, пироксилиновия барут напълно загубваше способността си да детонира, дори в стоманена тръба. Но флегматизирания с вода пироксилинов барут,

напълно възстановаваше детонационната си способност след неговото подсушаване. Изпитанията на пироксилиновите барути дадоха следните резултати:

Всички пироксилинови барути напълно запазват своята детонационна способност при продължителен престой в 50% разтвор на амониева селитра или 25% разтвор на натриев хлорид. Минималната концентрация на разтворите, при която детонационната способност на пироксилиновите барути практически се запазва в продължение на неограничено дълго престояване в тях е само 10%.

Тези експериментални резултати могат да бъдат обяснени с действието на силите на повърхностно напрежение на границата на разделяне на фазите течност – твърдо тяло с използване на теорията за капилярните явления и вземайки в предвид голямото насищане на барутите с микропукнатини, с размери от няколко микрона до десетки части от микрона, получени в следствие на технологията за тяхното производство.

Проникването на течност в порите на барутното зърно зависи от „намокрянето“ на повърхността на барута от течността. Да разгледаме ролята на силите на повърхностно напрежение.

Процеса на взаимодействие на немокреща течност с пористи тела може условно да се раздели на два етапа:

- разпределяне по повърхността на барута на течност, която се задържа от проникване в порите от повърхностното напрежение;
- проникване на течност в порите започва, когато външното налягане стане по-голямо от силите на повърхностно напрежение.

Условието за равновесие на силите е:

$$2\pi r_k \sigma = \pi r_k^2 \rho h = \Delta P_0 \pi r_k^2, \quad (1)$$

където:

σ – коефициент на повърхностно напрежение

h – височина на слоя течност над барута

r_k – радиус на капиляра

ρ – плътност на течността

ΔP_0 – налягане на течността върху въздуха в капиляра при равновесие

Така, насищането с флегматизираща течност на порите и микропукнатините (горещите точки) на барутните зърна по този механизъм, при условие на нейното немокрене зависи от коефициента на повърхностно напрежение:

$$\Delta P_0 = 2 \frac{\sigma}{r_k} \quad (2)$$

При налягане $P > \Delta P_0$ течността прониква в порите, при $P < \Delta P_0$ нейното проникване се препятства от силата на повърхностно напрежение. От това следва, че за да се предотврати „намокрянето“ на барута по този механизъм е

необходимо да се повиши коефициента на повърхностно напрежение на течността.

Както е известно, повърхностните свойства на разтворите са различни от повърхностните свойства на чистите течности. Метода на изчисление на повърхностното напрежение на разтвори на електролити, както е в нашия случай – воден разтвор на амониева селитра е даден в [Вознесенская, 1968], където е установена тясна зависимост между налягането на наситена пара на разтворителя и неговото повърхностно напрежение. Електролитите, намалявайки налягането на наситената пара на водата над разтвора, намаляват самоадсорбцията на водата в повърхностния слой на разтвора и затова се повишава повърхностното напрежение.

По този начин повърхностното напрежение на разтворите не зависи от индивидуалните свойства на разтвореното вещество, а се определя от налягането на наситената пара на водата над разтвора, т.е. от активността γ на водата в разтвора.

Да разгледаме накратко капилярния механизъм на проникване на течност в порите на барута.

Всяко твърдо вещество, имащо капилярно – пориста структура, при намокряне на своята повърхност с течност, притежава способността да „попива“ течност благодарение на капилярни явления. Критерий за проявяване на възможността на капилярно явление е капилярната константа [Русанова, 1984].

$$a = \sqrt{\frac{2\sigma}{(\rho_1 - \rho_2)g}}, \quad (3)$$

където:

σ – коефициент на повърхностно напрежение на течността

ρ_1 и ρ_2 – плътност на течността и водата

g – коефициент на свободно падане

За водата на границата с въздуха $a = 3,8 \cdot 10^{-3}$ m, капилярния ефект се проявява при диаметър на порите по-малък от 3,8 mm.

Скоростта на движение на течността в капиляра (при хоризонтално движение) се определя по следното уравнение:

$$v(t) = \sqrt{\frac{r_k \sigma \cdot \cos \theta}{8\mu t}}, \quad (4)$$

където:

θ – краен ъгъл на мокрене

μ – динамичен коефициент на вискозитет

t – текущо време на „попиване“

От уравнение (4) след не сложно интегриране може да се получи зависимостта на дебелината на напоения слой от времето на попиване и физико-химическите характеристики на течността.

При предварителни лабораторни изследвания е установено, че повърхността на пироксилиновия барут се отнася към слабо мокрените с вода повърхности, но добре омекряна от минерални масла, т.е. в случая с водните разтвори при първия етап на взаимодействие се осъществява първият механизъм (по формула (1)), а на следващия етап започва действието на капиларния механизъм на попиване (по формула (2)).

$$\delta = \int_{t_1}^{t_2} v(t) dt = 2K \left(\sqrt{t_2} - \sqrt{t_1} \right), \quad (5)$$

където:

$$k = \left(\frac{r_k \sigma \cdot \cos \theta}{8\mu} \right)^{0.5}$$

t_1, t_2 – времена на начало и край на „попиване“, в момента на контакт на течността с барута $t_1 = 0$.

Като пример по-долу е дадена пресметнатата оценка на възможността за намекряне на пироксилинов барут марка 4/7 с дебелина на горящия свод 0.4 mm в различни течности, като 10% разтвор на амониева селитра и трансформаторно масло. Физико – химичните характеристики на тези течности са взети от [Мищенко, 1967] и изчисленията са извършени по методика [Викторов, 1977]. Резултатите са дадени в следната таблица.

Таблица 1.

| Течност | $\mu, \text{Pa}\cdot\text{s}$ | $\sigma, \text{N/m}$ | $\Delta P_0, \text{Pa}$ | t, s |
|------------|-------------------------------|----------------------|-------------------------|---------------|
| вода | 10^{-3} | 0.073 | $1.46 \cdot 10^5$ | 258 |
| вода + ПАВ | $0.42 \cdot 10^{-3}$ | 0.038 | $0.76 \cdot 10^5$ | 788 |
| вода + АС | $1.24 \cdot 10^{-3}$ | 0.082 | $1.64 \cdot 10^5$ | 287 |

Дадените в горната таблица стойности на „равновесното налягане ΔP_0 “ и времето „за намекряне t “ на барутното зърно дават само качествена картина на взаимодействието на барута с течността по-различни механизми.

Тук не се отчитат зависимостите от реалните ъгли на „намекряне“ на повърхността на барута с различни разтвори, хидродинамиката на движение на течността в порите и загубите на скоростта от триене, нееднородността на повърхността на барута на микро ниво от гледна точка на „намекряне“ и повърхностната енергия и т.н.

В реални условия най-вероятно се осъществяват и двата механизма на проникване на течността в зърното, предизвикани от нееднородността на физико-химическите характеристики на последното в обема му. Съотношението между механизмите има статически характер и изисква отделни задълбочени изследвания. Но е очевидно, че

главна роля играе повърхностното напрежение на течността и нейния вискозитет.

От горното може да се направи извод, че за отказите в обводнени сондажи на пироксилиновите барути и непълната детонация на барутните заряди в същите, основната причина е в „намекрянето“ на пироксилиновия барут, т.е. флегматизация на „горещите точки“, обусловена както от физико-химическите свойства и микроструктурата на барута, така и от запълващата сондажа течност. Определяща роля при това играе повърхностното напрежение на границата на разделяне на фазите „барут-течност“. Колкото по-голямо е повърхностното напрежение на течността, толкова по-голяма е водоустойчивостта на барута в сондажа, определяна от максималното налягане на водния стълб в него, при което започва проникване на вода в порите. Това трябва да се има в предвид при разработване на технологии за утилизация на барутите и създаването на експлозиви за граждански цели на тяхна основа.

Въз основа на горните предпоставки, бяха проведени експериментални изследвания на възпламеняемостта и горенето на пироксилиновите барути, флегматизирани със съгъстени разтвори на амониева селитра, притежаващи голям вискозитет, повърхностно напрежение и електропроводност, което изключва попиване на разтвора в микропорите на барута, неговото разпрашаване и електризация. Барутния състав представляваше зърна от пироксилинов барут, пространството между, които бе запълнено с флегматизиращ разтвор. Проведах се опити такъв състав да бъде запален чрез открит огън, но нито при един случай това не се случи. След огневите изпитания същия състав бе инициран с електродетонатор. При всички опити детонацията бе пълна [Митков, 2005].

Основни изводи и заключения

1. Въз основа на анализа на физическите и физико-химическите свойства на барутите са разработени основните принципи на тяхната флегматизация, осигуряваща тяхната промишлена безопасност, санитарна и екологическа чистота при производството и използването на експлозиви на тяхна основа.

2. Като основен материал за флегматизация на барутите се използва съгъстен разтвор на амониева селитра, осигуряващ съхранението на „горещите точки“ като центрове на инициране на детонационните прицеси при експлозивите тип „слари“ и индустриални масла при грубодисперсните експлозиви.

3. Разработени са рецептури на гелообразни водосъдържащи експлозиви с търговска марка „Видексит“ и грубодисперсни експлозиви „ГДА-БМ“ на основата на пироксилинови и нитроглицеринови барути, които показва висока взривотехническа ефективност и безопасност, както и екологическа чистота при тяхното промишлено използване.

Литература

Правилник за безопасност на труда при взривните работи, 1997.

Светлов, Б.Я., Яременко, Н.Е. 1973. *Теория и свойства промышленных взривчатых веществ*. М., Недра, 42 с.

Андреев, К.К. 1966. *Термическое разложение и горение взривчатых веществ*. М., Наука, 335 с.

Боуден, Ф., Иоффе, А. 1962. *Безопасность в реакциях в твердых веществах*, М., ИЛ, 118 с.

Юхансон, К., Пирсон, П. 1973. *Детонация взрывчатых веществ*. М., Мир.

6. Солнцева, Р.Н., Светлов, Б.Я., Белякова, М.В. 1966. *Пластичность ВВ с пониженной чувствительностью к механическим воздействиям*. Спец. дело № 60/17, с. 188-197, М., Недра.

Европейска спогодба за международни превози на опасни товари по шосе (АДР), Българско транспортно издателство, София, 2001.

Вознесенская, И.В., Шекулин, Г.Н., 1968. *Вопрос физической химии растворов Электролитов*. Л., Химия, 304-361.

Русанова, А.И., Гудрич, Ф. 1984. *Современная теория капиллярности*, „ИЛ”, Химия.

Мищенко, К.П., Равделя, А.А. 1967. *Краткий справочник физико-химических величин*, Л., Химия.

Викторов, М.М. 1977. *Методы числения физико-химических величин и прикладные расчеты*, Л., Химия.

Митков, В.Е. 2005. *Изследване и създаване на нови водонапълнени водоустойчиви взривни смеси тип „Слари*, списание Експлозив, бр.2.

Митков, В.Е. 2005. *Изисквания и технология за създаване на водонапълнени експлозиви*, Годишник на МГУ „Св.Иван Рилски” – София.

Митков, В.Е. 2006. *Определяне на най-подходящото количество на състителителя Гуар М-207 и на водоустойчивостта и плътността на нови взривни смеси*, списание Експлозив, бр.4.

Препоръчана за публикуване от

Катедра “Открито разработване на полезни изкопаеми и взривни работи”, МТФ