© М.М. Конорев Г.Ф. Нестеренко, 2005

УДК 622.458

М.М. Конорев Г.Ф. Нестеренко

К ВОПРОСУ СНИЖЕНИЯ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ МАССОВЫХ ВЗРЫВОВ В КАРЬЕРАХ

Семинар № 7

Одним из источников мгновенного выделения в атмосферу карьеров пыли и вредных газов являются массовые взрывы. Количество одновременно взрываемых ВВ в рудных карьерах колеблется от 200 до 1100 т и более. Концентрация вредных примесей как в облаке, так и в атмосфере карьера, а также в горной массе достигает значительных величин. В пылегазовом облаке (ПГО) пыль присутствует в количестве (0,027÷0,17) кг/м^3 горной массы; 63-80 % осевшей в карьере пыли имеет крупность менее 1,4 мкм [1]. Количество образовавшейся пыли и ее дисперсность изменяются в широких пределах и зависят в основном от типа и крепости горных пород, степени их обводненности, удельного расхода ВВ. Общее количество образовавшихся оксидов углерода, по данным ВНИИБТГ, достигает 60-93 л/кг ВВ, а оксидов азота 3,5-7 л/кг ВВ [2, 3].

Большинство вредных примесей, образовавшихся при взрыве, выбрасывается в атмосферу карьера с ПГО, которое, развиваясь, достигает значительной высоты (до 1,5-1,6 км) и распространяется в атмосфере на расстояние от 8 до 12 км. При этом ПГО загрязняет окружающую воздушную среду и прилегающую к карьеру значительную территорию. Степень загрязнения зависит от начальной концентрации пыли и вредных газов в облаке. Промышленные исследования дальности распространения ПГО показывают, что на расстояниях, значительно превышающих санитарно-защитные зоны, концентрация пыли в несколько раз превышает предельно допустимую норму.

Количество вредных газов и пыли, образующихся при массовых взрывах в карьере, можно снизить с помощью технологических, организационных и инженерно-технических мероприятий, основными из которых являются: взрывание ВВ с нулевым и близким к нему кислородным балансом, применение водоустойчивых ВВ, взрывание на неубранную горную массу, взрывание глубоких скважин с воздушными промежутками, выбор минимальных расстояний между взрываемыми блоками, гидро- и гидрогелевая забойка скважин, применение мощных дождевальных оросителей, проведение взрывов в период максимальной ветровой активности и ряд других инженерно-технических и организационных мероприятий.

Уменьшению количества вредных газов также способствует применение при взрывании скважин ГЛТ-20 и порэмита вместо гранулотола.

За рубежом и на некоторых карьерах используют до 80 % селитренных смесей простейшего состава (АС-ДТ) [1].

Значительный объем исследований выполнен рядом НИИ по определению эффективности пылегазоподавления путем применения пены [4, 5, 6], ПАВ [7], смачивания поверхности блока непосредственно перед взрывом, нанесением на нее искусственного снега при отрицательных температурах. Применение этих способов позволяет снизить высоту подъема ПГО и ускорить осаждение пыли.

Интересным с научной и практической точек зрения может быть технологический прием по формированию ПГО с температурной стратификацией, при которой истекающие позднее отработавшие взрывом газы догоняют первичные выбросы, при этом в процессе подъема облака наблюдается интенсивное клубление, перемешивание как внутри облака, так и с окружающей его средой, что способствует быстрой его делокализации и выпадению примесей вблизи места взрыва [8].

Применение всех перечисленных способов не дает полного решения предотвращения загрязнения окружающей среды.

В ИГД УрО РАН выполнены теоретические и экспериментальные исследования, направленные на разработку средств и технологии активного подавления ПГО в пределах выработанного пространства карьера путем воздействия на него воздушно-водяными двухфазными струями, создаваемыми, например, мощными вентиляторами-оросителями типа НК-12КВ-1М.

При этом одним из принципиальных условий разработанной технологии является использование естественного или искусственно создаваемого устойчивого состояния атмосферы (инверсии) карьера в зоне проведения массового взрыва. Процесс подавления пылегазового облака по предлагаемому способу осуществляют следующим образом.

На вентиляционной берме *1* (рис. 1) располагают генераторы I, II воздушно-водяных струй, например, карьерные турбовентиляторы. При этом расстояние между соседними вентиляторами L_y = 20 – 25 калибров, а расстояние по вертикали от дна карьера до вентиляииионной бермы H_y = 20 – 25 калибров, воздушно-водяным струям *3* придают положительный угол наклона в вертикальной плоскости β = 30 – 45°, что обеспечивает требуемую дальнобойность для увлажнения воздуха над взрываемым блоком *2*. Для увеличения обрабатываемой зоны вентиляторы-оросители работают в динамическом режиме с углом поворота φ= 60 – 90°, выбираемом в зависимости от размеров взрываемого блока.

При распространении перемещающихся воздушно-водяных струй в карьерном пространстве происходят выпадение и испарение находящихся в струях капель воды, в результате чего обрабатываемый ими воздух охлаждается и в атмосфере карьера устанавливается инверсионная температурная стратификация (рис. 2, кривая 2), выпадающие капли производят смачивание осевшей пыли, предотвращая ее повторное взметывание.

Повышение эффективности процессов подавления пылегазового облака осуществляют путем интенсификаций охлаждения воздуха на величину (4-6) *К* и стабилизации инверсии (поддержание отрицательного градиента температуры в слое воздуха высотой до 200 *м* γ = (0,02 – 0,03) *К/м*, орошения поверхностей взрываемого блока и прилегающих к нему рабочих площадок и откосов уступов, обработки воздушного пространства района массового взрыва мелкодисперсной водяной пылью воздушно-водяных струй до взрыва за время τ_1, непрерывно в момент взрывания и после взрыва течение времени τ_2.

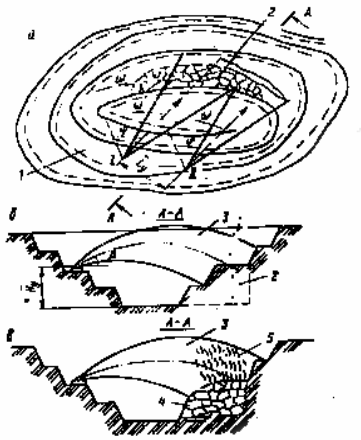

Рис 1

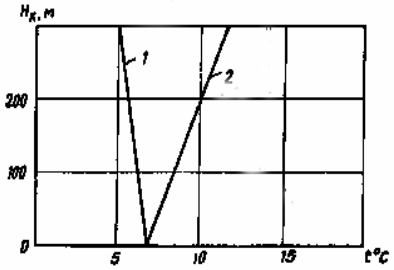

Рис.2

Время работы вентиляторов-оросителей до взрыва определяют исходя из того, что для уменьшения количества взметываемой в момент взрыва пыли как с поверхности взрываемого блока, так и прилегающей к блоку рабочей площадки и откосов уступов карьера, необходимо произвести орошение из расчета 10 л/м^2.

Величину площадки поверхности зоны взрыва определяют как сумму площадей поверхностей взрываемого блока и прилегающей рабочей площадки шириной 50 – 60 м.

Реальные величины площадей поверхностей взрываемых блоков составляют 1500 – 10000 *м*^{2}, а с учетом прилегающих поверхностей – 4000- 16000 *м*^{2} .

Время работы вентиляторов-оросителей до взрыва определяют по формуле:

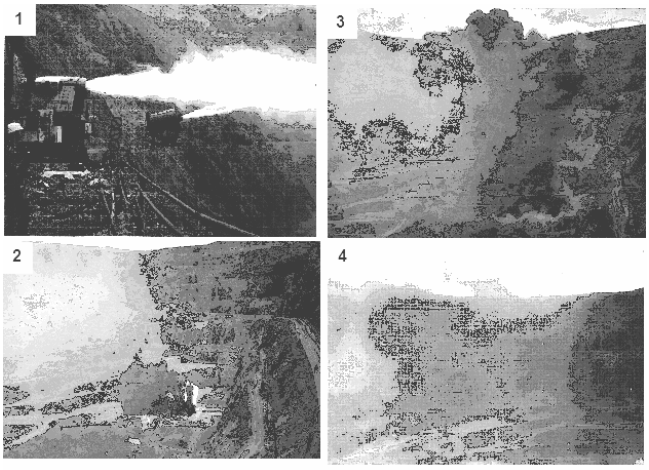

Рис.3 Активное воздействие воздушно-водяных струй на пылегазовое облако

$$\tau_1 = \frac{h_{ср} \cdot F}{q_0 \cdot n \cdot K_p (1 - K_u)}, \qquad (1)$$

где $h_{ср}$ – средняя толщина слоя воды на орошаемой поверхности, *м*; F – орошаемая площадь поверхности, $м^2$; q_o – расход воды в воздушно-водяной струе $м^3/с$; n – количество вентиляторов; K_p – коэффициент равномерности выпадения осадков на орошаемую поверхность; K_u – коэффициент испарения капель при орошении.

При обработке зон массовых взрывов с площадями поверхности 4000, 8000, 16000 $м^2$ соответственно двумя, тремя и четырьмя вентиляторами время их работы составляет 20, 24 и 26 мин.

После предварительной обработки производят массовый взрыв, в результате которого образуется развал взорванной горной массы *4* (рис. 1) и пылегазовое облако *5*. При этом вентиляторы-оросители продолжают работать в том же режиме, что и при предварительной обработке.

Целесообразность непрерывной работы вентиляторов после предварительного смачивания поверхностей взрываемого блока и прилегающих площадок объясняется тем, что остановка и запуск двигателей занимает 5-8 мин, а время взрывания измеряется несколькими секундами.

Время работы вентиляторов-оросителей после взрывания определяют по формуле

$$\tau_2 = \frac{V_0 C_0}{E \cdot q_0 \cdot n \cdot (1 - K)}, \qquad (2)$$

где E – коэффициент эффективности взаимодействия капель с частицами воды.

Входящие в формулу (2) объем пылегазового облака V_o и концентрации пыли C_o зависят от физико-химических свойств руд и пород, технологии горных и взрывных работ. Исходные данные по массовым взрывам взяты для объемов взрываемой горной массы 45,2; 137,1 и 223,3 *тыс.* $м^3$ с соответствующими им объемами ПГО 0,52; 6,25; 10,0 *млн.*$м^3$ и концентрацией пыли в облаке соответственно $1500 \cdot 10^{-6}$, $2300 \cdot 10^{-6}$ и $3300 \cdot 10^{-6}$ *кг/*$м^3$.

Соответствующее время работы одного, двух и трех вентиляторов с расходами воды 250, 500 и 750 $м^3/ч$, определенное по формуле (2), составляет 4,3; 14 и 29 *мин*. Данные расчеты подтверждаются результатами промышленных экспериментов.

При работе вентиляторов-оросителей после взрывания происходит активное воздействие воздушно-водяных струй на пылегазовое облако 5 (связывание витающей пыли и растворимых газов), интенсификация охлаждения и стабилизации температурной инверсии воздуха в районе массового взрыва, что приводит к уменьшению высоты подъема пылегазового облака. Например, при взрывании 96 т ВВ и изменении градиента температуры в слое обрабатываемого воздуха от 0,0098 до – 0,03 *К/м* высота подъема пылегазового облака уменьшается от 480 до 192 м и становится в большинстве случаев меньше глубины карьера. При этом следует учитывать, что попадание в облако капель жидкости или твердых частиц (искусственного снега) создает в нем дополнительные силы аэродинамического сопротивления, которые значительно тормозят подъем ПГО и существенно влияют на его рассеяние [9].

При взаимодействии пыли и вредных газов в ПГО с каплями жидкости или твердыми осадками, выпадающими из двухфазных струй, процессы их вымывания можно считать аналогичными скрубберным процессам очистки.

Действительно, активность протекания процессов и расход жидкости (твердых осадков) в двухфазных струях карьерных вентиляторов-оросителей НК-12КВ-1М позволяют достаточно убедительно рассматривать аналогично с процессами в противоточных скрубберах: I) Скорость газа в них изменяется от 0,6 до 1,2 м/с; 2) Удельный расход жидкости от 500 до 8000 г/м^3.

Расчеты, выполненные с использованием аналитических зависимостей, описывающих процессы скрубберной очистки, показали, что эффективность вымывания пыли из ПГО при его обработке двухфазной струей может достигать (65-90) % в зависимости от диаметра пыли (дисперсности). Численные оценки выполнены для взрыва массы порядка десятков тонн и расхода жидкости, подаваемой двухфазной струей, порядка 100 кг/с.

Промышленные эксперименты по подавлению ПГО с помощью воздушно-водяных струй были проведены в июне 1980 г. на карьере №24 Целинного горнохимического комбината.

В результате проведенных экспериментов была проверена возможность решения экологической проблемы на открытых горных работах и отработана технология активного подавления пылегазового облака воздушно-водяными струями вентиляторов-оросителей НК-12КВ.

Во всех случаях через 7-10 минут работы установок атмосфера карьера очищалась от продуктов взрыва, большая часть которых была осаждена внутри карьерного пространства. Эффективность
процессов пылегазоподавления при массовых взрывах может быть повышена за счет увеличения расхода воды в струе каждого вентилятора до 240-300 м^3/час.

На рис. 3 (1-4) представлены моменты активного воздействия воздушно-водяных струй вентиляторов на пылегазовое облако.

Первые промышленные эксперименты на карьере ЦГХК показали принципиальную возможность использования мощных генераторов двухфазных струй (вентиляторов-оросителей НК-12КВ-1М, УВУ-1 и др.) для активного воздействия на ПГО при производстве массовых взрывов.

Эффективность подавления ПГО можно повысить за счет хемосорбции, происходящей под воздействием водных растворов Na2CO3 и Na2SiO3 с вредными газами (NOx и CO), адсорбированными пылевыми частицами, содержащими полярные адсорбенты Fe_2O_3, CaO, MgO и др.

Отличительной особенностью подавления ПГО с помощью водных растворов солей кремневой и угольной кислот является образование селикагеля из гидрогеля H_2SiO_3 вследствие испарения воды под воздействием высокой температуры. Селикагель является хорошим полярным адсорбентом – удельная поверхность – (200-600) $м^2/г$, объем пор – 0,4 $см^3/г$, средний диаметр пор. (30-200) 10^{-11} $м$ и имеет структуру полимера.

В заключение следует сказать, что системы пылегазоподавления, которые были созданы на базе вентиляторов оросителей НК-12КВ-1М и прошли промышленную проверку при положительных и отрицательных температурах [10], кроме решения задачи очистки атмосферы при работе технологического комплекса могут быть эффективно использованы и для подавления ПГО в выработанном пространстве карьера, уменьшая тем самым их негативное воздействие на окружающую среду.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бересневич П.В., Лобода А.И.* Способы и средства борьбы с вредными газами в железорудных карьерах // Черная металлургия: Бюл. НТИ.- 1991. - №3.- С. 4-13.

2. Update on Belt Claners // Rock products.-1988.- Vol.91. - №3.-P. 45-49.

3. *Бересневич П.В., Наливайко В.Г.* Снижение выбросов пыли и газов в атмосферу карьеров и окружающую среду при массовых взрывах: Черметинформация.- М., 1989.- 23с.- (Сер. горнорудное производство. Вып. № 4)

4. Борьба с запыленностью и загазованностью карьеров / Филатов С.С., Конорев М.М., Подвысоцкий и др. // Безопасность труда в промышленности. - 1989. - №9. - С. 46-49.

5. *Подвысоцкий К.С., Моор А.А., Еремеев В.И.* Пенное экранирование для пыле-газо-шумопоглощения при массовых взрывах // Безопасность труда в промышленности. - 1988. - №9. - С. 52-53.

6. *Ткачук К.К.* Методы снижения загрязнения воздушной среды при разрушении горных пород // Всесоюз. науч-техн. семинар по безопасности на открытых горных работах (Кривой Рог. 16-18 октября 1990): Тез. докл. – М., 1990. - С. 14-15.

7. *Борзенков П.А., Семунькин М.Б.* Применение ПАВ для пылеподавления при массовых взрывах в

карьерах // Всесоюз. науч.-техн. семинар по безопасности на открытых горных работах (Кривой Рог. 16-18 октября 1990): Тез. докл. – М., 1990. - С. 12-14.

8. *Конорев М.М.* Оценка влияния температурной стратификации пылегазового облака (ПГО) и атмосферы на процесс его подъема и рассеяния. // Проблемы безопасности и совершенствования горных работ (Мельниковские чтения): Тез.докл. междунар. конф. Москва-С-Пб. 11-17 сент. 1999г. – Пермь, 1999.- С. 102-104.

9. *Конорев М.М.* Исследование влияния двухфазных струй на динамику пылегазового облака (ПГО) // Известия Уральской гос. горно-геологической академии. – Сер. Горное дело. - 1999.- Вып. 7. - С. 134-136.

10. *Конорев М.М. Росляков С.М., Страшников О.Г.* Система вентиляции и всесезонного пылегазоподавления // Горн. журн. - 1990.- №7. - С. 47-49.

Коротко об авторах

Конорев Михаил Максимович – доктор технических наук, зав. лабораторией экологии горного производства (ЭГП),

Нестеренко Геннадий Филиппович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории ЭГП,

Институт горного дела УрО РАН, г. Екатеринбург.

ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	*Название работы*	*Специальность*	*Ученая степень*
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ГЕОДЕЗИИ И КАРТОГРАФИИ			
ДЕМЬЯНОВ Глеб Викторович	Разработка принципов развития системы нормальных высот на основе современных спутниковых технологий	25.00.32	д.т.н.
РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ НЕФТИ И ГАЗА им. И.М. ГУБКИНА			
ЗАЙЦЕВ Владимир Геннадьевич	Разработка методов расчета и оптимизации режимов отбора газа из подземного хранилища в каменной соли	25.00.17	к.т.н.