

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ УКРАИНЫ
ГОСУДАРСТВЕННАЯ ГОРНАЯ АКАДЕМИЯ УКРАИНЫ

На правах рукописи

ДУБЕИ́ Владимир Владимирович

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ
АКТИВНОГО ПЫЛЕГАЗОПОДАВЛЕНИЯ ПРИ
МАССОВЫХ ВЗРЫВАХ В КАРЬЕРАХ

Специальность : 05.26.05 - "Инженерная экология"
05.26.01 - "Охрана труда"

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Днепропетровск
1996

36.082
331.482

Ab.36.300

Диссертация является руко

ЛННБ України ім.В.Стефаніка

Работа выполнена в Государственной академии Украины.



00743815 (S)

Научный руководитель : кандидат технических наук,
ведущий научный сотрудник
Зборовский Александр Владиславович

Официальные оппоненты : доктор технических наук, профессор
Шапарь Аркадий Григорьевич
кандидат технических наук, доцент
Шишацкий Алим Гаврилович

Ведущее предприятие : Научно-исследовательский институт
безопасности труда в горнорудной
промышленности (НИИБТГ)
г. Кривой Рог

Защита состоится "27" декабря 1996 года в 14 час.
на заседании специализированного совета Д03.06.01 при
Государственной горной академии Украины
по адресу : 320027, г.Днепропетровск, пр.К.Маркса, 19.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке
Государственной горной академии Украины

Автореферат разослан "15" ноября 1996 года.

Ученый секретарь
специализированного совета,
докт. техн. наук, проф.

И.А.Садовенко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

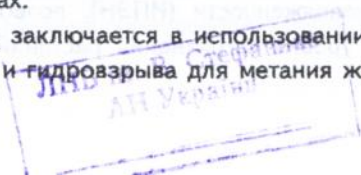
Актуальность работы. Буровзрывные работы, как основной способ добычи полезных ископаемых остается пока единственным эффективным средством разрушения скальных горных пород на карьерах. Крупномасштабные массовые взрывы сопровождаются выбросом в атмосферу больших объемов пыли и ядовитых газов, что влияет на здоровье людей и сказывается на состоянии окружающей природной среды.

Распространение и осаждение пылегазового облака (ПГО) в жилых районах и на сельскохозяйственных угодьях оказывают пагубное воздействие в радиусе 15-20 км от карьера. Концентрация пыли в воздушной среде при массовом взрыве 500 т ВВ на карьерах Кривбассса достигает 1200-2800 ПДК на расстоянии 1 км и 70-90 ПДК на удалении 10 км от карьера, ПГО выбрасывается на высоту до 450 м, его объем превышает 36 млн куб.м, количество пыли составляет 50,3 т, оксида углерода - 5,5 млн.л, двуокиси азота - 0,9 млн.л. Учитывая, что состояние окружающей среды в горнодобывающих регионах Украины характеризуется как кризисное, проблема защиты атмосферы от ПГО при взрывных работах на карьерах выдвинута Правительством страны в число приоритетных научных направлений в рамках Государственной научно-технической программы ГКНТ 2.3.7 "Технология пылегазоподавления при взрывах в карьерах". Указанные выше положения обусловили актуальность научной задачи, заключающейся в установлении закономерностей зарождения, формирования и распространения в окружающей среде пылегазового облака при массовом взрыве в карьере, создании математической модели формирования и развития водо-воздушных струй при пневмогидровыбросе, разработки на их основе технической системы активного подавления пылегазового облака и методики биоэкологической оценки загрязнения почв и растений в зоне открытых горных работ.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с планом важнейших НИР ГГАУ по теме ГП-148 № г.р. 0194И002934 (Приказ ГГАУ №12а от 21.01.94г.) и является составной частью работ Государственной научно-технической программы 02.03 "Состояние и пути улучшения качества атмосферного воздуха", проект № 02.03.08/097-92, № г.р.0193И030792 (приказ ГКНТ Украины №12 от 04.05.92 г.).

Целью работы является разработка способа и технических средств активного пылегазоподавления для защиты окружающей среды при массовых взрывах на карьерах.

Идея работы заключается в использовании энергии пневмогидровыброса, гидровыстрела и гидровзрыва для метания жидких струй теплопылеподав-



ляющего агента в эпицентр ПГО на стадии его зарождения и формирования в атмосфере карьера; в использовании теории свободных струй и теории фильтрации для разработки инженерных методов расчета процессов развития и подавления ПГО; в применении биоэкологической оценки загрязнения окружающей среды на карьере, позволяющей выявить уровень загрязнения растений и почв, оценить токсичность пыли ПГО.

Методы исследований. В работе использованы теоретический и экспериментальный методы исследований, анализ и обобщение передовых достижений науки и техники по рассматриваемой проблеме. Для разработки физической модели формирования ПГО и струи гидровыброса использовались методы скоростной технической киносъемки, методы экспериментальной метеорологии и пылегазовые съемки на натуральных объектах. Для разработки теоретической модели ПГО применялись методы математического моделирования, теория свободных струй и фильтрации, интегральные методы решения уравнений газовой динамики и термодинамики. Обработка экспериментальных данных на ЭВМ проводилась с применением методов математической статистики, корреляционного и регрессионного анализа.

Основные научные положения, выносимые на защиту

1. Скорость движения ПГО определяется массой взрываемого заряда ВВ и в период до 200 мс изменяется по линейному закону, в последующий период - по квадратичной зависимости. Догорание остатков ВВ в атмосфере сопровождается "тепловым скачком" скорости ПГО в интервале 300-й миллисекунды процесса, что позволяет определить эффективный интервал времени подавления ПГО.

2. Активное пылегазоподавление при массовых взрывах в карьерах обеспечивается системой залпового гидроподавления путем выброса высоконапорных гидроструй теплопылегазоподавляющего агента по периметру взрываемого блока в эпицентр ПГО в период 250 - 300-й мс его зарождения со скоростью, превышающей скорость движения ПГО, что позволяет нейтрализовать и исключить появление эффекта теплового скачка скорости в эпицентре ПГО, уменьшить в 1,8-2 раза его скорость и в 1,3 - 5 раз высоту подъема.

3. Биоэкологическая опасность ПГО связана с его химическим и гранулометрическим составом, которая в условиях железорудных карьеров Кривбасса характеризуется 44,2% содержанием фракции пыли менее 10 мкм, наличием ядовитых элементов Рb, Мп, Сг ..., и определяется интегральным показателем экологической напряженности (ИПЭН), позволяющим дать общую количественную оценку уровня загрязнения растений и почв с учетом

токсичности пыли ПГО, а также установить размеры сельскохозяйственных угодий с нарушенным почвенным балансом.

Научные результаты и их новизна.

1. На основе точных и реальных кинограмм массового взрыва установлены зависимости изменения высоты и скорости движения эпицентра ПГО от массы заряда ВВ в период первых 800 мс процесса его зарождения, впервые выявлен эффект “теплого скачка” скорости ПГО, что необходимо учитывать при проектировании параметров систем активного пылегазоподавления и определении времени выброса теплопылеподавляющих жидких агентов в эпицентр ПГО.

2. По результатам натуральных исследований природной и искусственной трещиноватости взрываеваемого массива, определены причины возникновения и границы зон активного пылеобразования при массовом взрыве, с учетом которых разработана математическая модель формирования ПГО и получены уравнения для расчета его геометрических параметров в атмосфере, что существенно расширяет область знаний о физике процессов пылеобразования при взрывных работах на карьерах и позволяет прогнозировать газодинамические параметры ПГО.

3. На основе волновой теории, теории струй и законов горения ВВ разработана методика расчета параметров скорости, дальности и дисперсности жидких струй при метании энергией сжатого воздуха и порохового заряда, учитывающая особенности изменения давления при истечении жидкости из ствола и скорость бокового разлета частиц струи.

4. Разработан новый способ подавления ПГО в карьере с использованием высоконапорных гидроструй, обеспечивающий активную нейтрализацию теплового эпицентра ПГО на стадии его зарождения и формирования в атмосфере карьера.

5. Разработаны устройства активного пылегазоподавления при взрывных работах в карьерах, реализующие новый способ подавления ПГО и обеспечивающие создание системы залпового гидровыброса подавляющего агента в период 250 - 300-й мс процесса зарождения ПГО, снижение его скорости в 1,8 - 2 раза и высоты подъема в 1,3 - 5 раз.

Практическая значимость работы

1. Разработана и утверждена в установленном порядке научно-техническая документация на экспериментальную систему САП ПГО, установлено ее соответствие требованиям Госназдорхрантруда, предъявляемым к новым образцам горного оборудования, работающего в зоне взрывных работ карьера ;

2. Проведены полигонные и промышленные испытания системы САП ПГО, результаты которых оформлены актами испытаний новых устройств пневмогидровыброса (УПП) и гидровыстрела (УГД) в Рыбальском карьере предприятия "Харьковвзрывпром".

3. Разработаны основные технологические схемы применения системы САП ПГО с учетом горно-технических условий и схем естественного проветривания карьера в зонах ведения взрывных работ.

4. Разработаны рекомендации по защите атмосферы на карьерах от пылегазовых выбросов при взрывных работах.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается применением апробированных положений теории аэрогидродинамики и физики взрыва, согласованностью разработанного математического описания с физическими представлениями о газодинамических процессах формирования ПГО и высоконапорных газожидкостных струй, удовлетворительной сходимостью результатов теоретических и натурных исследований (среднее отклонение не превышает 10%), положительными результатами промышленной проверки разработанной системы активного пылегазоподавления при взрывных работах в карьере.

Реализация результатов работы:

1. Разработанный экспериментальный образец системы активного подавления пылегазового облака (САП ПГО) прошел полигонные и промышленные испытания в условиях Рыбальского карьера предприятия "Харьковвзрывпром" и рекомендован для подавления ПГО при массовых взрывах зарядов ВВ объемом до 20 т (акты испытаний от 29.05.96 г. и от 16.07.96 г.)

2. Технологические схемы применения системы САП ПГО и методика расчета параметров устройств системы внедрены в виде рекомендаций в проектном институте ОАО "Укргипроруда" (акт внедрения от 22.07.96 г.)

Экспериментальная часть работы выполнена на железорудных карьерах Кривбасса и Рыбальском карьере ПП "Харьковвзрывпром".

Апробация работы. Диссертационная работа и ее отдельные разделы докладывались и обсуждались на научно-технических конференциях и семинарах: IX Всесоюзной конференции "Комплексные исследования физических свойств горных пород и процессов" г.Москва (1987 г.); Республиканской конференции "Вопросы совершенствования технологии и комплексной механизации добычи и переработки горючих сланцев" г. Кохтла-Ярва (1986 г.); II Международной конференции "Экологические проблемы горного производства, переработка и размещение отходов" г. Москва (1995 г.); Международ-

ной конференции "Воздух-95" г. С.Петербург (1995 г.); Международной конференции "Экологические проблемы промышленного региона" г. Макеевка (1995 г.); III Международной конференции "Проблемы экологического мониторинга и охраны труда" г. Севастополь (1995 г.); Международной конференции "Прикладные проблемы механики жидкости и газа" г. Севастополь (1996г.); на научных семинарах кафедры АОТ ГГАУ (1995, 1996 г.г.).

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 16 печатных работ, в том числе 2 авторских свидетельства на изобретения.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, шести глав и заключения, изложена на 145 страницах машинописного текста, имеет 77 рисунков, 13 таблиц, 134 наименования литературных источников отечественных и зарубежных авторов, 5 приложений на 57 страницах.

В работах по проведению натурных наблюдений на карьерах и испытаниях системы САП ПГО принимали участие сотрудники ПНИЛ-1 ГГАУ и ДГУ, за что автор выражает всем им глубокую признательность.

Особую благодарность автор выражает своему научному руководителю к.т.н. Зберовскому А.В. за постоянное внимание к его работе и эффективное содействие.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первой главе дан обзор и анализ работ по вопросам борьбы с пылегазовым облаком при взрывных работах на карьерах, методам расчета ПГО и краткая эколого-экономическая оценка воздействия ПГО на окружающую среду.

В настоящее время обширный комплекс исследований, посвященных вопросам инженерной экологии на открытых горных работах и охраны труда представле^н в работах В.А.Михайлова, Г.Г.Мирзаева, Б.А.Иванова, В.С.Никитина, Н.З.Битколова, С.С.Филатова, М.М.Конорева, А.М.Михайлова, П.И.Томакова, А.В.Хохрякова, П.В.Бересневича, В.А.Рогалева, Л.А.Пучкова, В.И.Белоусова, А.Г.Шапаря, К.З.Ушакова, А.А.Бакланова, М.Г.Новожилова, И.Л.Гуменика, Е.И.Панфилова, Э.И.Ефремова, Р.С.Крысина, А.Ю.Дриженко, И.А.Садовенко, В.В.Силаева, М.С.Ахметова, Н.Ф.Кременчуцкого, В.А.Бойко, В.И.Голинко, А.В.Зберовского, П.Ч.Чулакова и др.

На основании вышеизложенного и в соответствии с целью в работе поставлены следующие задачи исследований:

1. Исследовать физику процесса, механизм образования и закономерности распространения ПГО при взрывных работах в карьере.
2. Аналитически описать процессы истечения продуктов взрыва из скважины и развития ПГО в атмосфере при взрыве в карьере.

3. Разработать математическую модель гидровыброса для расчета параметров жидких струй и активного пылегазоподавления при взрывных работах.

4. Разработать способы и средства, объединенные в единую техническую систему, для активного пылегазоподавления при взрывных работах в карьере.

5. На основе теоретических и экспериментальных исследований разработать рекомендации по применению технических систем активного пылегазоподавления при массовых взрывах в карьерах.

6. Дать экологическую оценку последствий загрязнения окружающей среды при массовых взрывах в карьере.

Во второй главе приводятся результаты натурных исследований процесса формирования пылегазового облака при массовых взрывах в карьере.

На основе проведенных натурных исследований установлены и хронометрированы во времени основные физические и газодинамические процессы зарождения и формирования пылегазового облака при массовом взрыве в атмосфере карьера. Предложено процесс развития ПГО в атмосфере рассматривать в виде трех основных процессов: процесс зарождения ПГО (0 - 560 мс); процесс формирования (560 - 5000 мс); процесс распространения ПГО в атмосфере карьера (5 - 30 с). Установлены экспериментальные зависимости изменения скорости движения ПГО от массы заряда ВВ в интервале времени 50 - 500 мс, доказано, что в интервале 300-й мс процесса выхода взрывных газов из скважины проявляется "эффект теплового скачка" скорости ПГО, который является следствием догорания остатков ВВ в атмосфере. На рис. 1. приведены графики изменения скорости движения ПГО в атмосфере карьера от массы заряда ВВ и даны уравнения, позволяющие определять скорость ПГО при взрыве зарядов ВВ массой до 150 т. Выполнен анализ кернов горных пород и исследование структуры массива взрывааемых уступов в карьере, что позволило установить связь механизма пылеобразования при массовых взрывах с природной и искусственной трещиноватостью массива, наличием перебура в скважинах. Различная трещиноватость массива приводит к возникновению при взрыве уступа зон активного пылеобразования в том числе в верхней 5-метровой части уступа.

Установлены (на примере карьеров Кривбасса) фактические концентрации пыли в ПГО, получены графики изменения средней концентрации пыли в ПГО во времени, на удалении 0,75 - 1,5 км от взрывааемого блока. Концентрация пыли в ПГО изменяется в пределах от 700 мг/куб.м в центре ПГО до

0,4 мг/куб.м по его периферии в зависимости от метеорологических условий, скорости ветра, места отбора пыли и массы взрываемого заряда ВВ.

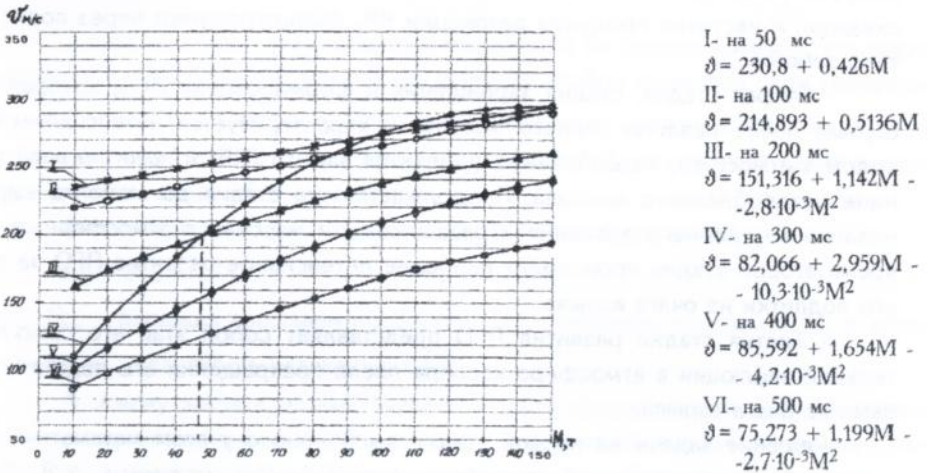


Рис. 1. Зависимость изменения скорости движения ПГО в атмосфере карьера от массы заряда ВВ

Результаты исследований фракционного состава осевшей пыли на удалении 50-120 м от взрываемого блока, показали, что в выпавшей на грунт из пылегазового облака пыли содержится 50-70% фракций крупностью менее 10мкм, 30-40% фракций крупностью 10-25 мкм. Содержание пыли крупностью свыше 50мкм незначительное и не превышает 1,5%.

Изучен фракционный состав пыли в ПГО на удалении 1-1,5 км от места взрыва, который позволяет оперативно определять размер частиц и их процентное содержание. Установлено, что количество частиц пыли респираторной фракции (менее 10 мкм) составляет 44,19%, в том числе фракции менее 5 мкм - 22,15%, менее 1 мкм - 6,28%.

Сформулированы основные требования к способам и техническим средствам борьбы с ПГО с учетом выявленных физических и газодинамических процессов происходящих в атмосфере при массовом взрыве в карьере.

Третья глава посвящена разработке математической модели процесса формирования ПГО при взрывных работах в карьере, методики расчета газодинамических параметров ПГО и программного обеспечения для реализации методов расчета на ЭВМ.

В гидродинамической постановке задача зарождения и формирования ПГО разбита на три стадии:

- Первая, начальная стадия, во время которой в атмосферу поступают сыпучие вещества забоек, которые выталкиваются высоким давлением из скважин, и частично продукты детонации ВВ, фильтрующиеся через пористое тело забойки.

- Вторая стадия, стадия зарождения и формирования ПГО, которая наступает после разлома горного массива и характеризуется интенсивным выходом в атмосферу газообразных продуктов взрыва (ПВ) и пыли по всей границе раздробленного массива. Продолжается эта стадия до момента выравнивания внутреннего давления в разрыхленном массиве с атмосферным. Во время второй стадии происходит наиболее интенсивное развитие ПГО за счет его подпитки из очага взрыва.

- Третья стадия развития ПГО представляет собой этап его самостоятельной эволюции в атмосфере карьера после прекращения его подпитки газами из очага взрыва.

Решение задачи на первой стадии выполнено с учетом математической модели "пластичного газа", разработанной Х.А. Рахматулиным, А.Я. Сагомоняном, при этом начальное значение скорости движения нижнего торца забойки скважины определяется по уравнению

$$\dot{x}_{0н} = \sqrt{\frac{(P_n - P_a)(1 - b_{сн})}{\rho_a}} \quad (1)$$

а уравнение движения забойки имеет вид

$$\ddot{x}_0 = \frac{A}{\rho_a A_1} [P_0(t)e^{-Al_3} - P_3(t) + \frac{B}{A}] \quad (2)$$

где $A_1 = 1 - e^{-Al_3}$; ρ_a - исходная плотность сыпучего материала забойки; P_n - начальное давление в скважине; P_a - атмосферное давление; P_3 - давление на торце выходящей забойки; $b_{сн} = \rho_a / \rho_s$ отношение плотностей забойки при переходе через ударную волну; l_3 - длина забойки;

$$A = \frac{2f_{мп} (1-\mu)}{R (1+\mu)}, \quad B = \frac{2f_{мп} \tau_s}{R (1+\mu)} - \rho_a g$$

$f_{мп}$ - коэффициент трения забойки по стенке скважины; R - радиус скважины; $\mu = \sin \theta$, где θ - угол внутреннего трения сыпучей среды; $\tau_s = 2k \cos \theta$, где k - коэффициент сцепления сыпучего материала забойки.

Расчетным путем доказано, что процесс расширения продуктов взрыва ВВ в скважине в период от взрыва до момента разлома массива является

адиабатическим, что позволило определить параметры давления, плотности и температуры продуктов взрыва (ПВ) в полостях массива в момент его разлома.

Решение второй стадии задачи базируется на предположении, что после разлома раздробленный массив представляет собой пористый слой толщиной h_c , в полостях которого находятся газообразные продукты взрыва. Нижняя граница этого слоя предполагается непроницаемой, на верхней границе происходит истечение ПВ в атмосферу.

Секундный расход продуктов взрыва в атмосферу равен

$$\dot{m}_T = \rho_{T0} U_T S_{Bz} \quad , \quad (3)$$

где S_{Bz} - площадь взрываемого блока; U_T - скорость истечения ПВ в атмосферу; ρ_{T0} - плотность истекающих ПВ.

В основу расчета математической модели формирования ПГО положены уравнения термодинамики для системы с переменной массой, а именно : пылегазовое облако рассматривается как некоторый объем переменной величины, который находится в состоянии тепло- и массообмена с окружающей средой. Массообмен состоит в подпитке этого объема от очага взрыва и эжекции воздуха из окружающей среды за счет турбулентного перемешивания. Энергетический обмен осуществляется как за счет подпитки массы от очага взрыва и эжекции окружающего воздуха, так и за счет теплообмена с окружающей атмосферой. С учетом вышеизложенного уравнение энергии для системы переменной массы имеет вид

$$\frac{dV}{dt} = \frac{k-1}{kP} (i_T \dot{M}_T + i_B \dot{M}_B + \dot{Q} + \frac{\rho V}{(k-1)^2} \frac{dk}{dt}) - \frac{V}{kP} \frac{dP}{dt} \quad , \quad (4)$$

где: V - текущий объем облака; P - среднее давление внутри облака; \dot{M}_T и i_T - секундная масса и энтальпия ПД, поступающих из очага взрыва; \dot{M}_B и i_B - секундная масса и энтальпия эжектируемого воздуха; \dot{Q} - общий приток тепла в результате всех видов теплообмена с окружающей средой, а также за счет догорания в атмосфере остатков непродетонировавшего ВВ. $k = C_p / C_v$, где C_p и C_v - теплоемкости смеси продуктов детонации и воздуха при постоянном давлении и постоянном объеме в облаке.

Объем ПГО на начальном этапе

$$V_1 = V_{сф.с} = \pi h / 6 (h^2 + 3R_H^2) \quad ; \quad (5)$$

на этапе формирования струи -

$V_2 = V_{\text{сф.с}} + V_{\text{у.к}} = \pi h/6 (h^2 + 3R_B^2) + \pi h/3 (R_B^2 + R_B R_H + R_H^2)$, (6)
 где h - высота ПГО; R_H - радиус основания ПГО; $V_{\text{сф.с}}$ - объем ПГО в виде сферического сегмента; $V_{\text{у.к}}$ - объем ПГО в виде усеченного конуса.

Согласно теоремы об изменении импульса для вертикального движения ПГО, средняя скорость его подъема описывается уравнением

$$d/dt (M_{\text{у.к}}) = \dot{M}_{\text{у.к}} - (\rho - \rho_B)gV - 1/2 C_x \rho_{\text{об}} \pi R_B^2 u_{\text{ср}}^2 - X_p, \quad (7)$$

где первый член справа $\dot{M}_{\text{у.к}}$ - означает количество движения ПД, поступающее в единицу времени в ПГО через нижнее основание; второй член справа выражает силу плавучести за счет отличия плотности ПГО ρ от окружающей среды ρ_B ; третий член дает силу сопротивления движению облака в атмосфере, а четвертый X_p - учитывает сопротивление за счет тормозящего воздействия твердой фракции в ПГО. Разработанная математическая модель ПГО реализована в виде программы расчета на ПЭВМ основных параметров облака на языке Turbo Basic. И позволяет определять газодинамические параметры ПГО от момента зарождения до момента прекращения поступления в него продуктов детонации массового взрыва из раздробленного массива.

Четвертая глава посвящена разработке способа и технических средств активного пылегазоподавления при взрывных работах в карьере, методов расчета основных параметров гидроструй для борьбы с ПГО.

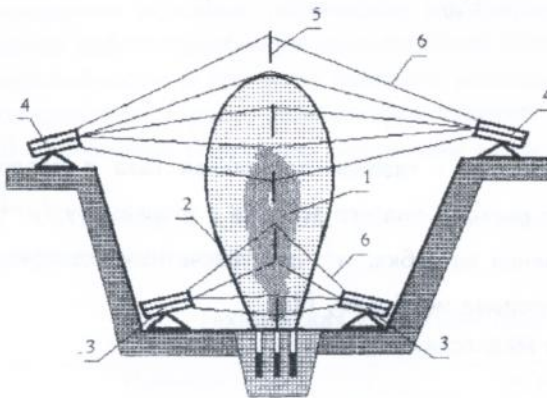
Предложен способ подавления пылегазового облака в карьере, заключающийся в использовании для пылегазоподавления энергии высоконапорных гидроструй, направляемых с разных сторон в эпицентр пылегазового облака для нейтрализации теплового и динамического потенциала ПГО в начальной стадии его зарождения.

На рис.2. приведена общая схема способа активного пылегазоподавления при массовых взрывах в карьерах.

Разработаны экспериментальные устройства подавления ПГО пневматического типа (УПП) и ударно-гидродинамического типа (УГД), обеспечивающие направленный выброс гидроструй в эпицентр ПГО. Устройство УПП обеспечивает выброс высоконапорных гидроструй с использованием энергии сжатого воздуха, устройство УГД - энергией порохового заряда ВВ. Схемы устройств приведены на рис.3.

Разработана и реализована на ПЭВМ методика расчета пневмогидровыброса из устройства УПП, которая включает решение следующих задач: расчет параметров истечения газа из емкости высокого давления; расчет пара-

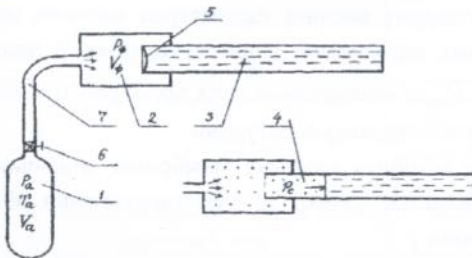
метров наполнения форкамеры устройства до разрыва мембраны; расчет параметров газа в канале ствола и скорости выталкивания воды.



1-Эпицентр ПГО;
2-Условная оболочка ПГО;3-Устройства для формирования высоконапорных гидроструй нижнего уровня;4- Устройства для формирования высоконапорных гидроструй верхнего уровня; 5-Условная граница соударения гидроструй в эпицентре ПГО; 6-Высоконапорные струи жидкого агента.

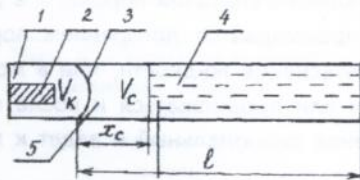
Рис. 2. Способ активного пылегазоподавления при взрывных работах в карьере

а)



1 - баллон сжатого воздуха; 2 - форкамера; 3 - ствол, заполненный водой; 4 - полость ствола, заполненная сжатым воздухом в период вытеснения; 5 - разделительная мембрана; 6 - пиропатрон в головке - затворе баллона; 7 - соединительный патрубков;

б)



1 - зарядная камера; 2 - пороховой патрон; 3 - разрывная мембрана; 4 - жидкая пробка; 5 - вытесняемый объем V_c .

Рис.3. Схемы устройств активного подавления ПГО
а - устройство УПП; б - устройство УАП

Время прорыва мембраны определяется по выражению

$$t_{\text{пр}} = \frac{1}{\beta} \left\{ \left[1 - \frac{V_{\text{ф}}}{V_{\text{а}}} \left(\frac{P_{\text{пр}} - P_{\text{ф0}}}{P_{\text{а0}}} \right) \right]^{-(k-1)/2k} - 1 \right\} \quad (8)$$

$$\beta = \frac{(k-1)\mu mfR \sqrt{T_{\text{а0}}}}{2V_{\text{а0}}}$$

где k - показатель адиабаты; R - газовая постоянная газа в баллонах, Дж/кг·К; μ - коэффициент расхода сжатого воздуха в форкамеру ($\mu=0,7$); f - площадь выходного сечения патрубка, м²; m - расчетный коэффициент истечения; $P_{\text{пр}}$ - давление прорыва мембраны, Па

Время полного выхода жидкости из ствола

$$t_{\text{вых}} = \frac{\sqrt{\pi} l}{\sqrt{2CU_0}} \quad , \quad U_0 = (P_{\text{с}} - P_{\infty}) / \rho_0 C \quad , \quad (9)$$

где l - длина ствола, м; C - скорость звука в жидкости, м/с; P_{∞} - давление жидкости на выходном сечении ствола ($P_{\infty} = P_{\text{атм}}$), Па; ρ_0 - плотность жидкости, кг/м³.

Разработана и реализована на ПЭВМ методика расчета гидровыстрела из устройства УГД, которая решает задачу расчета параметров метания жидкой струи в зависимости от исходных параметров устройства, объема зарядной камеры $V_{\text{к}}$, давления прорыва $P_{\text{пр}}$, мощности и типа порохового заряда ВВ. Методика позволяет рассчитывать следующие ситуации :

а) порох полностью сгорает к моменту разрыва мембраны, в дальнейшем вытеснение жидкости осуществляется только за счет расширения образовавшихся продуктов сгорания пороха ;

б) прорыв мембраны происходит до полного сгорания пороха, и в дальнейшем процесс вытеснения жидкости сопровождается догоранием пороха, которое может оканчиваться до полного вытеснения жидкости, или в момент полного освобождения ствола от жидкости или продолжаться и после освобождения ствола. Последний случай наименее рациональный и ведет к перерасходу ВВ.

Пятая глава посвящена разработке и промышленной апробации системы активного пылегазоподавления при массовых взрывах в карьере. Создана экспериментальная система активного подавления пылегазового облака (САП ПГО), включающая устройство пневмогидровыброса (УПП), гидровыстрела

(УГД) и устройство для метания жидких агентов взрывом (УАП), которая реализуется на практике научную идею предложенного способа подавления ПГО.

Проведены полигонные и промышленные испытания системы САП ПГО, определены основные технические характеристики устройств системы, дана оценка работоспособности разработанной схемы дистанционного управления гидровыбросом и проведен комплекс исследований параметров выброса газожидкостных струй с применением сжатого воздуха и пороховых зарядов ВВ. Полученные результаты оформлены актами полигонных и промышленных испытаний.

В таблице 1 приведена техническая характеристика разработанной экспериментальной системы.

Таблица 1

Техническая характеристика экспериментальной системы САП ПГО

Параметры	Тип устройства			Система САП ПГО
	УПП	УАП	УГД	
Объем жидкого агента, м ³	4,62	22	0,5	27,12
Дальнобойность струи, м	100	50	40	40 - 100
Начальная скорость струи, м/с	130	200	200	150 - 200
Площадь зоны пылегазоподавления, м ²	800	500	100	1400
Объем зоны орошения, м ³	1400	900	200	2500
Время выброса агента, мс	250	200	150	150 - 250
Источник энергии выброса	сжатый воздух	заряд ВВ граммонит 79/21 ГС	пороховой заряд ПК-7-Т; ПК-16	комбинированный
Расход энергетических материалов	14 баллонов по 40л с давлением 150 ат	10 - 30 кг ВВ	185 - 200 г пороха на 1 ствол	---
Достижимая дисперсность капель агента (расчетная), мкм	до 30	от 5000 до 18	до 10	от 5000 до 10
Способ управления гидровыбросом	дистанционный	дистанционный	дистанционный	дистанционный
Число обслуживающего персонала	2	2	2	4
Габаритные размеры, м				
длина	5,2	5	2,5	-
ширина	3,5	3,5	1,5	-
высота	3,2	3	1,7	-
Вес конструкции, т	10	12	2	24

Установлено, что система САП ПГО обеспечивает снижение высоты подъема ПГО в 1,3 - 5 раз, а вертикальной скорости движения ПГО в 1,8 - 2 раза, что позволяет рекомендовать ее для активного подавления ПГО в ка-

рывах при взрывах зарядов ВВ массой до 20 т. С уменьшением массы взрываемого заряда ВВ эффективность активного подавления ПГО возрастает.

Проведено сопоставление расчетных параметров гидроструи с данными натурального эксперимента, установлено отклонение значений дальности, площади сечения и объема гидроструи на 5 - 15%, а значений скорости на 10 - 15%, что позволяет рекомендовать разработанные методы расчета для практического применения. Примеры сопоставления приведены на рис.4.

Площадь поперечного сечения струи

Объем струи

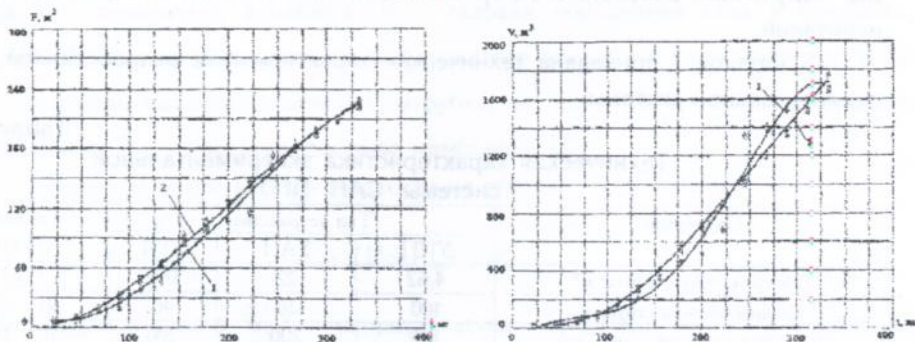


Рис.4. Сопоставление экспериментальных и расчетных параметров гидроструи системы САП ПГО (1 - эксперимент; 2 - расчет)

Шестая глава посвящена экологической оценке последствий загрязнения окружающей среды при массовых взрывах в карьерах.

Разработана методика биоэкологической оценки состояния фитоценозов техногенных территорий ГОКа на основании предложенного комплекса биоэкологических показателей акации белой, а именно : частоты aberrаций хромосом, леталии зародышей семян, количество хлорофилла и активности пероксидазы листьев. Дана биоиндикационная характеристика окружающей среды в зоне Первомайского карьера СевГОКа. Для общей количественной оценки степени нарушенности почв и растений по всем биологическим и другим показателям введено понятие интегрального показателя экологической напряженности - ИПЭН. Интегральный показатель экологической напряженности вычисляется как сумма коэффициента дисбаланса элементов и абсолютных величин отклонений от контроля каждого конкретного биологического показателя. ИПЭН может быть выражен либо относительной величиной, либо в процентах.

$$\text{ИПЭН} = C_d + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\left| \frac{\Pi_i}{\Pi_k} - 1 \right| \right), \quad (10)$$

где C_d - коэффициент дисбаланса элементов; Π_i - величина конкретного полученного биологического показателя; Π_k - значение данного показателя в контроле.

Составлена таблица значений концентраций элементов в листьях растений и почве, характерных для Кривбасса, по 17-ти элементам определен спектр загрязнения металлами растений и почв в сопоставлении с химическим составом ПГО. Установлено, что наличие пыли ПГО в почве в соотношении 100 мг на 1 кг грунта приводит к угнетению биологической активности почвенных ферментов (уреазы и инвертазы) на 13-14%, что снижает способность почв к самоочищению. На примере выращивания сельскохозяйственных культур ячменя и сои дана оценка токсичности пыли ПГО; установлено, что с повышением в грунте содержания физической глины на 20% токсичность пыли возрастает в 1,7 - 2,6 раза. С учетом розы ветров выполнен прогноз загрязнения территорий в районе Первомайского карьера СевГОКа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе дано теоретическое обобщение и новое решение актуальной научной задачи, заключающейся в установлении закономерностей зарождения, формирования и распространения в окружающей среде пылегазового облака при массовом взрыве в карьере, создании математической модели формирования и развития водо-воздушных струй при пневмогидровыбросе и разработки на их основе технической системы активного подавления пылегазового облака и методики биоэкологической оценки загрязнения почв и растений в зоне открытых горных работ, что имеет важное значение в области инженерной экологии и безопасности жизнедеятельности.

Основные выводы, научные и практические результаты заключаются в следующем :

1. На основе натурных исследований установлены основные закономерности процессов зарождения и формирования пылегазового облака при массовом взрыве в атмосфере карьера. Установлен "эффект теплового скачка" скорости ПГО при его зарождении, который проявляется в интервале 300-й мс процесса выхода взрывных газов из скважин и является следствием догорания остатков ВВ в атмосфере карьера.

2. Сформулированы основные требования к способам и техническим средствам борьбы с ПГО в следующем виде:

- скорость и энергия гидроструй для подавления ПГО должны быть сопоставимы с динамическими параметрами облака и, в лучшем случае превышать их;

- время подавления ПГО должно соответствовать времени зарождения эпицентра ПГО, процесс подавления должен быть активным и осуществлен в период 250 - 300 мс;

- устройства подавления ПГО должны обеспечивать разрушение оболочки ПГО, нейтрализацию его динамического и теплового потенциала и локализацию эпицентра.

3. Установлено, что процесс пылеобразования при массовых взрывах в карьерах связан с природной и искусственной трещиноватостью массива, наличием перебура в скважинах, что приводит к возникновению при взрыве уступа зон активного пылеобразования. Получена гистограмма и кумулятивная кривая, отражающие фракционный состав пыли в ПГО; установлено, что количество частиц пыли респираторной фракции составляет 22,15%, в том числе фракции менее 1 мкм - 6,28%.

4. Разработана математическая модель истечения газа через пористый слой раздробленного массива, позволяющая рассчитать начальную скорость и давление продуктов взрыва при выходе ПГО в атмосферу, а также математическая модель формирования ПГО в атмосфере, позволяющая определять объем и абсолютные размеры ПГО в функции времени с учетом тормозящего воздействия пылевой фракции на движение ПГО.

5. Разработан способ подавления пылегазового облака в карьере, заключающийся в использовании энергии высоконапорных гидроструй, направляемых в эпицентр ПГО на стадии его зарождения и формирования, что позволяет разрушить оболочку ПГО, снизить высоту и скорость подъема облака в атмосфере карьера.

6. Разработана методика расчета параметров метания жидкой струи сжатым воздухом, включающая расчет параметров истечения сжатого газа из баллона высокого давления, расчет параметров наполнения ствола, расчет параметров газа в канале ствола и скорости истечения гидроструи в атмосферу. Разработана методика расчета параметров метания жидкой струи пороховым зарядом, позволяющая определять параметры газа в зарядной камере ствола и скорость истечения жидкости из ствола в атмосферу.

7. Создана экспериментальная система активного подавления пылегазового облака (САП ПГО), которая реализует на практике научную идею предложенного способа подавления ПГО по А.С.№ 1493796 и проведены ее полигонные испытания. Полученные результаты оформлены актом полигонных испытаний от 29.05.96.

8. Проведены промышленные испытания системы САП ПГО в карьере Рыбальский предприятия "Харьковвзрывпром", результаты оформлены актом

испытаний от 16.06.96. Разработаны и внедрены в проектном институте "Укргипроруда" "Рекомендации по защите атмосферы на карьерах от пылегазовых выбросов при взрывных работах" (акт внедрения от 22.07.96).

9. Предложен интегральный показатель экологической напряженности в зоне открытых горных работ. Дана биоиндикационная характеристика окружающей среды в зоне Первомайского карьера СевГОКа и выполнен прогноз загрязнения территории с учетом розы ветров, составлена таблица фоновых значений концентраций химических элементов в листьях растений и почве.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

1. А.с. № 1493796, СССР. Способ подавления пылегазового облака в карьере./А.В. Зберовский, И.М. Абдурагимов, В.В. Дубей, А.И. Гетало и др. - опубл. в Б.И. 1989. - № 11. - С.151.

2. А.с. № 1446339, СССР. Устройство для подавления пылегазового облака в карьерах./ А.В. Зберовский, Н.Ф.Кременчуцкий, В.В. Дубей, А.И. Гетало, В.Д. Хомасуридзе. - опубл. в Б.И. 1988. - № 47. - С.160.

3. Дубей В.В. Способ защиты окружающей среды при массовых взрывах в карьерах. В кн. "Экологические проблемы горного производства, переработка и размещение отходов", //Тез.докл. II научн. техн. конф. - М., 1995. - С. 98.

4. Зберовский А.В., Дубей В.В. Способ и устройство для интенсификации естественного проветривания на карьерах // Инф. листок о научно - техническом достижении. - Запорожье, ЦНТИ, 1986.

5. А.В. Зберовский, А.И. Гетало, В.В. Дубей. К вопросу защиты окружающей среды при добыче горючих сланцев открытым способом // В кн. "Вопросы совершенствования технологии и комплексной механизации добычи и переработки горючих сланцев", Тез.докл. VIII республ. науч. - тех. конф. - Кохтла - Ярва, 1986. - С. 20.

6. А.В. Зберовский, Н.Ф. Кременчуцкий, В.В. Дубей. Перспективы применения воздушных и водовоздушных завес для проветривания карьеров и охраны окружающей среды // Тез. докл. IX Всесоюзн. научн. конф. - М., 1987. - С.159.

7. А.В. Зберовский, О.Г. Гоман, В.В. Дубей, Е.А. Кириченко. Разработка математических моделей гидродинамических способов активного подавления пылегазовых выбросов при взрывных работах в карьерах // Тез. докл. II междунаrodn. НТК. - М., 1995. - С.96-97.

8. В.В. Дубей, А.В. Зберовский, Б.Е. Собко. Система активного подавления взрывных пылегазовых выбросов в атмосфере карьера // Тез. докл. международн. конф. "Воздух - 95". - С.П., 1995. - С.204.

9. А.В. Зберовский, В.В. Дубей, О.Г. Гоман, Н.Н. Лычагин, Н.В. Матысина. Теоретическая модель истечения продуктов взрыва из скважины в окружающую среду // Тез. докл. международн. конф. "Экологические проблемы промышленного региона". - Макеевка, 1995. - С.8-9.

10. А.В. Зберовский, В.В. Дубей, О.Г. Гоман, Е.А. Кириченко. Разработка алгоритма расчета гидровыброса в технических устройствах защиты окружающей среды при взрывных работах на карьерах // Тез. докл. международн. конф. "Экологические проблемы промышленного региона". - Макеевка, 1995. - С.10.

11. А.В. Зберовский, В.В. Дубей, Б.Е. Собко. Создание активных способов защиты окружающей среды при взрывных работах на карьерах // Тез. докл. международн. конф. "Экологические проблемы промышленного региона". - Макеевка, 1995. - С.14.

12. А.В. Зберовский, В.В. Дубей. Эколога - экономическая оценка взрывных работ в карьерах // Тез. докл. III международн. НТК "Проблемы экологического мониторинга и охраны труда". - Севастополь, 1995. - С.108-109.

13. А.В. Зберовский, В.В. Дубей, О.Г. Гоман, Н.В. Матысина. Математическая модель развития пылегазового облака в окружающей среде при взрыве в карьере // Тез. докл. международн. конф. "Экологические проблемы промышленного региона". - Макеевка, 1995. - С.9-10.

14. А.В. Зберовский, Н.Ф. Кременчуцкий, В.В. Дубей. Физические процессы и механизм образования пылегазового облака в атмосфере при массовых взрывах на карьерах // Тез. докл. международн. конф. "Экологические проблемы промышленного региона". - Макеевка, 1995. - С.14-15.

15. А.В. Зберовский, В.В. Дубей, О.Г. Гоман, Е.А. Кириченко. Расчет параметров распыленных газожидкостных струй в системах подавления пылегазового облака при взрывах в карьерах // Материалы V научн. конф. ученых России, Белоруссии и Украины "Прикладные проблемы механики жидкости и газа". - Севастополь, 1996. - С.31.

16. О.Г. Гоман, А.В. Зберовский, Н.Н. Лычагин, В.В. Дубей. Численное моделирование процесса активного пылегазоподавления при массовых взрывах в карьерах // Материалы V научн. конф. ученых России, Белоруссии и Украины "Прикладные проблемы механики жидкости и газа". - Севастополь, 1996. - С.37.

Личный вклад автора. В работах, опубликованных в соавторстве, соискателю принадлежат следующие результаты: в работах / 1, 2, 8, 11/ - разработка конструкций устройств и расчетное обоснование способа подавления ПГО; в статьях / 4, 5, 6, 10, 15/ - разработка математических моделей процессов развития водо-воздушных струй в атмосфере при пневмовыбросе и гидровыстреле; / 7, 9, 13, 14, 16/ - натурные исследования, графоаналитическая обработка кинограмм экспериментов; /11/ - анализ и эколого - экономическая оценка последствий загрязнения окружающей среды выбросами ПГО.

ANNOTATION

Dubey V.V. The development of the system to suppress actively the outbursts of dust and gas.

Dissertation for a degree of candidate of science on the speciality: 05.26.05 "Environment Engineering", 05.26.01 "Occupational Safety", State Mining University of Ukraine, Dnepropetrovsk, Ukraine, 1996.

The thesis is devoted to origin, formation and distribution of the dust and gas during the explosions in the open pit mining.

The method of bioecological estimation of soils and plants in the area of open pit mining has been developed.

The general estimation of pollution of agricultural areas has been calculated.

The technics of the development of the system to suppress actively the outbursts of dust and gas are presented.

This method is recommended for dust and gas outburst predictions during the explosions of 20 tonn equivalent.

АНОТАЦІЯ

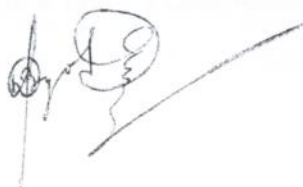
Дубей В.В. Розробка системи активного пилогазоподавлення при масових вибухах в кар'єрах. Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук за спеціальностями: 05.26.05 - "Інженерна екологія", 05.26.01 - "Охорона праці". Державна гірнична академія України. Дніпропетровськ, 1996.

Захищаються закономірності зародження, формування та розповсюдження в оточуючому середовищі пилогозової хмари (ПГХ) при масовому вибусі в кар'єрі, математичні моделі формування та розвитку водо-повітряних струменів при пневмогідровикидах та технічна система активного подавлення пилогозової хмари; методика біоекологічної оцінки забруднення ґрунтів та рослин у зоні відкритих гірничних робіт.

Встановлено, що швидкість руху ПГХ визначається масою вибухівного заряду ВР та в період до 200 мс змінюється за лінійним законом, а в наступний період за квадратичною залежністю. Догорання залишків ВР в атмосфері супроводжується "тепловим стрибком" швидкості ПГХ в інтервалі 300-ї мілісекунди процесу, що дозволяє визначити ефективний інтервал часу подавлення ПГХ. Біоекологічна небезпечність ПГХ пов'язана з її хімічним та гранулометричним складом, який в умовах залізнорудних кар'єрів Кривбасу характеризується 44,2 % складу фракцій пилу менше, ніж 10 мкм, наявністю отруйних елементів Pb, Mn, Cr, ..., та визначається інтегральним показником екологічної напруженості (ІПЕН), який дозволяє дати загальну кількісну оцінку рівня забруднення рослин та ґрунтів з врахуванням токсичності пилу ПГХ, а також розміри сільськогосподарських угідь з порушеним ґрунтовим балансом. Проведені промислові випробування системи активного подавлення пилогозової хмари в кар'єрі Рибальський підприємства "Харківвибухпром". Встановлено, що система забезпечує зниження висоти підйому ПГХ в 1,3 - 5 раз, вертикальної швидкості руху ПГХ в 1,8 - 2 рази, що дозволяє рекомендувати її для активного подавлення ПГХ у кар'єрах при вибухах зарядів ВР масою до 20 т. Розроблені і впроваджені в проєктному інституті "Укрґіпроруда" "Рекомендації по захисту атмосфери на кар'єрах від пилогозових викидів при вибухових роботах".

Опубліковано 16 друкованих робіт, у тому числі 2 авторських свідоцтва.

КЛЮЧОВІ СЛОВА : МАСОВИЙ ВИБУХ, ПИЛОГАЗОВА ХМАРА, ПНЕВМОГІДРОВИКИД, ГІДРОПОСТРІЛ, ПИЛОГАЗОПОДАВЛЕННЯ, ЗАБРУДНЕННЯ ГРУНТІВ, СКЛАД ПИЛУ, БІОЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА, ФІТОТОКСИЧНІСТЬ ПИЛУ, БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ.



ДУБЕЙ Владимир Владимирович

Разработка системы активного пылегазоподавления
при массовых взрывах в карьерах

05.26.05 - "Инженерная экология"
05.26.01 - "Охрана труда"

Подписано к печати 25.11.96. Формат 60 x 84/ 16.
Бумага тилотр. №2. Печать ризограф. Уч.-изд.л. 1,0.
Зак. № 11. Тираж 100 экз. Бесплатно.

ГНПП "Системные технологии",
320635, Днепропетровск, пр. Гагарина, 4

438450

AB 36.300