

В.М. Губайдуллин, С.И. Дорошенко, А.Н. Хазов, А.В. Широков

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕЛЕВЫХ ВЗРЫВЧАТЫХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ РАЗРУШЕНИЯ СКАЛЬНЫХ ПОРОД

Рассмотрены результаты экспериментальных исследований по повышению эффективности буровзрывных работ на открытых карьерах с применением индивидуально и в составе комбинированного скважинного заряда относительно нового промышленного взрывчатого вещества — гелепор. Приведены данные по компонентному составу (пироксилиновый порох, аммиачная селитра, вода, карбамид и др.) и основным взрывчатым характеристикам (удельная теплота взрыва, скорость детонации, плотность, критический диаметр) нескольких типовых составов гелепоров (ГП-2У, ГП-2ДП, ПДГВ и ГП-Т). Представлены результаты сравнительных испытаний при массовом взрыве с применением эмульсионных взрывчатых веществ для типового варианта снаряжения скважинного заряда и для варианта скважинного заряда с донным усилителем на основе промышленного взрывчатого вещества «Гельпор ГП-Т». Выявлен эффект усиления взрывного воздействия на скальный массив при установке донного усилителя, который обусловлен повышенной работоспособностью непосредственно гелепора и его способностью вызывать увеличение скорости детонации основного (эмульсионного) взрывчатого вещества. Даны предложения по расширению сетки скважин и оценен экономический эффект.

Ключевые слова: массовый взрыв, скважинный заряд, гелевое взрывчатое вещество, эмульсионное взрывчатое вещество, донный усилитель, экономический эффект, сетка скважин.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-4-0-84-90

Введение

Безусловно, в современных условиях лидирующая роль в области разрушения горных пород принадлежит эмульсионным ВВ [1–3]. В то же время повышение эффективности и экономичности БВР может достигаться комплексным применением эмульсионных ВВ в сочетании как с традиционными (штатными), так и новыми типами (составами) ВВ.

Новые составы ВВ обязательно исследуются на весь комплекс параметров, который включает характеристики работоспособности и безопасности. Та-

кие исследования проводятся и в России [10, 12], и за рубежом [13, 14].

При выборе наиболее эффективного типа ВВ основываются на результатах сравнительных испытаний, например, как выполнялось исследователем Гюнтером Людвигом [15].

Для условий горных предприятий Карельского перешейка (гранитный карьер «Ильмениоки» ООО «Рубикон») проведены сравнительные испытания по разрушению скальных пород гелевыми, эмульсионными и штатными (типовыми) взрывчатыми веществами. В рассмат-

Таблица 1

Компонентный состав гелепоров

Основные компоненты	Содержание компонента, %		
	ГП-2У	ГП-2ДП	ГП-Т
Порох пироксилиновый	35	48	50
Селитра аммиачная	46	34	28
Натрий азотнокислый	5,5	5,0	5
Карбамид	3,5	3,0	3
Вода	10	10	10
Алюминиевая пудра	0	0	4
Гелеобразующая добавка – полиакриламид, сверх 100%	0,5	0,5	0,5
Структурирующий элемент, сверх 100%	0,15	0,15	0,15

риваемом случае набор ВВ дополнен гелевыми составами, разрабатываемыми в нашей стране [5, 7, 8, 10] и за рубежом [16].

Объектом исследования является эффективность разрушения скальных пород различными типами ВВ.

Объект испытаний — типовые заряды на основе гелепора ГП-Т и типовые схемы взрывных работ в условиях карьера «Ильмениоки».

Целью испытаний являлась оценка сравнительного воздействия по разрушению горных пород гелевыми и эмульсионными ВВ в стандартных условиях и определение количественных показателей.

Результаты работ подробно представлены в отчете [4].

Условия и методология проведения испытаний

В соответствии с распорядительными документами Правительства Российской Федерации в стране проведен большой объем работ по утилизации боеприпасов с истекшими сроками хранения. Параллельно проводились исследования по использованию извлеченных взрывчатых веществ в горной промышленности [5–12].

Из всего многообразия ПВВ, изготовленных по конверсионным технологиям, особый интерес представляет «Гельпор ГП-Т», разработанный компанией ООО «Научно-Производственное Предприятие «Химические Технологии» совместно с Санкт-Петербургским ФГУП «СКТБ «Техно-

Таблица 2

Основные расчетные и экспериментальные характеристики гелевых ВВ

Наименование характеристик	Тип ГВВ			
	ПДГВ	ГП-2У	ГП-2ДП	ГП-Т
Теплота взрыва, кДж/кг	4620	3790	3580	4150
Объем газов, л/кг	820	878	844	853
Кислородный баланс, %	-14,0	-9	-9	-9
Скорость детонации, км/с	7,0	4,9–5,0	5,6	6,2–6,6
Критический диаметр, мм	—	18–20	8–10	12–14
Плотность, г/см ³	1,55	1,45	1,45	1,46

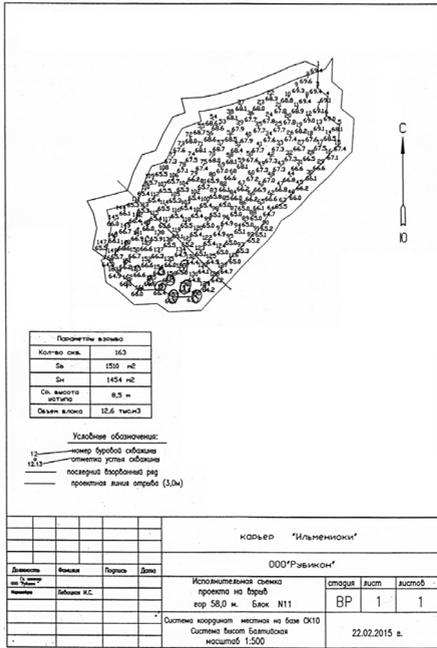


Рис. 1. Схема массового взрыва

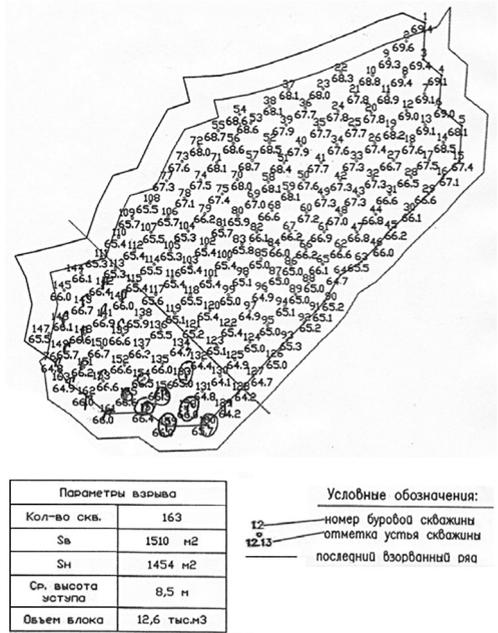


Рис. 2. Схема массового взрыва (крупный план)

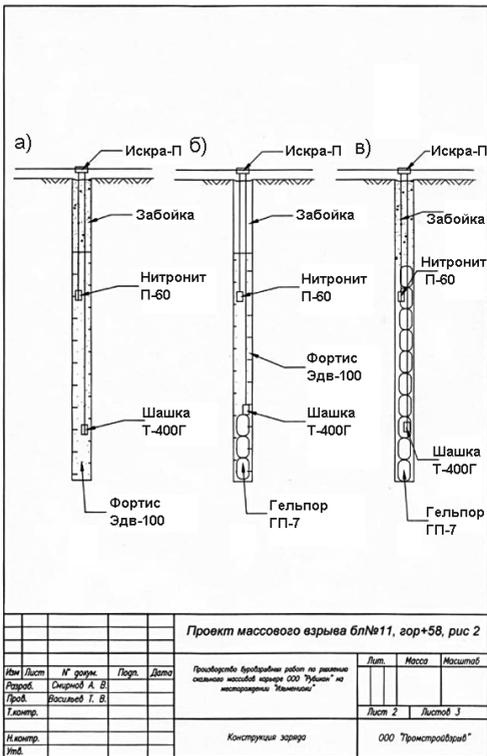


Рис. 3. Схема снаряжения скважин

лог». ПВВ «Гельпор ГП-Т» запатентовано, имеет разрешение на промышленное применение (от 12.07.2012 № ВМ-0238) и является развитием гелпоров, изначально разработанных в РХТУ им. Д.И. Менделеева [4, 5, 8].

ПВВ «Гельпор ГП-Т» это водосодержащие ВВ, представляющие собой композицию зерновых или трубчатых артиллерийских пироксилиновых порохов и гелеобразного раствора окислителей.

Для оценки взрывчатых свойств, характеризующих эффективность гелевых ПВВ марок ГП-Т, ГП-2У и ГП-2ДП, были проведены экспериментальные исследования параметров детонации и работоспособности. Все исследования проведены в сравнении с эталонными ВВ (ТНТ, аммонит) и типовыми ВВ, т.е. наиболее применяемыми на карьерах (эмульсионные ВВ, гранипор, граммонит и др.).

Компонентный состав гелпоров марок ГП-Т, ГП-2У и ГП-2ДП [6] представлен в табл. 1, основные характеристики — в табл. 2.

Характеристики и состав гелъпоров ГП-2У и ГП-2ДП приведены в связи с опорой на результаты ранее проведенных испытаний и подтверждения идентичности эффектов.

Для обеспечения корректности сравнения воздействия гелъпора с эмульсионным ВВ в конкретных условиях карьера «Ильмениоки» и исходя из фактического наличия ВВ и фактической обстановки (рельеф местности, количество и расположение скважин, место установки видеокамеры, район безопасной зоны и др.), принята следующая методология:

- скважины с гелъпором размещались между скважинами с эмульсионным ВВ для исключения краевых эффектов;
- скважины полностью снаряженные гелъпором располагались рядом компактно для концентрации исследуемого эффекта;
- скважины с донными усилителями на основе гелъпора также размещались компактно и смежно со скважинами, снаряженными гелъпором.

При таком методическом подходе эффекты применения гелъпора должны быть наиболее выраженными.

Схемы мест проведения массового взрыва показаны на рис. 1, 2.

При массовом взрыве скважины снаряжались по 3 вариантам в соответствии с выработанной методологией.

1. В скважине размещалось 2 боевика и основное ВВ — Фортис Эдв-100. Конструкция заряда представлена на рис. 3, а.

2. В забое скважины размещался донный усилитель из гелъпора ГП-Т массой 10 кг. По высоте скважины размещалось 2 боевика и основное ВВ — Фортис Эдв-100. Конструкция заряда представлена на рис. 3, б. По такой схеме снаряжены скважины № 76, 139, 140, 141, 142, 143, 146, 148, 149, 151, 153, 161, 162 и 163.

3. В скважине размещался заряд из гелъпора ГП-Т массой 60—64 кг. По вы-

соте скважины размещалось 2 боевика. Конструкция заряда представлена на рис., в. По такой схеме снаряжены скважины № 133, 154, 155, 156, 157, 158, 159 и 160.

Результаты массового взрыва

По результатам видеосъемки и визуального осмотра развала породы заметных или значимых изменений в грансоставе и характере разлета не отмечено. Это обусловлено малой долей гелъпора в общей массе заряда: 320 кг гелъпора и более 10 000 кг эмульсионного ВВ с боевиками из тротила.

После вывоза горной массы визуальным осмотром в подошве блока явно прослеживается пониженная отметка подошвы уступа от 0,5 до 0,7 м. — в месте расположения скважин, снаряженных гелъпором или с донным усилителем из гелъпора. Этот факт свидетельствует об усиленном разрушающем действии самого гелъпора и усилении разрушающего действия основного заряда.

Первый эффект исследован в достаточно полной мере и изложен в работе [5].

Второй эффект зарегистрирован ранее при проведении нескольких массовых взрывов на карьере АО «Каменогорское КУ». Он обусловлен увеличением скорости детонации основного эмульсионного ВВ, вызванного, по всей видимости, затянутым временем взрывного воздействия зарядов на основе гелъпора ГП-Т.

С учетом повышенной работоспособности и объемной плотности гелъпора на основе ГП-Т, его интегральная эффективность в 2,0... 2,5 раза выше, чем «Фортис Эдв-100».

Оценка экономической эффективности

Экономическая эффективность применения новых типов ВВ складывается

из показателей стоимости, соотношения параметров воздействия и технологичности. Зачастую эти показатели находятся в противоречии друг с другом.

Основная доля экономического эффекта от применения геляпора при массовых взрывах на карьерах заключается в расширении сетки скважин при сохранении диаметра и глубины скважин. Но при этом необходимы дополнительные временные затраты на процесс установки донных усилителей.

Обобщенную сравнительную циклограмму подготовки и проведения массового взрыва в типовом варианте и с использованием донных усилителей и без схематично можно представить следующим образом.

В общем случае основные этапы и операции включают: разметка блока, бурение скважин, вывод техники из опасной зоны, установка донных усилителей, снаряжение скважин, забойка скважин и подрыв.

Для условного блока из 100 скважин по 100 кг ЭВВ в каждой общая энергия составляет 10 т условного ВВ. За счет использования донных усилителей на основе зарядов геляпора массой по 5 кг условное увеличение энергии составит 300 кг [5], а за счет увеличения скорости детонации на 10% — еще 1500 кг [5]. Суммарно увеличение энергии составляет — 1800 кг. Тогда необходимую энергию ВВ для такого блока методом итераций можно разместить 80—85 скважинах.

При таком подходе экономические затраты за счет уменьшения количества

скважин, но увеличения непропорционально меньших затрат на установку донных усилителей, для указанного типового блока составят не менее 10%.

Таким образом, перспектива использования геляпора в качестве донного усилителя подтверждается. Однако при этом требуется доработка технология снаряжения скважин зарядами геляпора. В то же время расширение сетки скважин даже на 7—10% окупит затраты на снаряжение.

Оптимистичная оценка, сделанная на основе работы [5] показывает, что сетка скважин может быть расширена до 20%, т.е. количество скважин уменьшено на 40%.

Выводы

На основании результатов испытаний и их анализа предлагаются следующие рекомендации:

1. При массовых взрывах установка донного усилителя на основе заряда геляпора ГП-Т позволяет уменьшить величину перебура или расширить сетку скважин. При этом также увеличивается скорость детонации основного ВВ.

2. Наибольший экономический эффект применения донных усилителей на основе геляпора ГП-Т достигается при расширении сетки скважин.

3. Процесс внедрения технологии требует пошагового алгоритма. На первом этапе заряд донного усилителя целесообразно устанавливать в колонку заряда в скважине на шпагате, не допуская бросания зарядов геляпора и нарушения, тем самым, их оболочки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трубецкой К. Н., Викторов С. Д., Кутузов Б. Н., Репин Н. Я. Проблемы развития взрывного дела на земной поверхности // Взрывное дело. — 2009. — № 101/58. — С. 3—24.
2. Викторов С. Д., Казаков Н. Н., Шляпин А. В., Кретов С. И. Применение эмульсионных ВВ для дробления руды двухступенными блоками в карьере ОАО «Михайловский ГОК» // Взрывное дело. — 2011. — № 106/63. — С. 53—64.
3. Державец А. С. Перспективы использования ВВ // Горный журнал. — 2003. — № 172.

4. Сравнительные испытания по разрушению горных пород гелевыми, эмульсионными и штатными (типовыми) взрывчатыми веществами. Научно-технический отчет. — СПб.: ООО «Промстройвзрыв», ООО «ХимТех», 2015. — 49 с.

5. Дорошенко С. И. Кандидатская диссертация. — М.: ИПКОН РАН, 2014.

6. Белин В. А. и др. Специальные методы ведения взрывных работ. Ч. 3. — М.: Изд-во «Горная книга», «Мир горной книги», МГГУ, 2007. — С. 233–555.

7. Белин В. А. Технические и экологические аспекты применения ВВ из утилизируемых боеприпасов на горных предприятиях // Взрывное дело. — 1998. — № 91/48. — С. 173–178.

8. Белин В. А., Дорошенко С. И. и др. Физические основы, технологические схемы и экономические показатели применения гелевых ПВВ / Комплексная утилизация обычных видов боеприпасов: Сборник докладов. — М.: Издательский дом «Оружие и технологии», 2007. — С. 216–220.

9. Белин В. А., Нишпал Г. А., Семенов А. А. Методика сравнительной оценки работоспособности промышленных ВВ на основе утилизируемых компонентов боеприпасов по воронке выброса // Взрывное дело. — 1999. — № 92/49. — С. 120–125.

10. Белин В. А., Смагин Н. П., Дорошенко С. И. Экспериментальные исследования характеристик ПВМ на гелевой основе // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2007. — ОВ 8. Взрывное дело. — С. 143–148.

11. Франтов А. Е. Геотехнологии. — М.: ИПКОН РАН, 2015.

12. Кутузов Б. Н. Методы ведения взрывных работ. Ч. 2, Взрывные работы в горном деле и промышленности. — М.: Изд-во «Горная книга», МГГУ, 2008. — С. 57–92

13. Taylor J. W. Detonation in Condensed Explosives. Oxford. 1952.

14. Dolan J. E. The effect of the particles size on detonation velocity by simple mixtures of nitroglycerine with salt. Jour. of Applied Chemistry, v.8, part 8, August 1958.

15. Gunter Ludwig. Die Abhängigkeit des Spengstoff- und Zunderbedarfs in den Streckenvorrieben des Steinkohlenbergbaus von relativem Sprengvermögen, Sprengbarkeit, Abschlag, Ausbruchquerschnitt, Kohienteil und Abbaudruck/ nobel Hefte. 1971. no 3.

16. Tadeusz Urbanski Chemistry and Technology of Explosives / Translation Marian Jurecki. Oxford: Pergamon Press Ltd., 1967, Vol. 3, pp. 540–541. **IVAB**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Губайдулин Виталий Мэлиссович¹ — генеральный директор,

Широков Александр Валерьевич¹ — кандидат технических наук, научный консультант,

Хазов Алексей Николаевич¹ — ведущий специалист,

Дорошенко Станислав Иванович¹ — кандидат технических наук, научный консультант,

¹ ООО «Промстройвзрыв», e-mail: mail@promstroyvzryv.ru.

ISSN 0236-1493. Gornyy informatsionno-analicheskiy byulleten'. 2018. No. 4, pp. 84–90.

V.M. Gubaydullin, S.I. Doroshenko, A.N. Khazov, A.V. Shirokov

IMPROVEMENT OF HARD ROCK BLASTING TECHNOLOGY USING GEL EXPLOSIVES

The article describes experimental studies aimed at improvement of drilling and blasting efficiency in open pit mining using a new industrial explosive Gelpor, individually or in the structure of a composite charge. The author describes compositions (pyropowder, ammonium nitrate, water, carbamide, etc.) and basic characteristics of explosion (specific heat, detonation rate, density, critical diameter) for several standard formulas of Gelpor (GP-2U, GP-2DP, PDGV and GP-T). The results of comparative test blasts using emulsion charges of standard design and with the bottom booster made of the industrial explosive Gelpor GP-T are reported in the article. It has been found that the bottom booster generates an accelerated explosive load on hard rock mass. The boosting effect is conditioned by the increased efficiency of Gelpor and its capability to accelerate detonation rate of the main (emulsion) explosive. On the ground of the energy-based approach to the explosion effect

enhancement, the proposals on expansion of the blasting patterns are made, and the economic benefit of the recommendations is evaluated.

Key words: production blast, blasthole charge, gel explosive, emulsion explosive, charge bottom booster, economic benefit, blasting pattern.

DOI: 10.25018/0236-1493-2018-4-0-84-90

AUTHORS

Gubaidullin V.M.¹, General Director,
Shirokov A.V.¹, Candidate of Technical Sciences, Scientific Adviser,
Hasov A.N.¹, Leading Specialist,
Doroshenko S.I.¹, Candidate of Technical Sciences, Scientific Adviser,
¹ Promstroyvzryv Ltd., 190031, Saint Petersburg, Russia,
e-mail: mail@promstroyvzryv.ru.

REFERENCES

1. Trubetskoy K. N., Viktorov S. D., Kutuzov B. N., Repin N. Ya. *Vzryvnoe delo*. 2009, no 101/58, pp. 3–24.
2. Viktorov S. D., Kazakov N. N., Shlyapin A. V., Kretov S. I. *Vzryvnoe delo*. 2011, no 106/63, pp. 53–64.
3. Derzhavets A. S. *Gornyy zhurnal*. 2003, no 172.
4. *Sravnitel'nye ispytaniya po razrusheniyu gornyykh porod gelevymi, emul'sionnymi i shtatnymi (tipovymi) vzryvchatymi veshchestvami*. Nauchno-tehnicheskiiy otchet (Comparative test blasting of rocks using gel, emulsion and standard explosives. Research report), Saint-Petersburg, OOO «Promstroyvzryv», OOO «KhimTekh», 2015, 49 p.
5. Doroshenko S. I. Candidate's thesis, Moscow, IPKON RAN, 2014.
6. Belin V. A. *Spetsial'nye metody vedeniya vzryvnykh rabot*. Ch. 3 (Special blasting methods, part 3), Moscow, Izd-vo «Gornaya kniga», «Mir gornoy knigi», MGGU, 2007, pp. 233–555.
7. Belin V. A. *Vzryvnoe delo*. 1998, no 91/48, pp. 173–178.
8. Belin V. A., Doroshenko S. I. *Kompleksnaya utilizatsiya obychnykh vidov boeprirasov: Sbornik dokladov* (Integrated use of standard ammunition: collection of reports), Moscow, Izdatel'skiy dom «Oruzhie i tekhnologii», 2007, pp. 216–220.
9. Belin V. A., Nishpal G. A., Semenov A. A. *Vzryvnoe delo*. 1999, no 92/49, pp. 120–125.
10. Belin V. A., Smagin N. P., Doroshenko S. I. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2007. OV 8. *Vzryvnoe delo*, pp. 143–148.
11. Frantov A. E. *Geotekhnologii* (Geotechnology), Moscow, IPKON RAN, 2015.
12. Kutuzov B. N. *Metody vedeniya vzryvnykh rabot*. Ch. 2, *Vzryvnye raboty v gornom dele i promyshlennosti* (Methods of blasting, part 2. Blasting in mining and in industry), Moscow, Izd-vo «Gornaya kniga», MGGU, 2008, pp. 57–92
13. Taylor J. W. *Detonation in Condensed Explosives*. Oxford. 1952.
14. Dolan J. E. The effect of the particles size on detonation velocity by simple mixtures of nitroglycerine with salt. *Jour. of Applied Chemistry*, v.8, part 8, August 1958.
15. Gunter Ludwig. *Die Abhangigkeit des Spengstoff- und Zunderbedarfs in den Streckenvortrieben des Steinkohlenbergbaus von relativem Sprengvermogen, Sprengbarkeit, Abschlage, Ausbruchquerschnitt, Kohienteil und Abbaudruck*, nobel Hefte. 1971. no 3.
16. Tadeusz Urbanski *Chemistry and Technology of Explosives*. Translation Marian Jurecki. Oxford: Pergamon Press Ltd., 1967, Vol. 3, pp. 540–541.

FIGURES

- Fig. 1. Production blast pattern (close-up picture).
Fig. 2. Production blast pattern (close-up picture).
Fig. 3. Blasthole loading pattern.

TABLES

Table 1. Composition of Gelpor explosives.

Table 2. Basic calculated and experimental characteristics of gel explosives.