

Министерство образования Украины
КРИВОРОЖСКИЙ ГОРНОРУДНЫЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

РАДИОНЕНКО Борис Николаевич

РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ И СРЕДСТВ СНИЖЕНИЯ
ПЫЛЕГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ ПРИ ВЗРЫВНЫХ РАБОТАХ
В ПРОХОДЧЕСКИХ ЗАВОЯХ

Специальность - 05.26.01
Охрана труда и пожарная безопасность

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Кривой Рог - 1993



Робота виконана в Криворізькому ордену Трудового
Красного Знамени горнорудному інституті.

Научний керівник
доктор технічних наук,
професор

А.А.Гурин

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук

Ф.Г.Гагауз

кандидат технічних наук,
доцент

И.П.Никитин

Ведуче підприємство - рудник ім.Кірова

Захиста здійснюється "29" ІЮНЯ 1993 року в 13⁰⁰
годин на засіданні спеціалізованого ученого ради
Д 068.ІІ.01 Криворізького горнорудного інституту по адре-
су: 324027 г.Кривий Ріг, ул.ХХІІ партсъезду, ІІ.

С дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Кри-
ворізького горнорудного інституту.

Автореферат розослан "21" МАЯ 1993 г.

Учений секретар
спеціалізованого ученого ради

Г.Т.Фаустов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Современная технология подготовки горизонтов, блоков и панелей для подземной добычи руд базируется на широком применении взрывных работ. При этом образуется значительное количество вредных газов и пыли. Кроме того, примерно одна треть вредных газов захватывается взорванной горной массой, что обуславливает возможность вторичного загазирования горных выработок.

В настоящее время основным способом удаления вредных продуктов взрыва и пыли из горных выработок является вентиляция. Однако, она не осуществляет функций нейтрализации газов. С помощью вентиляции газы разбавляются, перемешиваются и выбрасываются в атмосферу.

Известные способы и средства снижения загазованности и запыленности воздуха при взрывах в проходческих забоях, основанные на применении жидкостных забоек из воды или гидрогеля, с одной стороны, технологически трудновыполнимы, а с другой, содержат или выделяют вредные вещества.

Статистический анализ несчастных случаев, связанных с отравлением людей после взрывных работ в нарезных и горно-подготовительных выработках с 1980 по 1992 гг. на шахтах Кривбасса показал, что число отравлений горнорабочих находится примерно на одном уровне и составляет 1-2 человека в год на 1000 трудящихся.

Поэтому актуальной задачей является разработка и обоснование более эффективных технологических способов и средств снижения пылегазовыделения, основанных на нейтрализации вредных газов и пыли непосредственно в забое после взрыва шпуровых зарядов ВВ.

Целью работы является повышение эффективности пылегазоподавления после взрывных работ в проходческих забоях на основе применения гидрогелевой забойки шпуровых зарядов ВВ.

Идея работы заключается в использовании для забойки шпуровых зарядов гидрогеля с коагулятором из отходов травления черных металлов без полиэтиленовых оболочек.

Практическая ценность работы:

- Разработан новый безопасный состав гидрогеля, включающий жидкое стекло 15-18 %, отходы травления черных металлов 5-12 %, вода - остальное.

- Разработаны способы и устройства для механизации выполнения гидрогелевой забойки шпуровых зарядов ВВ, обеспечивающие повышение производительности и условий труда.

- Установлена оптимальная длина гидрогелевой забойки для комплекта шпуровых зарядов ВВ, при которой обеспечивается максимальное пылегазоподавление, сокращается на 20-25 % время проветривания забоя после взрыва, уменьшается расход ВВ на 10-15 % и увеличивается КПШ на 8-12 %.

Реализация выводов и предложений.

На основании результатов исследований разработана, согласована и утверждена "Инструкция по применению гидрогелевой забойки при взрывных работах в подземных условиях".

Результаты исследований используются институтом НИГРИ при составлении "Типовых паспортов БВР".

Применение гидрогелевой забойки при проходке горизонтальных выработок гор. 915 м ш. "Северная" РУ им.Кирова позволило получить экономический эффект в размере 82 тыс. рублей в ценах 1991 р.

Апробация работы. Содержание и основные положения работы докладывались на Всесоюзной научно-технической конференции (Москва, 1990 г.), на Всесоюзном научно-техническом семинаре (Кривой Рог, 1990 г.), на технических советах рудника им.Кирова и треста "Кривбассшахтострой" (1990-1991 гг.), на расширенном заседании НТС отдела подземной разработки НИГРИ (1992 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 3 статьи, получено 2 положительных решения на выдачу изобретений.

Структура и объем работы:

Диссертация состоит из введения, 6 глав и заключения, содержит 120 страниц машинописного текста, 29 рисунков, 12 таблиц, список использованных литературных источников из 96 наименований и 14 приложений.

Основное содержание работы.

Вопросами образования вредных газов и пыли при взрывных

Методы исследований. Для решения поставленных задач были использованы методы теоретического анализа и математической статистики, планирования эксперимента с использованием современной измерительной аппаратуры при проведении экспериментов.

Научные положения, защищаемые автором:

- Эффективное поглощение пыли и вредных газов после взрыва шпуровых зарядов в проходческом забое обеспечивается применением гидрогелевой забойки без полиэтиленовой оболочки с удельным расходом разработанного состава гидрогеля 1,0-1,3 кг/м³ взорванной горной массы.

- Управление временем проветривания забоя после взрыва достигается рациональным распределением гидрогеля во врубовых отбойных и оконтуривающих шпурах, степенью диспергации гидрогеля и ориентацией шпура в забое.

Обоснованность и достоверность научных подходов и выводов обусловлена представительным объемом лабораторных и промышленных экспериментов, удовлетворительной сходимостью результатов теоретических и экспериментальных исследований, высокими значениями (0,85-0,9) тесноты статистической связи в уравнениях регрессии, а также полученной на практике эффективностью пылегазоподавления забойкой из структурного гидрогеля с применением разработанных способов и средств.

Научная новизна работы заключается:

- в установлении экспоненциальной зависимости эффективности пылегазоподавления от расхода гидрогеля.

- В определении влияния степени диспергации гидрогеля на эффективность пылегазоподавления.

- В определении рационального расхода гидрогеля во врубовых отбойных и оконтуривающих шпурах.

- В установлении влияния полиэтиленовых оболочек и ПАВ, введенного в состав гидрогеля, на содержание окиси углерода в забое после взрыва шпуровых зарядов ВВ.

- В определении совместного влияния вентиляции и разработанных способов пылегазоподавления на длительность проветривания забоя после взрыва.

работах и их снижением посвящены работы В.А.Ассонова, П.В.Бересневича, Ф.Г.Гагауза, А.А.Гурина, Е.Г.Морозова, В.Т.Ларикова, Ю.С.Меца, И.П.Никитина, В.Л.Сахновского, А.Г.Слюсаренко, И.Б.Опмянского, В.В.Недина, О.Д.Нейкова, П.А.Парамонова, Б.Д.Росси, И.С.Радченко, А.П.Янова, Л.А.Яновой, И.Ф.Ярембаша и других ученых. Результаты их исследований составляют научную основу в области борьбы с вредными газами и пылью.

Обзор литературных источников показал, что около 75 % всей образующейся в шахтах пыли и все вредные газы дают взрывные работы. Частицы размером менее 2 микрон, являющиеся наиболее силикозоопасными и трудносмачиваемыми, составляют 90-95 % от общего числа пылевых частиц.

К числу вредных газов, образующихся после взрывных работ, относятся окись углерода, окислы азота, а также кислородные и водородные соединения серы.

Среди многочисленных способов и средств борьбы с вредными газами и пылью наиболее эффективными являются жидкостные забойки, применяемые при взрывных работах на открытых горных работах и шахтах, опасных по взрывам метана, угольной, сульфидной и серной пыли. Однако, несмотря на их эффективность, жидкостные забойки из воды и гидропасты при проведении горных выработок с помощью взрывных работ на рудных шахтах используются в ограниченном объеме. Это объясняется отсутствием безопасных и дешевых гидрогелей, недостаточной изученностью механизма пылегазоподавления и неэффективностью известных средств выполнения гидрогелевой забойки.

Проведенный анализ показал, что для достижения указанной цели необходимо решить следующие научно-технические задачи:

- Разработать безопасный и дешевый состав гидрогеля и исследовать его основные физико-технические свойства.
- Теоретически обосновать эффективность пылегазоподавления гидрогелевой забойкой.
- Определить оптимальный расход гидрогелевой забойки шпуровых зарядов ВВ, позволяющий обеспечить эффективное снижение выделения пыли и вредных газов, уменьшить расход ВВ и повысить КПД.
- Разработать механизированные способы выполнения гидро-

гелевой забойки, произвести экспериментальную их проверку.

Наиболее целесообразно нейтрализовать вредные газы в местах их образования, в забоях, используя при этом внутренние жидкостные забойки шпуровых зарядов ВВ, позволяющие не только снижать количество вредных продуктов взрыва и пыли, но и повышать эффективность взрывных работ. Среди жидкостных забоек технологически более приемлемыми являются гидрогелевые пасты и забойка в виде структурного гидрогеля. Благодаря высокому содержанию воды, гидрогель обладает всеми положительными качествами водяной забойки, кроме того, нейтрализует образующиеся при взрыве вредные газы, увеличивает пылеподавление, улучшает санитарно-гигиенические условия труда горнорабочих.

Основой всех гидрогелей, используемых в промышленности, является жидкое стекло - коагулянт. В качестве коагулятора различные исследователи используют соляную или серную кислоты, аммиачную селитру, сернокислый аммоний и другие дорогостоящие, токсичные и опасные в обращении вещества.

Экспериментальным путем найден новый коагулятор - отходы травления черных металлов и обработки котлов от накипи, содержащие соли железа и остатки соляной или серной кислот.

В лабораторных условиях исследованы основные физико-технические свойства гидрогеля. Установлено, что время гелеобразования зависит от соотношения жидкого стекла и отходов травления черных металлов, а также температуры растворов и может изменяться от нескольких секунд до нескольких часов. Прочность гидрогеля на сжатие с увеличением содержания жидкого стекла возрастает и находится в пределах 10-12 МПа. При механическом воздействии (перемешивании, ударе) гидрогель переходит в пастообразную и жидкую фазу.

Гидрогель имеет нейтральную среду ($\text{pH} = 6-7$) и не выделяет вредных веществ. Криворожской ГорСЭС выдано заключение № 4 от 27.02.92 г. о возможности применения разработанного гидрогеля в качестве забоечного материала на открытых и подземных горных работах. На состав гидрогеля получено положительное решение № 4845840/03 от 26.04.91 г.

На основании проведенных исследований построена номограмма (рис.1), позволяющая подобрать гидрогель с требуемыми

Номограмма для определения времени гелеобразования (t_c) в зависимости от плотности (ρ) и температуры (t) гелеобразующих растворов

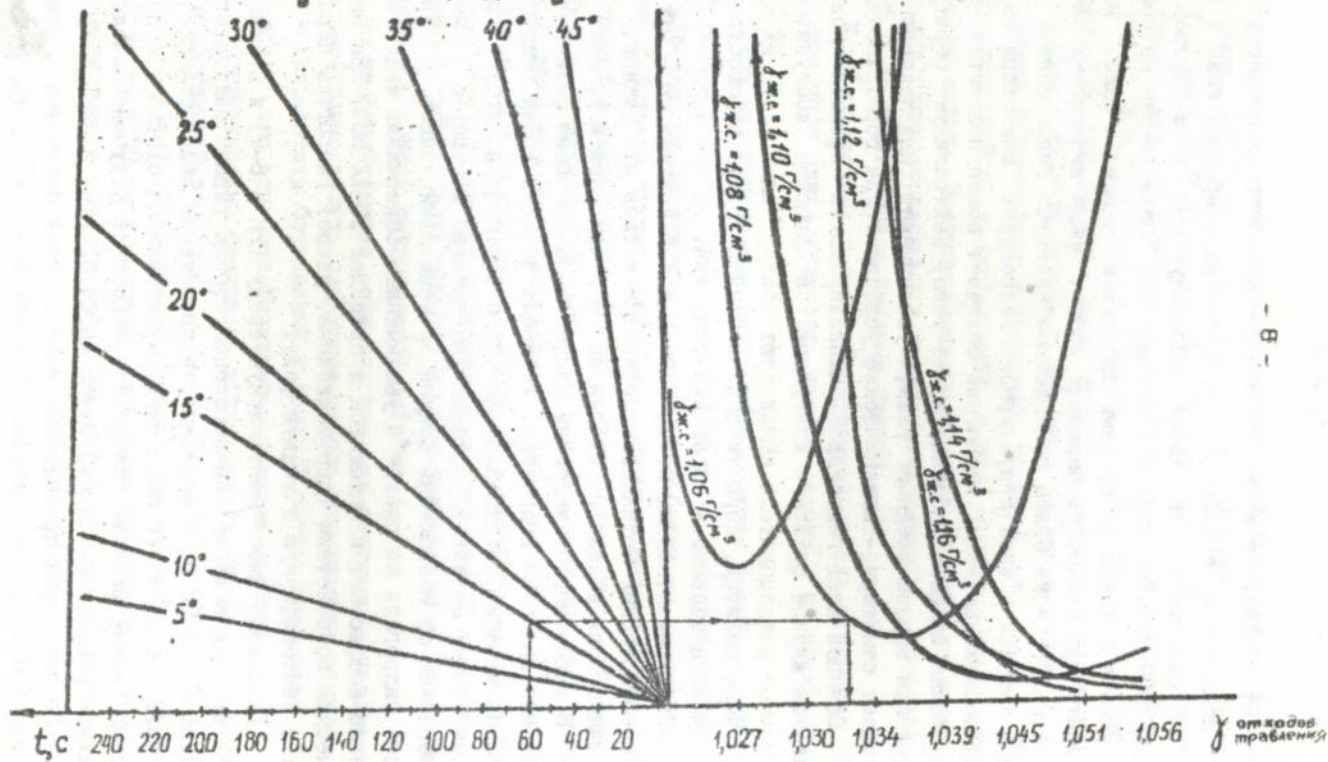


Рис. I.

параметрами, учитывающая плотности растворов коагулянта и коагулятора и их температуру.

Процесс взаимодействия гидрогеля с пылегазовым облаком базируется на следующих теоретических предпосылках.

В момент поршневого действия продуктов детонации на забойку структура гидрогеля разрушается и он, в большей своей части, превращается в жидкость. Под действием газов взрыва жидкость распыляется, а высокая температура продуктов детонации способствует превращению воды в перегретый пар. Под воздействием пара пыль слипается в плотные комки. Известно, что повышение температуры вещества связано с его расширением, в результате чего уменьшаются силы взаимного притяжения между молекулами как внутри вещества, так и в его поверхностном слое. Поэтому с повышением температуры поверхностное натяжение жидкостей уменьшается и вблизи критической температуры становится равным нулю, что способствует более эффективному смачиванию пыли в забое.

Анализ процессов, происходящих в горных выработках во время взрыва и после него, дает основание для использования основных уравнений газовой динамики, которые наряду с законами сохранения являются математическим обеспечением при решении задач истечения продуктов взрыва из шпура и распространения их в призабойной части выработки.

Основными факторами, влияющими на вылет гидрогелевой забойки и газов из шпура и качество распыления гидрогеля, являются плотность и давление газов взрыва, параметры забойки, ориентация шпура в плоскости забоя и др. При расположении шпура по оси выработки в центре забоя скорость вылета гидрогелевой забойки из шпура будет равна

$$v_1 = v \frac{1}{\sqrt{\frac{\rho_r}{\rho_b} + 1}}, \quad (1)$$

где v - скорость разрушения геля, мол/с; ρ_r - плотность геля, кг/м³; ρ_b - плотность воздуха, кг/м³.

Дальность полета забойки

$$L = \ell \sqrt{\frac{\rho_r}{\rho_b}} \quad (2)$$

где ℓ - длина гидрогелевой забойки, м.

Распад цилиндра гидрогелевой забойки на капли энергетически выгоден при условии, когда поверхностная энергия цилиндра больше поверхностной энергии образовавшихся капель кусков.

$$(2\sqrt{\pi}R_{ц}^2 + 2\sqrt{\pi}R_{ц}H_{ц})\sigma \geq (2 \cdot 4\sqrt{\pi}R^2)\sigma, \quad (3)$$

где $R_{ц}$; $H_{ц}$ - радиус и высота деформированного куска геля, представленного цилиндром, м.

Радиус образовавшейся капли равен

$$R = \frac{1}{2} \sqrt{R_{ц}^2 + R_{ц}H_{ц}}. \quad (4)$$

Число пылевых частиц, захваченных каплей жидкости во время полета будет равно

$$N = \sqrt{\pi}R^2 \epsilon C U, \quad (5)$$

где ϵ - коэффициент захвата частиц пыли; C - концентрация частиц.

Число устойчивых капель жидкости в одном метре кубическом воздуха может быть определено по формуле

$$N_1 = \frac{0,75 M_r}{\sqrt{\pi} R^3 \rho_B U_B}, \quad (6)$$

где M_r - масса гидрогеля в комплекте шпуров, кг; U_B - объем выработки, в котором распределяется эта масса, м³; $\rho_B = 1000$ кг/м³ - плотность воды.

Расчеты по приведенным формулам показывают, что при содержании $3-4 \cdot 10^{-8}$ пылинок в одном метре кубическом воздуха и расходе гидрогеля $1,0-1,3$ кг/м³ отбиваемой горной массы, эффект пылеподавления составит 50-70 %.

При расположении шпура под углом более 15° к оси выработки эффективность пылеподавления будет ниже, так как путь полета капли уменьшается и она ударяется о стенку выработки.

Полученные результаты аналитических исследований справедливы как для водяной (жидкостной), так и гидрогелевой забойки. Однако водяная забойка не полностью удовлетворяет условиям ведения взрывных работ. Так полиэтиленовые ампулы при применении электроогневого способа взрывания прожигаются или часто рвутся при доставке в шпур. Гидрогель же может размещаться в шпурах в полиэтиленовых ампулах (оболочках) и без них, не разлагается при воздействии высоких температур.

Эффективность пылегазоподавления гидрогелевой забойкой исследовали в лабораторных и промышленных условиях. Лабораторные исследования проводили на модели, представляющей собой двухметровую замкнутую трубу диаметром 150 мм, в которой шпуровыми зарядами разрушали силикатный блок. Промышленные исследования проводили при проходке горных выработок. Для сравнения исследовали разработанный и известный состав, применяемый на открытых горных работах, где в качестве коагулятора используется аммиачная селитра. Отбор пылегазовых проб производили бойцы ВГСЧ по общеизвестной методике.

Результаты исследований приведены на рис. 2 и 3, из которых следует, что эффективность пылегазоподавления гидрогелевой забойки зависит от расхода гидрогеля и при его оптимуме 1,0-1,3 кг/м³ отбиваемой горной массы концентрация пыли в забое снижается в 2,0-2,5 раза, окиси углерода 1,5-2,0 раза, окислов азота в 3,5-4 раза по сравнению с зарядом без забойки.

Размещение гидрогелевой забойки в полиэтиленовых ампулах или оболочках дает увеличение на 10-15 % выхода окиси углерода по сравнению с забойкой без ампул, что объясняется сгоранием полиэтилена в раскаленных газах взрыва ВВ.

Добавка в состав гидрогеля поверхностно-активного вещества (ПАВ) волгоната с целью снижения поверхностного натяжения ведет к резкому увеличению в 1,5-2 раза окиси углерода, что также объясняется сгоранием органических соединений, входящих в ПАВ, в раскаленных газах взрыва ВВ.

При проведении промышленных экспериментов установлена оптимальная длина (масса) гидрогелевой забойки для шпуровых зарядов в исследуемых породах, при которой достигается мак-

Зависимость запыленности воздуха ($C_{п}$) в забое после взрыва
от массы гидрогелевой забойки (G .)

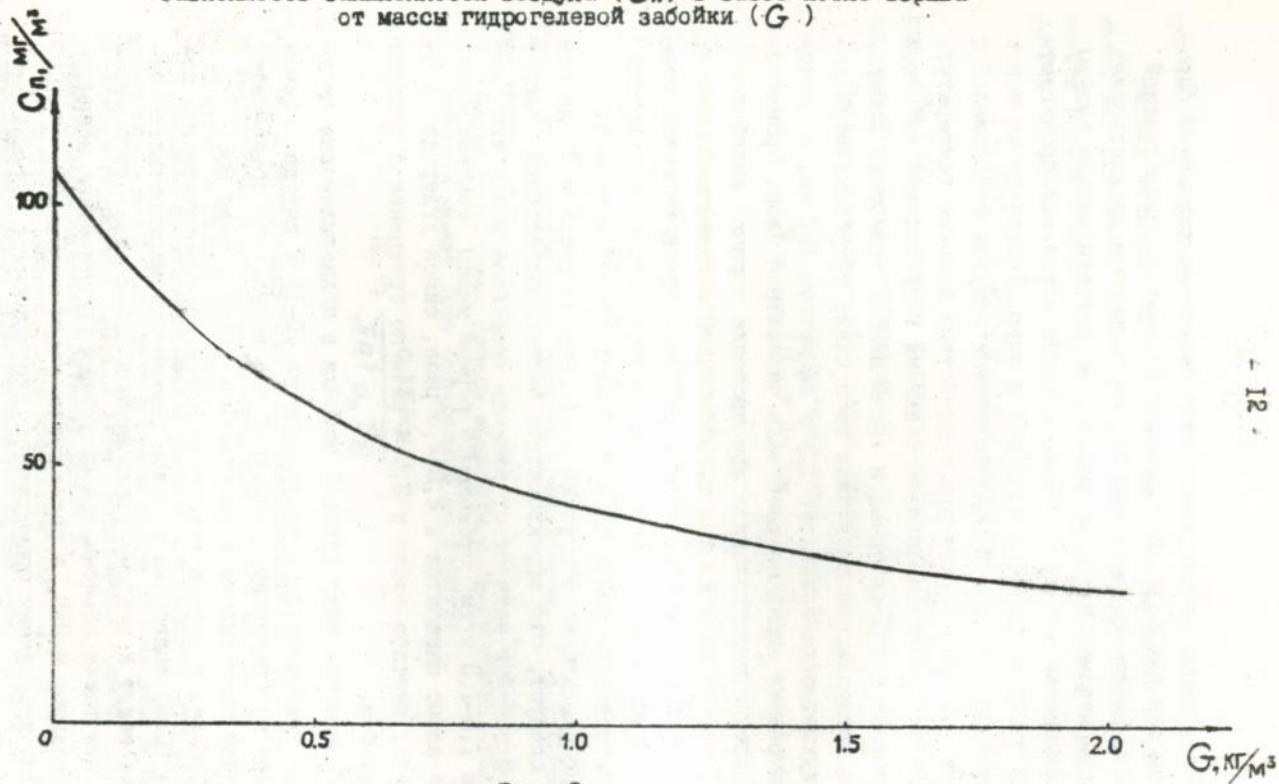


Рис. 2.

Зависимость содержания окиси углерода (1) и окислов азота (2)
в воздухе после взрыва от массы гидрогелевой забойки

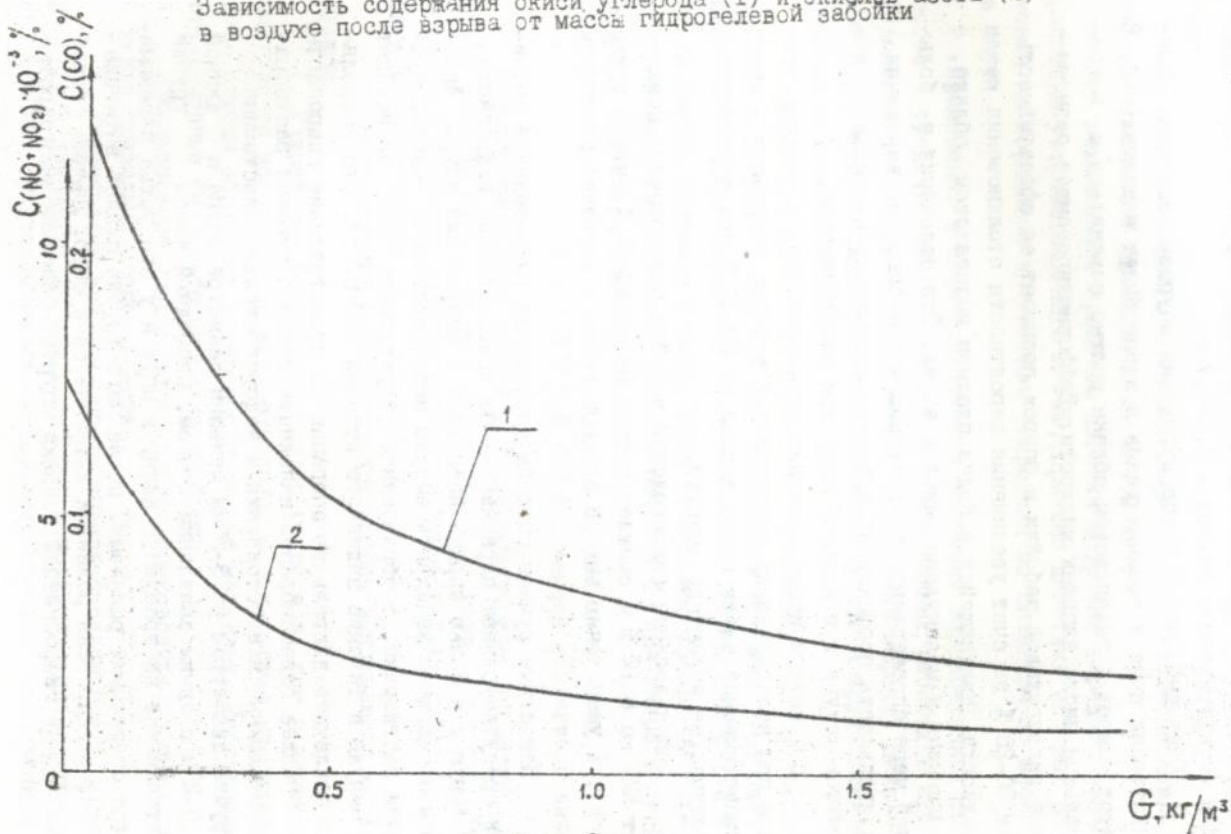


Рис. 3.

симальная эффективность пылегазоподавления и составляет: для врубовых шпуров 0,15-0,3 м, для отбойных шпуров - 0,4-0,5 м, для оконтуривающих шпуров - 0,5-0,7 м.

Очевидно, что в конце взрывания шпуровых зарядов концентрация пыли и вредных газов в забое будет максимальной. В этот момент в пылегазовом облаке должно находиться и максимальное число капелек жидкости. Дифференцированное размещение гидрогелевой забойки в шпурах повышает ее эффективность на 20-25 % за счет увеличения вероятности столкновения капли жидкости, двигающейся в более плотном пылегазовом облаке, с пылинками и молекулами окислов азота. Это положение в большей мере справедливо при электроогневом способе взрывания, длительность протекания которого составляет несколько десятков секунд и в меньшей мере при электрическом.

В конечном итоге снижение выделения пыли и вредных газов при использовании гидрогелевой забойки сокращает время проветривания забоя после взрыва на 20-25 % при одинаковом количестве подающего воздуха.

Использование гидрогелевой забойки одновременно повышает КПД на 8-12 % и снижает расход ВВ на 10-15 %, что также ведет к уменьшению выхода вредных газов и улучшает экономические показатели взрыва.

Известные ручные способы выполнения гидрогелевой забойки предусматривают первоначальное приготовление гидропасты, которую с помощью шприца нагнетают в ампулы или шпуры. Автором предложено заполнять ампулы непосредственно гелеобразующими растворами, а образование структурного геля происходит в ампуле в течение заданного времени (20-60 с). Это позволяет исключить длительную операцию по приготовлению гидропасты.

Более целесообразно заполнять гелеобразующими растворами несложные в изготовлении и недорогостоящие эластичные трубки диаметром на 3-5 мм меньшим диаметра шпура и длиной 1,5-2 м с одним запаянным концом. Свободный конец трубки вставляется на требуемую длину в шпур и у его устья пережимается спаренными роликами, после чего трубка плавно вытягивается, а гидрогель роликами вытесняется в шпур. Данный способ выполнения гидрогелевой забойки шпуров позволяет многократно

использовать эластичные трубки и выполнять забойку без полиэтиленовых оболочек, дающих дополнительный выход окиси углерода.

На способы забойки шпуровых зарядов ВВ получено положительное решение № 4931039/03 от 29.09.91 г.

Для механизации процесса забойки шпуровых зарядов разработаны устройства УППЗ и УЗШ, принцип действия которых основан на поршневом вытеснении гидрогеля из цилиндра по шлангу в шпур.

Применение в производственных условиях разработанных способов и средств пылегазовыделения при взрывных работах в проходческих забоях дает существенный социальный эффект, связанный с улучшением санитарно-гигиенических условий труда горнорабочих и экономический.

Годовой экономический эффект от применения гидрогелевой забойки в ампулах и без них при одинаковых объемах проходки подготовительных выработок протяженностью 1650 м для условий ГУ им.Кирова составил в ценах 1991 г. при использовании патентованной гидрогелевой забойки 60175 руб, при гидрогелевой забойке без ампул 86493 руб.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе дано теоретическое обобщение и новое решение научно-технической задачи по разработке способов и средств снижения пылегазовыделения при взрывных работах в проходческих забоях.

Основные научные и практические выводы заключаются в следующем:

1. Разработан безопасный состав гидрогеля, где в качестве коагулянта используется жидкое стекло, а в качестве коагулятора - отходы обработки поверхности черных металлов. Исследованы его основные физико-технические свойства.

Использование гидрогеля позволяет производить утилизацию отходов травильного производства.

2. Установлены закономерности пылегазоподавления при взрывании комплекта шпуров в забое с использованием гидрогелевой забойки, учитывающие массу забойки, степень диспергации

гидрогеля, скорость вылета забойки и ориентацию шпура.

3. Производственными исследованиями определен оптимальный расход гидрогелевой забойки шпуровых зарядов ВВ, который составляет 1,0-1,3 кг на метр кубический отбиваемой горной массы, при этом обеспечивается снижение концентрации пыли в 2,0-2,5 раза, окиси углерода в 1,5-2 раза, окислов азота в 3,5-4 раза и условной СО в 2,0-2,5 раза. Сокращается время проветривания забоя на 20-25 %, уменьшается расход ВВ на 10-15 % по сравнению со взрывом шпуровых зарядов ВВ без забойки. При этом же расходе гидрогеля КПШ повышается на 8-12 % и достигает максимального значения 0,92-0,93.

4. Установлено, что размещение гидрогелевой забойки в полиэтиленовых оболочках дает увеличение выхода СО на 10-15% по сравнению с забойкой без оболочек, что объясняется ее сгоранием в раскаленных газах взрыва.

5. Определена оптимальная длина (масса) гидрогелевой забойки во врубовых, отбойных и оконтуривающих шпурах. Дифференцированное размещение массы гидрогеля в шпурах повышает эффективность пылегазоподавления на 20-25 %.

6. Добавки поверхностно активных веществ (ПАВ) в состав гидрогеля ведут к резкому увеличению выхода СО, что объясняется их сгоранием в раскаленных газах взрыва.

7. Разработаны ручной и механический способы заполнения шпуров гидрогелем. Устройства УШГЗ и УЗШ позволяют совмещать процессы приготовления и подачи гидрогеля в шпуры.

Основные положения и результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

1. Радионенко Б.Н. Применение гидрогелевой забойки при взрывных работах. Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции "Теория и практика проектирования, строительства и эксплуатации высокопроизводительных подземных рудников". Москва, 1990, с.41.

2. Радионенко Б.Н. Способ приготовления и подачи гидрогеля в шпуры. Тезисы докладов Всесоюзного научно-технического семинара "Совершенствование комплексной разработки рудных месторождений" Кривой Рог, 1990 г., с.93.

3. Радионенко Б.Н. Гидрогелевая забойка как средство борьбы с ядовитыми газами и пылью при взрывных работах. Тезисы докладов Всесоюзного научно-технического семинара "Совершенствование комплексной разработки рудных месторождений" Кривой Рог, 1990 г., с.94.

4. Гелеобразующий состав для забойки шпуров и скважин. Гурин А.А., Радионенко Б.Н. Положительное решение по заявке № 4845840/03 от 26.04.91.

5. Способы забойки шпуровых зарядов. ВВ. Гурин А.А., Радионенко Б.Н. - Положительное решение по заявке №4931039/03 от 29.09.91.

6. Гурин А.А., Радионенко Б.Н. "Инструкция по применению гидрогелевой забойки при взрывных работах в подземных условиях", Кривой Рог, 1992 г.

Аспирант



Б.Н.Радионенко



Роталпринт НИГРИ. Зак. 45. Тир. 70.

465084

AB 27.444

AB 27.444