

УДК 622. 236.4:622.271.012.3

Ефремов Э.И., чл.-корр. НАНУ,
д-р техн. наук, профессор,
Николенко Е.В., мл. научн. сотр.,
(ИГТМ НАН Украины)
Баранник В.В., канд. техн. наук,
(ЧАО «ДФДК»)

СПОСОБ ЭФФЕКТИВНОЙ ВЗРЫВНОЙ ОТБОЙКИ ОБВОДНЕННЫХ ГОРНЫХ ПОРОД НА НЕРУДНЫХ КАРЬЕРАХ

Єфремов Е.І., чл.-кор. НАНУ,
д-р техн. наук, професор,
Ніколенко Є.В., мол. наук. співр.,
(ІГТМ НАН України)
Баранник В.В., канд. техн. наук,
(ПрАТ «ДФДК»)

СПОСІБ ЕФЕКТИВНОЇ ВИБУХОВОЇ ВІДБІЙКИ ОБВОДНЕНИХ ГІРСЬКИХ ПОРІД НА НЕРУДНИХ КАР'ЄРАХ

Yefremov E.I., Cor. Member NASU,
D. Sc. (Tech), Professor,
Nikolenko E.V., M.S (Tech),
(IGTM NAS of Ukraine)
Barannik V.V., Ph.D. (Tech.)
(PrAT «DFDK»)

METHOD OF EFFECTIVE BLASTED BREAKING OF WATER-TENTED ROCKS IN NON-METALIFEROUS PITS

Аннотация. Рост объёмов добычи полезных ископаемых открытым способом ведет к увеличению глубины их разработки и соответствующих объёмов обводненных горных пород, взрывная отбойка которых осуществляется с использованием дорогостоящих высокобризантных взрывчатых веществ (ВВ). Использование этих ВВ на нерудных карьерах, кроме увеличения затрат на взрывные работы, ведет к увеличению объёмов переизмельченных фракций (потерям полезных ископаемых), а также пылегазовых выбросов в атмосферу карьеров. На основе исследований гидродинамического режима обводненных взрывных скважин и стендовых испытаний основных параметров удлиненных зарядов были разработаны и внедрены различные средства и технологии формирования скважинных зарядов с учетом уровня обводненности пород. Одним из способов снижения затрат на взрывные работы и уменьшения объёмов переизмельченных пород при добыче нерудных полезных ископаемых является конструкция скважинного заряда переменного диаметра по высоте уступа с использованием полиэтиленовых рукавов. Промышленные испытания и внедрение новой технологии отбойки пород были осуществлены на флюсовых карьерах Докучаевского флюсо-доломитного комбината. При этом было достигнуто качественное дробление пород, уменьшен объём переизмельченных фракций и сэкономлено до 15 % взрывчатых веществ.

Ключевые слова: обводненные породы, взрывные работы, скважинные заряды, нерудные карьеры, переизмельченные фракции, полиэтиленовые рукава, экология.

Современное состояние открытого способа добычи полезных ископаемых в Украине характеризуется увеличением глубины их разработки и сопровождается ростом объемов обводненных горных пород. Наиболее высокий уровень обводненности пород наблюдается на железорудных карьерах.

За последние 20-25 лет обводненность горных пород на этих карьерах выросла более чем в 1,5 раза и в среднем составляет около 80%. На карьерах по добыче нерудных полезных ископаемых обводненность пород колеблется в пределах 20-50%.

Проведение взрывных работ в обводненных породах связано с увеличением их стоимости из-за высокой цены водоустойчивых взрывчатых веществ и с ухудшением качества взрывной подготовки горной массы. В то же время для карьеров нерудной промышленности в случае применения водоустойчивых высокобризантных, например эмульсионных ВВ, важнейшим вопросом является обеспечение минимального выхода переизмельченных фракций, относящихся к потерям полезных ископаемых.

Одним из основных направлений, способствующих уменьшению затрат на взрывные работы, потерь полезных ископаемых из-за переизмельчения пород, а также сокращению пылегазовых выбросов в атмосферу карьеров, является использование низкобризантных ВВ простейшего состава. Однако, в том случае, когда постоянно растут объёмы обводненных пород, а уровень воды и её проточность высокие, использование неводоустойчивых ВВ становится затруднительным, а точнее, практически невозможным.

Решение проблемы сокращения расхода дорогостоящих высокобризантных ВВ и уменьшения объемов переизмельчения пород на нерудных карьерах возможно на основе изучения особенностей механизма разрушения обводненных пород и использования рациональных технологий их взрывной отбойки с учетом конкретных гидрогеологических условий.

Ухудшение взрывного дробления обводненного массива по сравнению с необводненными можно объяснить тем, что в обводненном массиве, как отмечено в [1], часть энергии взрывной волны уносится за пределы зоны регулируемого дробления. Это связано с уменьшением экранирующего эффекта существующих в массиве трещин при заполнении их водой. Особенно заметно ухудшение степени дробления обводненных крепких скальных пород в том случае, когда преимущественный вклад в разрушение при взрыве вносит волна напряжения.

В легковзрываемых сильнотрещиноватых массивах влияние обводненности на их дробление существенно меньше, чем в монолитных скальных породах. Более того, может наблюдаться даже улучшение дробления пород, так как заполняющая трещины вода, герметизируя расширяющиеся продукты взрыва, увеличивает эффект их действия. Факт улучшения дробления в обводненных условиях был, в частности, установлен при взрывном разрушении блочных моделей [2]. Это объясняется ухудшением условий работы газообразных продуктов детонации вне блока, содержащего заряд, и роли соударения отдельностей за счет деформирования удара водными прослойками. Современные представ-

ления о механизме действия взрыва в твердой среде предполагают необходимость учета волнового и квазистатического действия взрыва на среду [3]. Дело в том, что в результате взрывчатого превращения ВВ с выделением тепла и образованием газов в зарядной полости скачкообразно повышается давление газообразных продуктов взрыва. Вследствие этого в окружающей среде во все стороны распространяется однократная ударная волна. На контакте заряда со средой скачок давления, преодолевая сопротивление среды всестороннему сжатию, производит ее раздавливание и измельчение, увеличивая при этом размеры зарядной полости.

На основании многочисленных теоретических и экспериментальных исследований процесса взрывного разрушения горных пород было установлено, что наличие водного промежутка между ВВ и стенками зарядной полости изменяет условия действия взрыва на массив [4]. Если ударная волна, возникающая при детонации ВВ в зарядной полости, расположенной в сухом массиве, вызывает дробление и растрескивание массива вокруг зарядной полости и, как следствие, увеличение ее объема, то при взрывании в обводненной среде ударная волна сначала оказывает давление на водный промежуток, при этом теряя часть своей энергии. При переходе в твердую среду на границе раздела возникает преломление ударной волны. Вследствие этого, давление на стенки зарядной полости в обводненной среде меньше, чем давление непосредственно на контакте ВВ со стенками полости. Поэтому в обводненной среде должна быть меньше зона переизмельчения и выход мелких фракций.

В результате исследований влияния уровня обводненности твердых сред на эффективность их взрывного дробления [5] четко просматривается изменение основных параметров гранулометрического состава взорванных моделей, а именно: выход мелких фракций и средний диаметр куска. Установлено, что чем выше обводненность среды, тем меньше выход мелких фракций и больше средний диаметр куска. Последнее подтверждает факт ухудшения дробления пород в обводненных условиях.

Как было отмечено выше, на большинстве карьеров Украины взрываемые горные породы имеют высокую степень обводненности. Немаловажную роль при разрушении таких массивов имеет выбор типа ВВ, диктуемый в основном крепостью пород и их обводненностью. И если крепость пород является показателем постоянным, то обводненность может изменяться, например, за счет осушения горного массива (скважины) или водоизоляции ВВ. И этот фактор необходимо учитывать при выборе рациональных средств и методов взрывной отбойки горных пород.

С целью разработки эффективных способов зарядания обводненных взрывных скважин были проведены исследования их гидродинамического режима, в соответствии с которыми предложена классификация обводненности взрывных скважин [6]. Способ зарядания скважин в таких массивах зависит от высоты столба воды в них и характера водопритока. При высоте столба воды до 3 м скважины заряжают обычным способом. При высоте столба проточной воды в скважинах более 3-5 м в крупноблочных трещиноватых породах, в которых

уровень воды восстанавливается в течение 12 часов и более, эффективна откачка воды в день взрыва.

Вопрос использования неводоустойчивых ВВ при отбойке обводненных горных пород весьма актуален и требует решения. Как следствие, разработаны и внедряются различные средства и технологии формирования скважинных зарядов из неводоустойчивых ВВ, в частности:

- использование гидроизолирующего полиэтиленового рукава при зарядке обводненных скважин взрывчатыми веществами с плотностью более единицы;

- использование гидроизолирующего полиэтиленового рукава при зарядке частично обводненных скважин без насыщения заряда неводоустойчивых ВВ концентрированным раствором аммиачной селитры и с насыщением заряда в процессе его формирования в скважине;

- использование гидроизолирующего полиэтиленового рукава с целью формирования скважинного заряда ВВ после осушения скважины;

- пневматическое зарядание обводненных скважин неводоустойчивыми ВВ в гидроизолирующие полиэтиленовые рукава, размещенные в скважине;

- предварительное осушение скважин и формирование зарядов из неводоустойчивых ВВ со специальной добавкой, создающей при контакте с водой водоотталкивающую эмульсию по внешнему контуру скважинного заряда.

Таким образом проблема отбойки нерудных полезных ископаемых с использованием неводоустойчивых ВВ простейшего состава в принципе может быть решена, но при определенных уровнях обводненности горных пород.

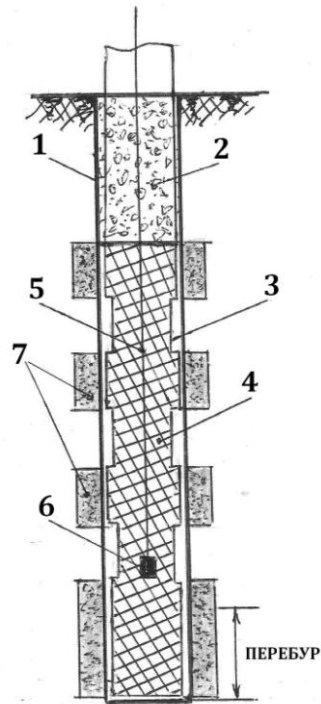
Однако, как отмечалось выше, объемы обводненных горных пород значительно возросли, что вынуждает использовать дорогостоящие высокобризантичные водоустойчивые ВВ типа эмульсионные ВВ (ЭВВ). Естественно в этом случае нужны реальные способы уменьшения расхода дорогостоящих ВВ, что позволит не только снизить затраты на взрывные работы, но и уменьшить объем переизмельченных пород (потери полезных ископаемых на нерудных карьерах).

Одним из способов, в определенной степени решающим данную проблему, является конструкция скважинного заряда переменного диаметра по высоте уступа (рис.1).

Промышленные испытания эффективности взрывания скважинных зарядов переменного диаметра по высоте уступа с использованием полиэтиленового рукава впервые были осуществлены на Полтавском ГОКе при отбойке необводненных горных пород [7].

В дальнейшем испытания с использованием полиэтиленовых рукавов переменного диаметра были продолжены в условиях ОАО «Докучаевский флюсодоломитный комбинат» при отбойке необводненных горных пород [8]. Всего было проведено 4 экспериментальных взрыва, в результате которых была подтверждена эффективность зарядов переменного диаметра по высоте уступа: при уменьшенном на 20 % расходе ВВ качество дробления пород на экспериментальных участках не ухудшилось и сократился объем переизмельченных фрак-

ций.



1 – скважина; 2 – забойка; 3 – полиэтиленовый рукав; 4 – ВВ; 5 – ДШ; 6 – боевик;
7 – зона переизмельчения

Рисунок 1 - Конструкция скважинного заряда переменного сечения

Последнее объясняется меньшим расходом ВВ и уменьшением зоны переизмельчения пород на отрезках рукавов малого диаметра. Переизмельченная порода в ближней зоне заряда является источником пылевых выбросов, а на нерудных карьерах это ведет к потерям полезных ископаемых.

Именно эти факторы предопределили необходимость совершенствования конструкции полиэтиленового рукава. Прежде всего, необходимо было согласовать его максимальный диаметр с диаметром зауженной части рукава, а также обеспечивать рациональное размещение массы заряда ВВ по высоте уступа.

По техническим требованиям, разработанными ИГТМ НАН Украины и ОАО «ДФДК», на предприятии «ТОРЭЛАСТ» (г. Славянск) была изготовлена опытная партия полиэтиленовых рукавов переменного диаметра.

С целью отработки и проверки надежности элементов конструктивных параметров полиэтиленовых рукавов переменного диаметра нами были проведены стендовые исследования на модели «скважины» (рис.2).

Модель «скважины», смонтированной на базисном складе взрывчатых материалов ОАО «ДФДК», была представлена цилиндрической трубой из оргстекла диаметром 250 мм и высотой 6 м. В качестве материала, имитирующего взрывчатое вещество, применялась гранулированная аммиачная селитра. Диаметр полиэтиленового рукава длиной 7,0 м в эксперименте составлял 220 мм и 180 мм в зауженной части. При этом длина зауженной части рукава изменялась в пределах 0,5 м, 0,75 м и 1,0 м. Количество заужений – 1 и 2.



Рисунок 2 - Стенд для исследований способов формирования различных конструкций скважинных зарядов ВВ

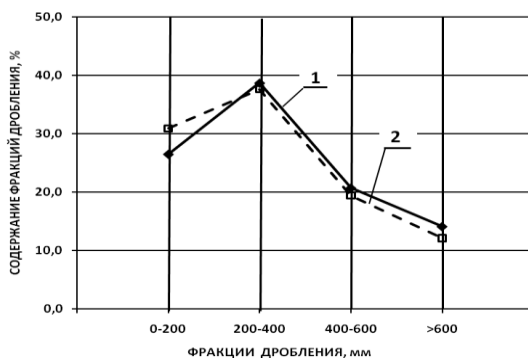
В результате стендовых испытаний было установлено, что рукава со значительно зауженной частью длиной 0,75 м и 1,0 м при их заполнении аммиачной селитрой деформировались. Причем деформации возрастали с увеличением количества и длины заужений. Наиболее эффективная длина зауженной части полиэтиленового рукава – 0,5 м. Диаметр зауженной и расширенной части рукава – соответственно 180 и 220 мм.

С целью установления эффективности взрывной отбойки горных пород с использованием скважинных зарядов переменного диаметра в обводненных условиях в 2006 г. были проведены опытно-промышленные испытания на карьерах ОАО «ДФДК». Всего было взорвано около 300 скважинных зарядов переменного диаметра. При этом на каждой экспериментальной скважине масса заряда уменьшалась в среднем от 40 кг до 60 кг по отношению к расчетной, что позволило сэкономить 11,2 т граммонита 50/50 и граммонита 79/21. В денежном выражении это составило в среднем 250,0 грн. на каждой скважине.

Удельный расход ВВ на экспериментальных участках снизился в среднем на 10-15%. При этом качество дробления не ухудшилось, а выход мелких фракций (0-200 мм) уменьшился на 12-14 % (рис.3). В обводненных породах при этом увеличилось количество крупных фракций (более 600 мм).

Результаты промышленных испытаний позволили обосновать технологии формирования скважинных зарядов переменного диаметра по высоте уступа с учетом уровня обводненности пород. В частности:

- скважины с уровнем воды до 1,5 м заряжаются в полиэтиленовые рукава переменного диаметра без предварительного осушения;
- при уровне воды в скважинах более 2,0-5,0 м зарядание в полиэтиленовые рукава [8] осуществляется после предварительного осушения скважин с использованием специального устройства для откачки воды;



1-обводненные породы; 2 – необводненные породы

Рисунок 3 – Влияние условий взрывания на характер разрушения горных пород

– в скважинах с уровнем воды более 5,0 м зарядание возможно при использовании граммонита 79/21 или граммонитом 50/50 по специальной технологии, которая предусматривает формирование отверстий в нижней части полиэтиленового рукава для поступления воды в заряд ВВ [9]. В результате водонасыщения заряда ВВ увеличивается его плотность до $1,2 \text{ г/см}^3$, что обеспечивает его потопляемость и повышает энергетические характеристики ВВ.

Как отмечалось выше, с увеличением глубины карьеров растут объемы добычи обводненных горных пород. В частности, только на карьерах ОАО «Докучаевский флюсо-доломитный комбинат» доля обводненных пород за последние 10 лет увеличилась более, чем в 2 раза и достигла 30-35%. Именно этим можно объяснить внедрение водоустойчивых высокобризантных эмульсионных ВВ на карьерах комбината.

Активное использование зарядов переменного диаметра при отбойке обводненных горных пород, кроме прямой экономии средств, позволяет снизить потери полезных ископаемых и улучшить экологическую ситуацию при производстве массовых взрывов.

Выводы:

1. Область применения скважинных зарядов переменного диаметра по высоте уступа не зависит от крепости пород и их обводненности. Их использование позволяет уменьшить объемы переизмельчения пород (потери полезных ископаемых), расходы на взрывные работы и снизить экологическую нагрузку на окружающую среду.

2. Максимальная эффективность при использовании зарядов переменного диаметра по высоте уступа на нерудных карьерах достигается при отбойке обводненных горных пород за счет уменьшения расхода дорогостоящих водоустойчивых высокобризантных взрывчатых веществ и площади прямого контакта ВВ со стенкой скважин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Савенков, В.И. Влияние обводненности трещиноватых массивов на их взрываемость / В.И. Савенков, Д.Д. Гализин // Взрывное дело – 1998. - № 91/48. – С. 86-89.
2. О взрывном разрушении трещиноватых сред блочного строения в обводненных условиях / Э.И. Ефремов, И.И. Мячина, С.Н. Родак [и др.]. К.: Наукова думка, 1986. – С. 71-73.

3. Bernard, T. New convincing results in the reduction of fines obtained thanks to digital simulation acase study in an open-pit / T. Bernard, P. Dozolme (France) // Proceeding 7-tx world conference on explosives and blasting (Moscow - Russia, 2013). European Federation of Explosives Emgineers, 2003. – part 2. - pp. 188-191.

4. Экспериментальные исследования процесса взрывного разрушения обводненных твердых сред / Э.И. Ефремов, В.В. Баранник, В.А. Никифорова [и др.] // Науковий вісник, Національний гірничий університет, 2003. – № 12.- С. 3-6.

5. Баранник, В.В. Разработка средств и способов подготовки и взрывания обводненных горных пород неводоустойчивыми ВВ простейшего состава. Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.15.11 «Физические процессы горного производства» / Баранник В.В. – Днепропетровск, ИГТМ НАН Украины, 2005. – 20 с.

6. Федоренко, П.И. Взрывные работы на глубоких карьерах / П.И. Федоренко, В.И. Борисов, Н.А. Гапоненко - Кривой Рог: Минерал,1996. - 154 с.

7. Пат. 37722 А UA, МПК E21 C 37/00. Спосіб руйнування тріщинуватих гірських порід вибуховими речовинами / Єфремов Е.І., Петренко В.Д., Білоконь М.П., Коваленко І.Л., Мартиненко В.П., Лотоус К.В., Сторчак А.С., Биков Г.К., Кучма М.Ф. Заявник і власник патенту ВАТ «Полтавський ГЗК», № 2000041990 ; замовл. 07.04.00 ; надрук. 15.05.01, Бюл.№ 10.

8. Опыттно-промышленные испытания технологии заряжания и эффективности взрывания необводненных горных пород зарядами переменного диаметра / Э.И. Ефремов, М.П. Белоконь, Е.В. Николенко [и др] // Геотехническая механика: Межвед. сб. научн. тр./ ИГТМ НАН Украины. Днепропетровск, 2005. – Вып. 58. - С. 13-18.

9. Прокопенко, В. С. Разрушение горных пород скважинными зарядами взрывчатых веществ в рукавах / В.С. Прокопенко. - Киев: НТУУ «КПИ», 2010. - 208 с.

REFERENCES

1. Savenkov, V.I. and Galizin, D.D. (1998), “Influens of water contented fractured rock mass on rocks explosibility”, *The explosive deal, Interagency committee on explosives*, no 91/48, pp. 86-89.

2. Yefremov, E.I., Myachina, I.I. and Rodak, S. N. (1986), “On blasted breaking of fractured with block structure mediiums in water contented conditions”, *Naukova dumka*, Kiev, SU, pp. 71-73.

3. Bernard, T. and Dozolme, P. (2013), «New convincing results in the reduction of fines obtained thanks to digital simulation acase study in an open-pit», *Proceeding 7-tx world conference on explosives and blasting. European Federation of Explosives Emgineers*, part 2, Moscow, RU, pp. 188-191.

3. Yefremov, E.I., Barannik, V.V. and Nikiforova, V.A. (2003), “Experimental stadies of blasted breaking the water contented solid mediums”, *Scientific Bulletin of National Mining University*, Dnepropetrovsk, Ukraine, no 12, pp. 3-6.

5. Barannik, V.V. (2005), “Development the means and methods of blasted breaking preparation of water contented rocks with purewater resistant explosives AN-FO type”, Abstract of Ph. D. dissertation, 05.15.03, IGTM NAS of Ukraine, Dnipropetrovsk, Ukraine.

6. Fedorenko, P. I., Borisov, V. I. and Gaponenko, N.A. (1996), *Vzryvniye raboty na glubokikh karyerakh* [Blasting in deep open pits], Mineral, Krivoy Rog, Ukraine.

7. Efremov, E.I., Petrenko, V.D., Martinenko, V.P., Lotous, K.V. [and others], Poltava GOK (2001), *Sposib ruynuvannya trishchynuvatikh girskykh porid vybukhovymy rehovynamy* [Metod of blasted breaking of fractured rocks with explosives], State Register of Patents of Ukraine, Kiev,UA, Pat. 37722 JPC E 21C 37/10.

8. Efremov, E.I., Belokon, M.P., Nikolenko, E.V., Ponomarev, A.V. and Barannik V.V. (2005), “Industrial tests of technology of loading and blasting efectiveness of non-water contented rocks by charges with variable diameter”, *Geo-Technical Mechanics*, no 58, pp. 13-18.

9. Prokopenko, V.S. (2010), *Razrusheniye gornykh porod skvazhinnyimi zaryadami vzryvchatykh veshchestv v rukavakh* [Rock blasted breaking with blasthole charges of explosives in plastic hoses], NTU “KPI”, Kiev, Ukraine.

Об авторах

Ефремов Эрнест Иванович, член-корреспондент Национальной академии наук Украины, доктор технических наук, профессор, заведующий отделом механики взрыва горных пород, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепропетровск, Украина, efremov1@ukr.net

Николенко Евгений Викторович, младший научный сотрудник отдела механики взрыва горных

пород, Інститут геотехнічної механіки ім. Н.С. Полякова Національної академії наук України (ІГТМ НАНУ), Днепропетровск, Україна

Баранник Владимир Владимирович, кандидат технічних наук, ЧАО «ДФДК», Докучаєвск, Україна

About the authors

Yefremov Ernest Ivanovich, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Technical Sciences (D. Sc.), Professor, Head of Department of Explosive Mechanics, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, efremov1@ukr.net

Nikolenko Evgeny Viktorovich, Master of Science, Junior researcher of Department of Explosive Mechanics, M.S. Polykov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Science of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine

Barannik Vladivir Vladimirovich, Candidate of Technical Sciences, PrAT «ДФДК», Dokuchaevsk, Ukraine.

Анотація. Зростання обсягів видобутку корисних копалин відкритим способом веде до збільшення глибини їх розробки і відповідних обсягів обводнених гірських порід, вибухова відбійка яких здійснюється з використанням дорогокоштовних високобризантних вибухових речовин (ВР). Використання цих ВР на нерудних кар'єрах, крім зростання витрат на вибухові роботи, веде до збільшення обсягів перездрібнених фракцій (втрат корисних копалин), а також пилогазових викидів в атмосферу кар'єрів. На основі досліджень гідродинамічного режиму обводнених вибухових свердловин та стендових випробувань основних параметрів подовжених зарядів були розроблені та впроваджені різні засоби і технології формування свердловинних зарядів з урахуванням рівня обводненості порід. Одним із способів зниження витрат на вибухові роботи і зменшення обсягів перездрібнених порід при видобутку нерудних корисних копалин є конструкція свердловинного заряду перемінного діаметру по висоті уступу з використанням поліетиленових рукавів. Промислові випробування і впровадження нової технології відбійки порід були проведені на флюсових кар'єрах Докучаєвського флюсо-доломітного комбінату. При цьому було досягнуто якісне подрібнення порід, зменшені обсяги перездрібнених фракцій, отримана економія до 15 % вибухових речовин.

Ключові слова: обводнені породи, вибухові роботи, свердловинні заряди, нерудні кар'єри, перездрібнені фракції, поліетиленові рукави, екологія.

Abstract. Increase of mineral production by surface mining method leads to increase the mining depth and corresponding volumes of water contented rocks whose blasted breaking is carried out using expensive high explosives. The employment such explosives in non-metalliferrous quarries leads to increasing the blasting cost and volumes of small-sized fractions (mineral losses) and also gas and dust blow out into the atmosphere of quarries. Taking as a basis hydrodynamic conditions of water content blastholes and test bench studies of basic parameters long charges various means and technologies forming the blastholes charges with account the level of water were worked out and implemented. One of ways reducing blasting cost and the small-sized fractions volume in non-metalliferrous quarries is the design of blasthole charge with variable diameter in plastic hoses. Industrial tests and inculcation of new technology of blasted breaking were carried out on flux quarries of Dokuchaevsk fluxing dolomite plant. In addition the qualitative rock's breaking was achieved, the volume of small-sized fractions was reduced and it was saved up to 12 % of explosives.

Keywords: water contented rocks, blasting, blasthole charges, non-metalliferrous quarries, small-sized fractions, plastic hoses, ecology.

Стаття постуила в редакцію 23.10. 2015

Рекомендовано к печати д-ром техн. наук А.П. Круковским