

**С.О. Жуков, д.т.н., доц.**  
**В.О. Завсєгдашний, д.т.н., проф.**  
**В.В. Перегудов, к.т.н., доцент, докторант**  
*Криворізький технічний університет*

### **ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ ВИБУХОВИХ РОБІТ У ГЛИБОКИХ ЗАЛІЗОРУДНИХ КАР'ЄРАХ УКРАЇНИ**

*Наведені відомості про основні промислові вибухові речовини, що застосовуються у даний час у залізорудних кар'єрах. Дано стислий аналіз властивостей описаних речовин і перспектив їхнього використання.*

Практично весь видобуток залізорудної сировини в Україні сконцентрований у великих кар'єрах, середня глибина яких у даний час досягла 250 м (глибина Первомайського кар'єру ПівніГЗКа – 385 м, кар'єру ІнГЗКа – 335 м). Горнотехнічні умови розробки характеризуються скороченням і зміною структури фронту гірських робіт, збільшенням частки важкопідриваючих і обводнених порід, зростанням питомої витрати вибухових речовин, зменшенням розмірів робочих майданчиків, кількості блоків, що одночасно підриваються, обсягів масових вибухів [1].

У 1990 році обсяг підривання обводнених свердловин на криворізьких кар'єрах становив приблизно 30 %, у 2000 році – 50 %, питома витрата вибухових речовин (ВР) відповідно 0,8 і 0,9 кг/м<sup>3</sup>. Для ведення вибухових робіт в обводнених умовах при існуючому асортименті промислових вибухових речовин необхідно використання водостійких ВР, що містять у своєму складі тротил, виробництво якого пов'язано зі споживанням толуолу, що є дефіцитним і дорогим продуктом нафтопереробки. Окрім того, такі ВР мають інші істотні недоліки, найбільш негативні з яких – небезпека у використанні та виділення при вибуху великої кількості токсичних газів, що погіршують санітарно-гігієнічні умови роботи і забруднюють повітряний басейн території, примикаючої до гірничодобувних підприємств. За даними НДІБПГ (м. Кривий Ріг), підривання гранулологу в обводнених вибухових свердловинах призводить до виділення 70 л/кг окису вуглецю (СО) і 3,2 л/кг окислів азоту (NO<sub>1</sub>, NO<sub>2</sub>). При середній потужності одного масового вибуху в залізорудному кар'єрі 300–500 тонн в атмосферу викидаються десятки мільйонів літрів отрутих газів. Особливо гостро стоїть ця проблема в місті Кривому Розі, де функціонує 5 потужних гірничозбагачувальних комбінатів, розташованих безпосередньо в міських районах.

Крім проблеми переходу на безротилові екологічно безпечні вибухові речовини, нові умови розробки погребують вирішення ряду завдань із удосконалення технології ведення вибухових робіт. Відставання розкривних робіт, незважаючи на зниження обсягів видобутку, продовжує збільшуватися. Тенденція зменшення ширини робочих площадок призвела до того, що блоки оббурюються трьома-чотирма, іноді двома, рядами свердловин. Це призвело до втрати переваг традиційних схем багаторядового короткосповільненого підривання і, відповідно, погіршення якості роздрібнення. Ріст питомої витрати ВР пов'язаний також зі збільшенням у загальному обсязі блоків, що підриваються, частини масиву, порушеної попередніми вибухами. Ступінь порушеності при цьому неоднорідний: від повної відсутності зв'язку між роздрібненими шматками породи до розкриття тріщин і, у наступному, утворення локальних поверхонь знеміцнення.

Зусиллями підприємства “Кривбасвибухпром” разом із гірничозбагачувальними комбінатами при участі наукових організацій та вітчизняних виробників вибухових матеріалів досягнута певна стабілізація в забезпеченні вибухових робіт на великих залізорудних кар'єрах. Будівництво і впровадження в експлуатацію на Північному і Інгулецькому ГЗКах комплексів з виробництва вибухової речовини акватол ГЛТ-20 і освоєння технології власного виробництва грампоніту 79/21 дозволило в умовах дефіциту тротила виконати програми ГЗКів з підривання гірничої маси і зберегти виробничі потужності. При загальному обсязі споживання ВР у Кривбасі в 2000 році приблизно 30 тис. тонн використано біля 70 % вибухових речовин власного виготовлення, що дало можливість знизити вартість вибухових робіт на 10–12 %.

Стабільність складу і водостійкість водонаповнених акватолів повинні забезпечуватися за рахунок швидкого тужавіння заряду в свердловині, чого найчастіше не вдається досягти через недостатні згущуючі властивості застосовуваних добавок. Особливо це виявляється при низьких температурах, коли необхідно нагрівати розчин окислювача до температури понад 100 °С. При цьому відбувається розшарування заряду на більш щільний тротил і

концентрованої розчин аміачної селітри. За даними [2], у нижній частині заряду висотою 2–3 м відбувається перенасичення суміші тротилом (від 40 до 80 %) і збідніння окислювачем (10–30 %); верхня ж його частина складається з окислювача (60–80 %), тротила (5–13 %) і води (10–15 %). Така структуризація заряду призводить до зниження його вибухових характеристик і негативних екологічних наслідків через збільшення викиду в атмосферу оксидів вуглецю й азоту. Крім цього, у тріщинуватих обводнених породах застосовувані акваголи ГЛТ-20 мігрують по тріщинах і вимиваються проточними водами, що призводить як до збільшення питомої витрати ВР і витрат на виробництво вибухових робіт, так і до непередбачуваного витоку тротила і нітратів.

З метою підвищення ефективності застосування акваголу застосовується технологія заряджання в поліетиленові рукави, що дозволяє практично цілком виключити зазначені недоліки. Для забезпечення дотримання технології заряджання водонаповненого граммоніту в поліетиленові рукави була переустаткована значна частина парку заряджених машин МЗ-8. Проте, ці заходи пов'язані з додатковими матеріальними і трудовими витратами.

Певні переваги в цьому плані мають суспензійні ВР, що пластифіковані водяним гелем. Сучасні водогелеві ВР являють собою багатокомпонентні суміші з достатньо складною технологією виготовлення, що передбачає їхнє використання в патронуваному і наливному видах. Вони складаються з рідкої і твердої фаз, якими служать концентрованої розчин і гранульована аміачна, натрієва або кальцієва селітра. Обов'язкова присутність пальних компонентів, сенсibilізаторів, загущуючих і структуруючих агентів. Крім цього, використовуються в складах аеруючі мікросфери або нітрат натрію. Багатоваріантність відсоткового вмісту різноманітних компонентів дозволяє одержувати суміші, що володіють широким діапазоном властивостей: щільності, водостійкості, детонаційних і енергетичних характеристик. Як приклад можна привести відомі гелі "Товекс" фірми "Дюпон", у яких питома теплота вибуху складає від 2900 до 6100 кДж/кг, щільність змінюється від 0,8 до 1,60 г/см<sup>3</sup> [3].

У закордонній практиці водогелеві вибухові речовини застосовуються як основний заряд в патронуваному виді для заряджання шпурів і свердловин невеликого діаметра. Підвищення щільності заряджання досягається шляхом розрізування оболонки патрона з гелем. При використанні в свердловинах великого діаметра на відкритих гірничих роботах патрони "Товекс" служать замість проміжного детонатора для зарядів простих ВР або нижньою частиною комбінованих зарядів.

Інтерес до цього виду ВР викликаний тим, що ВО "Павлоградський хімічний завод" згідно з ліцензією фірми "Дюпон" випускає аналогічні суміші з назвою "Телекс". Володіючи високою водостійкістю, необхідною чутливістю до звичайних методів ініціювання, патронувані гелекси пройшли випробування і отримали дозвіл на застосування. Окремі проблеми виникли з ініціюванням в умовах низьких температур на відкритих гірничих роботах, хоча вони можуть бути вирішені удосконаленням рецептури. Випробування ж наливних гелексів не дали однозначного результату. Відсутнє устаткування для їхнього приготування на місцях і заряджання в свердловини, що обумовлює труднощі при транспортуванні та виробництві вибухових робіт.

У закордонній практиці для підривання обводнених порід використовуються переважно емульсійні ВР. Відмінною якістю емульсійних ВВ від інших вибухових речовин, що вміщують воду, є велика поверхня контакту між окислювачами і паливом завдяки тонкому диспергуванню (розміри крапель розчину окислювача 1–10 мкм) і покриттю масляною плівкою товщиною до 10<sup>-2</sup> мкм. Емульсійні ВР мають досить високу працездатність, безпеку в поводженні з ними і екологічну чистоту, можливість регулювати їхні детонаційні характеристики, стабільність складу і водостійкість.

Перша в Україні емульсійна ВР Україніт-Д розроблена в НГАУ разом із Державним хіміко-технологічним університетом [4]. У її склад входить висококонцентрованої розчин бінарного окислювача, комплексний емульгатор і спучений перлітовий пісок. Вибір останнього, як сенсibilізатора, обумовлений орієнтацією на вітчизняну сировину. За своєю сенсibilізуючою спроможністю перлітовий пісок рівноцінний більшості мікросфер, але швидкість детонації емульсійної ВР при її використанні дещо нижча. Промислова технологія готування Україніт-Д розгорнута поки що тільки на виробничій базі ДП "Запоріжжєвибухпром". Випробування в обмежених обсягах проводилися й у Кривбасі. Відсутність засобів механізації стримує їх широке промислове застосування.

Така ж ситуація і з розробкою Рубежанським заводом “Зоря” емульсійної ВР Емульхім-ШМ, що являє собою емульсію розчинів аміачної і натрієвої селітр у нафтопродукті з сенсифікуючою добавкою. Дослідна партія (біля 15 тонн) підірвана в кар’єрах ЦГЗКа і ІнГЗКа в 2000 році. Підтверджено працездатність нового вибухового складу у виробничих умовах відкритих гірничих робіт, проте, невеликий обсяг випробувань не дозволяє судити про ефективність і область застосування даної ВР.

У 1999–2000 роках на криворізьких кар’єрах були проведені випробування двох найбільш відомих у світовій практиці систем неелектричного ініціювання свердловинних зарядів “Нонель” і “Прімадег”. Їхньою відмінною рисою є використання як провідного елемента порожнистої ударно-хвильової трубки, на внутрішню поверхню якої нанесена спеціальна вибухова суміш для забезпечення проходження ударної хвилі зі швидкістю біля 2000 м/с. Позитивні результати досліджень послужили основою для ухвалення рішення про допуск цих сумішей до постійного застосування.

У порівнянні з детонуючими шнурами і піротехнічними реле уповільнення, що застосовуються для ініціювання зарядів, випробувані системи володіють істотними перевагами. Виключається “підбій” свердловинних зарядів раніше підірваними зарядами ВР за рахунок додаткових уповільнень великого номіналу (до 500 мс). Відсутність бокової ударної хвилі не призводить до вигорання частини свердловинного заряду і забезпечує донне ініціювання. Внаслідок низької чутливості елементів системи, що ініціюють, (нижче тротилової шашки) досягається підвищення безпеки до механічних впливів. Можливість забезпечення практично будь-якого порядку підривання й інтервалів уповільнення дозволяє використовувати нетрадиційні схеми підривання стосовно до конкретних умов.

Розглядаючи напрямки удосконалення вибухових робіт у глибоких залізрудних кар’єрах, необхідно, в першу чергу, враховувати, що 70–75 % обсягу скельних порід мають велику міцність і обводнені. Виходячи з цього, самою нагальною задачею на сучасному етапі є якнайшвидший (у найближчі 1–2 років) перехід на використання для руйнування таких порід емульсійних ВР, а для інших – на найпростішої суміші типу АС-ДТ. Застосування нових ВР і засобів їхнього ініціювання дозволить знизити на 25–30 % вартість вибухових робіт, підвищити їхню якість і безпеку, скоротити до мінімуму вплив масових вибухів на навколишнє середовище.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. *Перебудов В.В.* Влияние условий разработки глубоких железорудных карьеров на взрывную уступную отбойку // Разработка рудных месторождений. – 1998. – Вып. 66. с. 5–8.
2. *Кутузов Б.Н., Абсатаров С.Х., Гончаров А.Г.* Опыт применения водосодержащих ВВ местного изготовления // Горный журнал. – М.: Недра, 1996. № 3, С. 22–25.
3. *Барон В.Л., Кантор В.Х.* Техника и технология взрывных работ в США. – М.: Недра, 1989. – 376 с.
4. *Крысин Р.С.* Новые взрывчатые вещества // Горный журнал. – 1999. – № 6, С. 45–47.

**ЖУКОВ Сергій Олександрович** – доктор технічних наук, доцент, проректор Криворізького технічного університету.

Наукові інтереси:

– комплексне освоєння родовищ корисних копалин, вдосконалення буровибухових робіт.

**ЗАВСЄГДАШНИЙ Валентин Олександрович** – доктор технічних наук, доцент, професор кафедри відкритих гірничих робіт Криворізького технічного університету.

Наукові інтереси:

– автоматизація проектування і планування відкритих гірничих робіт.

**ПЕРЕГУДОВ Володимир Володимирович** – кандидат технічних наук, доцент, докторант Криворізького технічного університету.

Наукові інтереси:

– розробка ефективних ресурсозберігаючих та екологічно безпечних технологій вибухових робіт в кар’єрах.