

А.А. Юрченко

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ МАССОВЫХ ВЗРЫВОВ В КАРЬЕРАХ ПО ПЫЛЕВОМУ ФАКТОРУ

Приведены результаты теоретических исследований параметров орошения пылевого облака при массовых взрывах в карьерах. Установлены их значения, при которых концентрация пыли в облаке снизится до санитарных норм в границах санитарно-защитной зоны карьера.

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ВИБУХІВ У КАР'ЄРАХ ЗА ПИЛОВИМ ЧИННИКОМ

Наведено результати теоретичних досліджень параметрів зрошування пилової хмари при масових вибухах у кар'єрах. Встановлено їх значення, при яких концентрація пилу знизиться до санітарних норм у межах санітарно-захисної зони кар'єру.

METHODS RESEARCH OF ECOLOGICAL SAFETY INCREASING OF LARGE-SCALE BLASTING IN QUARRIES BY THE DUST FACTOR

Results of theoretical researches of parameters of dust borne cloud irrigation at mass explosions in quarries are presented. Their values at that concentration of dust in a cloud will go down to the sanitary norms within bounds of sanitary protective zone of quarry are established.

ВВЕДЕНИЕ

Экологическая опасность массовых взрывов в карьерах определяется, в первую очередь, высоким уровнем приземных концентраций загрязняющих веществ, включая пыль, за границами санитарно-защитной зоны этих карьеров. Наиболее эффективным способом подавления пылегазового облака является его орошение при самых разнообразных средствах доставки орошаемой жидкости в точку разбрызгивания. При этом важнейшими вопросами для снижения выбросов является определение необходимого количества орошаемой жидкости, чаще всего воды, ее степень диспергирования, определение параметров

скважинных зарядов, при которых объем выбросов будет минимальным, а также оценка снижения при этом экологической нагрузки на прилегающие территории.

В настоящей работе поставлена задача исследования взаимосвязи между параметрами орошения пылегазового облака после массовых взрывов в карьерах, параметрами скважинных зарядов, дальности рассеивания образовавшегося пылевого облака и влияния их на экологическую безопасность прилегающих к карьере территорий.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Оценку экологического риска по степени воздействия неблагоприятного фактора

на здоровье человека, согласно методическим указаниям МОЗ Украины [1], осуществляют путем сравнения фактических уровней экспозиции загрязнителя с безопасными (референтными) уровнями влияния и определением коэффициента опасности как отношения

$$HQ = AD / RfD,$$

где HQ – коэффициент опасности;

AD – средняя концентрация, мг/м³;

RfD – референтная (безопасная) концентрация, мг/м³.

Полученная кратность отклонения содержания загрязнителя от референтной концентрации определяет фактическую степень экологической опасности, например, источника пыли, газа или другого загрязнителя для здоровья населения в выбранных точках территории воздействия выброса этого загрязнителя. При этом кри-

терием неканцерогенного риска для здоровья населения выступает коэффициент опасности (HQ), который определяют по таблице критериев (табл. 1).

В случае загрязнения атмосферы пылью от массовых взрывов в карьерах на расстояниях до 2 – 3 км от эпицентра взрыва практически всегда коэффициент опасности $HQ > 1$ и вероятность развития вредных эффектов возрастает пропорционально увеличению значения HQ .

Для снижения коэффициента опасности (HQ) при массовых взрывах в карьерах нами предложены ряд мероприятий, которые основаны на орошении пылегазового облака в целом, оптимизации параметров скважинных зарядов, а также применении усовершенствованной конструкции забойки с использованием резиновой пробки с анкерным устройством.

КРИТЕРИИ НЕКАНЦЕРОГЕННОГО РИСКА

Таблица 1

Характеристика риска	Коэффициент опасности (HQ)
Риск возникновения вредных эффектов рассматривают как пренебрежимо малый	< 1
Предельная величина, которая не требует срочных мероприятий, однако не может рассматриваться как довольно приемлемая	1
Вероятность развития вредных эффектов возрастает пропорционально увеличению HQ	> 1

В работах [2 – 6], посвященных анализу орошения как процесса, при котором происходит прочёсывание пылевого облака падающими каплями жидкости, предполагается, что поток воздуха стационарен относительно капли, массовая концентрация пыли не влияет на движение воздуха и на движение каждой из частиц, размер капель намного больше размера частиц пыли, форма частиц сферическая и т.д.

Скорость движения капель жидкости в процессе орошения облака обусловлена силами гравитации и зависит от их диаметра. При движении капель воды в гравитационном поле их скорость отличается от

скорости осаждения пылевых частиц, начиная с размера капель $r \geq 0,4$ мм [2,7]. С увеличением размера капли растет скорость ее падения. При $r > 2$ мм увеличение скорости прекращается из-за деформации капель, которая при $r = 2,5 – 3$ мм приводит к их разрыву.

Захват частиц каплями жидкости (кинематическая коагуляция) зависит прежде всего от величины их относительной скорости движения

$$\omega = u - v,$$

где u – скорость осаждения пылевой частицы, м/с;

v – скорость осаждения капли воды, м/с.

Эффективность улавливания аэрозолей, согласно расчетам Фукса [7], прежде всего определяется размером частиц. В случае малых относительных скоростей для частиц пыли малых размеров (1 – 2 мкм) установлено, что чем крупнее капли, тем эффективность улавливания выше. Захват частиц каплями зависит от нескольких факторов. Здесь наряду с кинематической действует градиентная коагуляция

При совместном движении капель жидкости и твердых частиц на пылинку действуют силы тяжести и инерции, а также аэродинамические силы. При сближении пылинки с каплей на расстоянии 3 – 4 радиусов последней начинают действовать электростатические силы, а для мелких пылинок (менее 5 мкм) при небольших скоростях движения проявляются диффузионные силы.

Для эффективного улавливания витающих частиц диспергированной жидкостью необходимо выполнение четырех последовательных стадий:

- встреча пылинки с каплей на пути своего движения;
- соприкосновение пылинки с каплей;
- смачивание и захват пылинки каплей;
- соединение капли с уловленными пылинками.

Первая стадия процесса гидрообеспыливания орошением происходит при сближении (встрече) капли с частицей пыли до расстояний, на которых начинают действовать молекулярные силы (80 нм). На этой стадии на пылинку действуют инерционные, электростатические и аэродинамические силы.

Вторая стадия предполагает соприкосновение пылинки с каплей до возникновения прочного контакта между ними. В противном случае пылинка за счет эффекта аэродинамического и молекулярного обтекания отрывается от капли. Основное влияние при этом оказывают адгезионные, инерционные и молекулярные силы.

Процесс смачивания и захвата пылинки каплей характеризует третью стадию процесса. На этой стадии основную роль играют силы адгезии и инерции, а захват осуществляется в основном под действием силы гравитации частицы.

Четвертая стадия определяет оседание образовавшихся конгломератов пыль-капля за счет сил гравитации согласно закону Стокса.

В работе [8] получено следующее выражение для расчета эффективности пылеподавления путем орошения пылевого облака

$$\frac{dC}{C} = \frac{3}{2} m \frac{\omega \eta_{\Sigma}}{v d_k} dh, \quad (1)$$

где dC – часть потока пыли, захваченная каплями жидкости, мг/м³;

C – массовая концентрация пыли на входе в выделенный объем, мг/м³;

$m = V_{жс} / V_o$ – показатель орошения облака, как отношение объемных расходов жидкости и объема запыленного воздуха, м³/м³;

$\omega = u - v$ – относительная скорость осаждения капли воды и пылевой частицы, м/с, где u, v – скорость осаждения частиц пыли и капли воды соответственно, м/с;

η_{Σ} – коэффициент захвата пылевых частиц каплями воды;

d_r – диаметр капли, м;

h – высота запыленного объема, м.

После интегрирования (1) по всей высоте пылевого облака эффективность пылеулавливания η каплями жидкости определится как

$$\eta = 1 - \exp\left(-\frac{3}{2} m \frac{\omega H}{v d_k} \eta_{\Sigma}\right). \quad (2)$$

Согласно (2), эффективность пылеулавливания повышается при увеличении суммарного коэффициента захвата частиц сферической каплей η_{Σ} , высоты контакта жидкости с облаком H , относительной скорости движения капли и пылевой час-

тицы ω , показателя орошения облака m .

Для определения значений суммарного коэффициента захвата пылевой частицы сферической каплей жидкости по методике, изложенной в [8], необходимо установить поле осаждения в гравитационном поле каплей воды и пылевых частиц.

Для выбранных диаметров капель результаты расчетов скорости их осаждения

в стоксовской и надстоксовской областях приведены в табл. 2.

По этой же методике рассчитаем скорость осаждения частиц пылевого облака. Расчеты проводим для средних значений диаметров частиц различных фракций пылевого облака при массовом взрыве в железорудном карьере Кривбасса [6]. Результаты расчетов приведены в табл. 3.

СКОРОСТЬ ОСАЖДЕНИЯ КАПЕЛЬ ВОДЫ

Таблица 2

Диаметр капель, м	Скорость осаждения по Стоксу, $u = \frac{g\rho d_k^2}{18\mu}$, м/с	Число Рейнольдса $Re = \frac{\rho_0 u d_k}{\mu}$	Число Архимеда $Ar = \frac{d_k^3 \rho_0^2 (\rho - \rho_0) g}{\mu^2}$	Число Re для надстоксовских частиц $Re = \frac{Ar}{18 + 0,61\sqrt{Ar}}$	U , м/с, для надстоксовских частиц $u = \frac{Re \mu}{\rho_0 d_k}$
$20 \cdot 10^{-6}$	0,012	$0,016 < 1$	–	–	–
$50 \cdot 10^{-6}$	0,075	$0,25 < 1$	–	–	–
$100 \cdot 10^{-6}$	0,299	$1,07 > 1$	42,6	0,968	0,147
$300 \cdot 10^{-6}$	2,69	$5,32 > 1$	1150,2	29,73	1,50
$600 \cdot 10^{-6}$	10,76	$42,6 > 1$	9201,6	158,29	4,00
$1000 \cdot 10^{-6}$	29,90	$197,0 > 1$	42600,0	284,19	4,31
$1500 \cdot 10^{-6}$	67,28	$665,0 > 1$	143775,0	576,97	6,04
$2000 \cdot 10^{-6}$	119,60	$1576,3 > 1$	340800,0	926,59	7,03
$2500 \cdot 10^{-6}$	186,87	$3078,8 > 1$	665625,0	1290,57	7,83

СКОРОСТЬ ОСАЖДЕНИЯ ПЫЛЕВЫХ ЧАСТИЦ

Таблица 3

Показатель	Диаметр пылевых частиц						
	1	3	7	13	23	38	73
ϑ_{oc} , м/с	0,00012	0,00108	0,00587	0,0202	0,0633	0,173	0,638

Результаты расчетов суммарного коэффициента захвата пылевых частиц каплями воды представлены в табл. 4.

Техническими методами можно повышать эффективность пылеулавливания за счет повышения суммарного коэффициента захвата пылевых частиц сферической каплей и показателя орошения пыли, который определяется возможностями средств доставки жидкости. Остальные параметры в выражении (2) обусловлены технологией разрушения горного массива и аэродинамическими параметрами атмосферного

воздуха.

Следующим этапом проводимых исследований является определение необходимого количества воды для достижения эффективной очистки пылегазового облака от пыли при его орошении. Для этого из выражения (2) найдём значение показателя орошения пылегазового облака:

$$m = \ln \frac{1}{1 - \eta} \left(\frac{3}{2} \frac{\omega H}{\vartheta d_k} \eta \Sigma \right)^{-1} \quad (3)$$

Диаметр пылевых частиц, мкм	Диаметр капель, мкм								
	20	50	100	300	600	1000	1500	2000	2500
1	0,059	0,199	0,196	0,024	0,141	0,488	0,486	0,429	0,393
3	0,294	0,093	0,087	0,491	0,561	0,452	0,434	0,396	0,361
7	0,408	0,745	0,765	0,912	0,916	0,883	0,878	0,865	0,853
13	–	0,784	0,795	0,924	0,941	0,916	0,910	0,908	0,892
23	–	0,815	0,878	0,969	0,976	0,965	0,963	0,959	0,956
38	–	–	–	0,986	0,990	0,984	0,983	0,982	0,980
73	–	–	–	0,993	0,996	0,995	0,994	0,994	0,993

При этом оптимальным диаметром капель воды можно считать $d_k = 1000 - 1500$ мкм (1,0 – 1,5 мм), так как в этом случае суммарный коэффициент захвата мелкодисперсной (респирабельной) пыли будет максимальным [8].

Далее рассчитаем необходимый показатель орошения облака для заданных значений эффективности пылеулавливания. Затем для известного объема пылегазового облака можно рассчитать необходимый объем воды для орошения облака.

Проиллюстрируем предложенную методику на конкретном примере. Рассчитать необходимое количество воды для орошения пылегазового облака при массовом взрыве мощностью 500 т. При расчете используем следующие исходные данные:

– диаметр капель разбрызгиваемой воды $d_k = 1000 \cdot 10^{-6}$ м;

– суммарный коэффициент захвата пылевых частиц $\eta_{\Sigma} = 0,488$;

– объем пылегазового облака $V_{ПГО} = V \cdot L \cdot H = 18 \cdot 1900 \cdot 100 = 3420000$ м³;

– средняя концентрация пыли в облаке $C = 1400$ мг/м³;

– скорость осаждения тонкодисперсной пыли $u = 0,00012$ м/с;

– скорость осаждения капель воды $\vartheta = 4,31$ м/с;

– относительная скорость движения капель воды $\omega = 4,31$ м/с.

Зададимся рядом значений эффективности улавливания пыли каплями воды η от 0,1 до 0,9. Далее по выражению (3) для этих значений эффективности пылеулавливания рассчитываем необходимый показатель орошения пылевого облака m . Результаты расчетов сводим в табл. 5.

ЗАВИСИМОСТЬ ТРЕБУЕМОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ОРОШЕНИЯ ОБЛАКА
 ОТ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЫЛЕУЛАВЛИВАНИЯ

Таблица 5

η	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$m \cdot 10^6$	0,00143	0,00305	0,0049	0,00698	0,00947	0,0125	0,0164	0,022	0,0315

По этим данным, исходя из определения показателя орошения облака, объем воды для орошения облака определится как $V_{\text{жс}} = m \cdot V_{\text{ПГО}}$. Более информативным показателем является удельный расход воды для достижения желаемой эффективно-

сти пылеподавления $V_{\text{уд}}$, кг/кг. Он может быть определен как частное от деления требуемого расхода воды на общий выброс тонкодисперсной пыли при массовом взрыве. Результаты расчетов сводим в табл. 6.

η	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$V_{ж}, \text{ м}^3$	4,89	10,43	16,76	23,87	32,39	42,75	56,09	75,24	107,73
$V_{уд}, \text{ кг/кг}$	0,130	0,278	0,447	0,637	0,865	1,141	1,497	2,010	2,875

Уменьшить расход воды можно путем повышения коэффициента захвата пылевых частиц при добавлении в воду для орошения поверхностно активных веществ (ПАВ). Но решение этих задач в программе приведенных исследований не входило. Для этих же целей можно провести исследования по уменьшению расхода воды путем уменьшения диаметра капель разбрызгиваемой жидкости.

В работе [9] приведены результаты исследований снижения объемов выбросов пыли и газов при массовых взрывах в карьерах за счет оптимизации параметров скважинных зарядов. При этом оптимизировались удельный расход взрывчатых веществ (ВВ), соотношение длины забойки и диаметр скважины. Для условий Кривбасса при мощности массового взрыва 500 т оптимальные значения параметров составили: удельный расход ВВ – 0,65 кг/м³; диаметр скважин – 105 мм; соотношение длины забойки к длине заряда ВВ – 3. При этих значениях высота первичного пылегазового облака снизилась до 84,6 м, что на 20 – 30 м ниже обычной для такой мощности заряда ВВ, при удовлетворительном соблюдении требований по степени дробления горной массы, средний размер кусков которой оценен как 0,201 м. Относительная дальность рассеивания пылевых частиц различных фракций и облака в целом уменьшается на величину до 30%. Площадь рассеивания тонкодисперсной пыли с размером частиц 1 мкм снизилась в 1,64 раза и составила 17535 км².

В работе [10] предложена конструкция забойки скважинных зарядов, которая предусматривает дополнительно к штатной забойке использование резиновой пробки с

анкерным устройством, что позволяет регулировать величину суммарного сопротивления сил трения забойки выталкиваемому усилию продуктов детонации. Этим обеспечивается возможность задержки взрывных газов в скважине до начала разрушения массива и сдвижения пород. При этом энергия взрыва наиболее полно используется на разрушение горных пород, а скорость выброса продуктов детонации и забойки снижается. Высота подъема пылегазового облака и его объем уменьшаются из-за снижения начальной скорости его движения, что позволит локализовать выброс на меньшей площади и снизить загрязнение прилегающих территорий при его рассеивании.

Исходными данными для расчета оценки снижения экологической нагрузки на окружающую среду только за счет орошения пылевого облака после массового взрыва при нормальных метеорологических условиях являются параметры его рассеивания под действием бокового ветра. В количественных значениях они следующие:

- мощность массового взрыва – 500 т;
- средняя годовая скорость ветра – 5 м/с;
- в том числе: тонкодисперсной – 37463,3 кг;
- общая площадь рассеивания пыли – 28770,4 км²;
- в том числе грубодисперсной – 9,2 км²;
- дальность рассеивания пылевого облака – 739,6 км;
- в том числе грубодисперсной пыли – 4,4 км;
- средний валовой выброс пыли – 3,789 кг/км²;

– в том числе для грубодисперсной фракции – 7775,7 кг/км².

При орошении облака в зависимости от объема расходуемой жидкости можно достигнуть эффективности пылеподавления от 10 до 90%. При этом неподавленная пыль рассеивается под действием бокового ветра на те же расстояния, что и без применения орошения. Результаты расчетов средних значений валовых выбросов для общей площади рассеивания пыли и отдельно для тонкодисперсной фракции после орошения различным объемом воды ($V_{ж}$) представлены в табл. 7. При этом валовые выбросы

рассчитывались с учетом выражений

$$Q_{об} = Q_{об_i}(1 - \eta_i); \quad Q_T = Q_{T_i}(1 - \eta_i),$$

где $Q_{об_i} = 109000$ кг; $Q_{T_i} = 52886,8$ кг – соответственно значение выброса пыли в целом и тонкодисперсной фракции до орошения;

$Q_{об}$, Q_T – значение выброса пыли в целом и тонкодисперсной фракции после орошения;

η_i – эффективность пылеподавления в i -ом опыте.

СНИЖЕНИЕ ВЫБРОСА ПЫЛИ ИЗ КАРЬЕРА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ОБЪЕМАХ ОРОШАЕМОЙ ЖИДКОСТИ

Таблица 7

$V_{ж}$, м ³	4,89	10,43	16,76	23,87	32,39	42,75	56,09	75,24	107,73
η	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
$Q_{об}$, кг	98100	87200	76300	65400	54800	43600	32700	21800	10900
Q_T , кг	33717	29971	26224	22478	18732	14985	11239	7493	3746

Полученные зависимости позволяют рассчитывать значение общего выброса пыли или его тонкодисперсных фракций при известном объеме орошаемой жидкости или решить обратную задачу. В графическом виде эти зависимости представлены на рис. 1.

Для оценки снижения экологического риска, в соответствии с методическими указаниями МОЗ Украины [1], необходимо сравнить уровень запыленности атмосферы на границе санитарно-защитной зоны карьера с ее безопасным (референтным) значением, в качестве которого принимаем максимальную разовую допустимую концентрацию неканцерогенной пыли – 0,15 мг/м³.

Для расчета приземных концентраций вредных выбросов промышленных предприятий можно воспользоваться отраслевой методикой НИИБТГ, которая позволяет расчетным путём определить приземные концентрации вредных примесей при массовых взрывах в карьерах. Эта методика ориентирована на применение тротилсодержащих ВВ, учитывает выбросы, кроме пыли, и

вредных газов, требует достоверной информации о более чем двух десятках исходных параметров и вызывает определенные трудности в ее использовании.

Поэтому оценку параметров рассеивания пылевого облака после массового взрыва осуществляем с учетом нижеследующих соображений:

Расчеты проводим для частного простейшего случая метеорологических условий, то есть при отсутствии атмосферных осадков, при безразличном (изотермическом) состоянии температурной стратификации атмосферы, при длительном неизменном направлении и скорости ветра, при отсутствии сил электростатической природы, без учета кариолисовой силы и степени инсоляции и др. В этом случае параметры рассеивания пылевых частиц в приземном слое атмосферы зависят только от их размеров (диаметров), плотности вещества и скорости ветра.

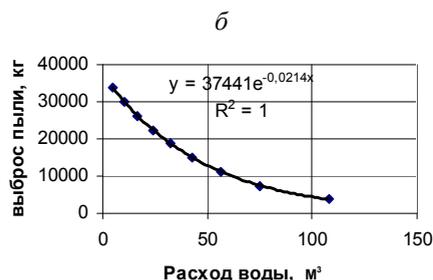
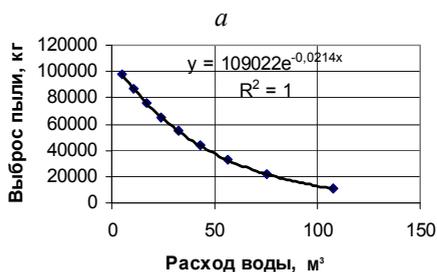


Рис. 1. Зависимость выброса пыли из карьера от расхода орошаемой жидкости: а – общий выброс; б – выброс тонкодисперсной фракции

Первичное пылевое облако имеет высоту около 100 м и под действием воздушных потоков движется вверх вдоль наветренного борта карьера. При достижении выхода из карьерного пространства облако под действием ветра начинает рассеиваться. Время выхода облака из карьера в зависимости от скорости ветра и геометрических параметров карьера составляет до 10 мин и более. Поэтому источник пылеобразования считаем не залповым, а условно стационарным. В этом случае для расчета приземных концентраций пыли применяем хорошо разработанную теорию рассеивания пыли от стационарных источников. Так в работе [11] получено выражение для расчета максимальной разовой концентрации пыли на уровне земли на произвольном расстоянии от источника в виде

$$C = \frac{M}{2\pi kx} \exp\left(-\frac{u(y^2 + z^2)}{4kx}\right), \quad (4)$$

где C – максимально разовая концентрация

пыли на уровне земли, $\text{кг}/\text{м}^3$;

M – интенсивность выброса пыли из источника, $\text{кг}/\text{с}$;

x – расстояние от источника, м;

k – коэффициент турбулентной диффузии в направлении оси x , $\text{м}^2/\text{с}$;

u – скорость ветра $\text{м}/\text{с}$;

z – высота выброса пыли, м;

y – расширение облака в поперечном направлении, м.

Определимся с выбросом пыли из источника, который будем принимать в расчет. Известно, что на самое большое расстояние под действием ветра рассеивается мелкодисперсная пыль, которая находится в верхней части пылевого облака. Примем для расчета из всего выброса мелкодисперсной пыли ее десятую часть, поскольку остальная часть распределена по всему облаку, находится на меньшей высоте и оседает быстрее. Выявлено, что массовое содержание мелкодисперсной пыли с диаметром частиц 1 $\mu\text{м}$ в пылевом облаке составляет 10,67% от общего выброса. Таким образом, в расчет принимаем выброс мелкодисперсной пыли в объеме

$$Q_M = 0,1067 \cdot Q_{об} \cdot 0,1 = 0,01 Q_{об}.$$

В этом случае интенсивность выброса пыли из источника будет равна

$$M = \frac{Q_M}{t}, \quad \text{где } t = \frac{H_k}{v_{cp}} - \text{время выхода облака}$$

из карьера, с. Здесь $v_{cp} = \frac{v_0 \sin \alpha}{2}$, где

v_0 – скорость ветра, $\text{м}/\text{с}$;

α – угол откоса наветренного борта карьера, град.

Таким образом, интенсивность выброса мелкодисперсной пыли в $\text{мг}/\text{м}^3$ составит

$$M = \frac{0,01 \cdot 10^{-6} Q_{об} v_0 \sin \alpha}{2H_k}.$$

Коэффициент турбулентной диффузии в направлении рассеивания равен

$$k = 0,05 v_0 L.$$

Высота выброса пыли равна высоте пылевого облака на выходе из карьера h_3 .

Расширение облака в поперечном направлении $y = 0,05v_0 \frac{h_3}{v_{oc}}$, где v_{oc} – скорость осаждения мелкодисперсной пыли, м/с.

После подстановки этих параметров в выражение (4) коэффициент экологического риска (HQ) от запыленности атмосферы для здоровья человека на прилегающих к карьерам территориях можно определить из выражения:

$$HQ = \frac{C}{RfC} = \frac{10^{-3} Q_{об} \sin \alpha}{0,75 \pi H_k L^3} \times \exp \left[- \frac{(0,025L)^2 + h_3^2}{0,0025 v_0 \frac{h_3}{v_{oc}}} \right]. \quad (5)$$

Результаты расчетов коэффициента HQ в санитарно-защитной зоне, на ее границе и за ее пределами до использования способов и средств повышения экологической безопасности массовых взрывов приведены в табл. 8 и на рис. 2.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ КОЭФФИЦИЕНТА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА $HQ < 1$

Таблица 8

Применение средств пылеподавления	Расстояние от источника пылеобразования, км, для частиц пыли диаметром		
	1,0 мкм	1,5 мкм	5,0 мкм
Без средств пылеподавления	35,9	19,6	4,2
После оптимизации параметров скважинных зарядов	26,3	10,8	2,1
После оптимизации параметров скважинных зарядов и орошения облака	2,6	1,0	0,2

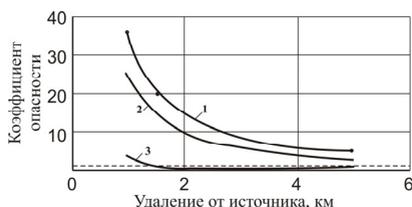


Рис. 2. Значения коэффициентов опасности при исходных условиях: 1 – без применения средств пылеподавления; 2 – после оптимизации параметров скважинных зарядов; 3 – после оптимизации скважинных зарядов и орошения пылевого облака

ВЫВОДЫ

Применение комплекса мероприятий по подавлению пылевого облака после массо-

вого взрыва в карьере, который включает оптимизацию параметров скважинных зарядов, применение более совершенной забойки и его орошение позволяет снизить коэффициент экологического риска взрыва по пылевому фактору до уровня «безопасный» в пределах санитарно-защитной зоны карьера. Так значение коэффициента экологического риска $HQ < 1$ при массовом взрыве в карьере без применения средств пылеподавления достигается на удалении 35,9 км от места взрыва, а с применением методов оптимизации параметров скважинных зарядов и орошения пылевого облака – на удалении 2,6 км от места взрыва.



СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Методичні вказівки «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря» / Ввідповідності до наказу МОЗ України №184 від 13.04.2007 р.

2. Белоусов В.В. Теоретические основы процессов газоочистки / В.В. Белоусов – М.: Металлургия, 1988. – 256 с.

3. Берлянд М. Е. Прогноз регулирования загрязнения атмосферы / М.Е. Берлянд. – Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – 272 с.

4. Способ борьбы с загрязнением атмосферы карьеров продуктами взрывов / П.В. Бересневич, В.Г. Наливайко, В.В. Ежов [и др.] // Безопасность труда в промышленности. – 1988. – № 5. – С. 44 – 46.

5. Наливайко В.Г. Расчет эффективности пылеподавления мелкодисперсным дождеванием после массовых взрывов в карьерах/ В.Г. Наливайко // Борьба с опасными и вредными производственными факторами на горнорудных предприятиях. – М.: Недра, 1991. – С. 62 – 64.

6. Тыщук В.Ю. Исследование водных растворов “Еком” для пылеподавления при массовых взрывах в карьерах / В.Ю. Тыщук // Зб. наук. праць НГУ. – Д.: РВК НГУ, 2006. – № 25. – С. 181 – 188.

7. Фукс Н.А. Механика аэрозолей / Н.А. Фукс. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 351 с.

8. Юрченко А.А. Исследование коэффициента захвата аэрозольных частиц каплями воды при орошении / А.А. Юрченко // Зб. наук. праць НГУ. – Д.: РВК НГУ, 2013. – № 39. – С. 187 – 194.

9. Юрченко А.А. Методика определения параметров скважинных зарядов для снижения пылегазовых выбросов при массовых взрывах в карьерах / А.А. Юрченко // Зб. наук. праць НГУ. – Д.: РВК НГУ, 2006. – № 26, Т. 2. – С. 67 – 75.

10. Юрченко А.А. Снижение выбросов при массовых взрывах в карьерах путем применения резиновой пробки с анкерным устройством в качестве забойки скважинных зарядов / А.А. Юрченко // Зб. наук. праць НГУ. – Д.: РВК НГУ, 2006. – № 35, Т. 2. – Д.: РВК НГУ, 2011. – С. 111 – 117.

11. Рихтер Л.А. Тепловые электрические станции и защита атмосферы / Л.А. Рихтер. – М.: Энергия, 1975. – 310 с.

ОБ АВТОРАХ

Юрченко Анна Анатольевна – к. т. н., доцент кафедры экологии Национального горного университета.