

Таким образом, при погрузке автосамосвалов ниже уровня стояния экскаватора угол его поворота под разгрузку уменьшается до 10 град., что значительно сокращает продолжительность рабочего цикла экскаватора, при этом возрастает его производительность. Например, годовая производительность драглайнов ЭШ–14/50 и ЭШ–11/70 при погрузке ниже их уровня стояния будет соответственно равна $3,95 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ и $3,1 \cdot 10^6 \text{ м}^3$. В другом случае, при погрузке автосамосвалов на уровне стояния экскаваторов и угле поворота $\varphi = 90^\circ$, производительность драглайнов уменьшается в два раза (см. табл. 1).

Список литературы

1. Домбровский Н. Г. Повышение производительности одноковшовых экскаваторов. – М.: Стройиздат, 1951. – 320 с.
2. Ржевский В. В. Открытые горные работы. Часть I. Производственные процессы: Учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1985. – 509 с.
3. Егин Б. А., Щитов Д. И., Виноградская Т. В. Учёт влияния ширины заходки на производительность шагающих экскаваторов. Межвузовский сборник «Разработка угольных месторождений открытым способом». Выпуск 4. – Кемерово: Кузбасский политехнический институт, 1976. – с. 77-82.

МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ВОЗДУХА РАБОЧИХ ЗОН КАРЬЕРОВ ОТ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

В.Ю. Тыщук, "Научно-исследовательский институт безопасности труда и экологии в горнорудной и металлургической промышленности" ГВУЗ "Криворожский национальный университет", Украина

Рассмотрены способы борьбы с загрязняющими веществами, выделяющимися в карьерах при различных технологических процессах. Установлено, что наиболее эффективным для пылегазоподавления при массовых взрывах является способ с использованием твердой увлажненной забойки. Для борьбы с пылью при выемочно-погрузочных работах и дегазации разрыхленной горной массы необходимо предварительно ее увлажнять водным раствором углещелочного реагента.

Основными технологическими источниками загрязнения воздуха рабочих зон карьеров вредными примесями являются бурение взрывных скважин, массовые взрывы, выемочно-погрузочные работы.

Результаты исследований показывают, что при выполнении этих процессов масса выбросов пыли и вредных газов достигает сотен тонн за один год. Пылегазовые выбросы загрязняют воздух рабочих зон карьеров, что ухудшает санитарно-гигиенические условия труда горнорабочих и ведет к росту числа профессиональных заболеваний органов дыхания у горнорабочих. Кроме того, часть пыли и вредных газов выносится за пределы карьерного пространства, что приводит к загрязнению атмосферного воздуха на прилегающих территориях. Дальнейший рост производства, который наблюдается в последнее время, приводит к увеличению объема добычи горной массы, а соответственно, будет способствовать росту объемов выбросов загрязняющих веществ в воздух рабочих зон карьеров. В связи с этим решение проблемы пылегазоподавления в карьерах является важной и актуальной социально-экономической задачей, которая связана с выполнением отраслевой программы улучшения состояния безопасности, гигиены труда и производственной среды.

Для борьбы с пылью при бурении пород используется пылеподавление водой непосредственно в скважине. На буровых станках также используются сухие пылеулавливающие системы.

В качестве способов пылеподавления при массовых взрывах применяются мелкодисперсное орошение пылегазового облака (ПГО), а также внутренняя и внешняя гидрозабойки скважин, представляющие собой полиэтиленовые рукава, наполненные водой [1;2]. В последнее время используется внешняя и внутренняя твердая забойка представляющей собой увлажненную штатную щебеночную забойку

В составе указанных гидрозабоек входит вода или водные растворы химических веществ. При этом на величину концентрации пыли и газов в облаке и на эффективность пылегазоподавления влияют удельный расход ВВ, тип пород и их обводненность. Однако, при одинаковых значениях их параметров на эффективность пылегазоподавления влияют тип растворов гидрозабоек, которые термодинамически по-разному влияют на процесс взаимодействия с частицами пород и молекулами вредных газов..

Исходя из этого, целью работы является определение оптимальных способов и средств борьбы с загрязняющими веществами, выделяющимися при различных технологических процессах в карьерах.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

- научно обосновать методы борьбы с выбросами вредных веществ, при ведении открытых горных разработок;

- определить оптимальные параметры растворов для эффективного пылегазоподавления в карьерах;

- провести промышленные исследования эффективности разработанных способов и средств борьбы с загрязняющими веществами, которые образуются при проведении основных технологических процессов в карьерах.

Для борьбы с пылью при бурении пород используется пылеподавление водой непосредственно в скважине. На буровых станках также используются сухие пылеулавливающие системы. Использование этих способов позволяет обеспечить эффективное пылеподавление и достигнуть предельно-допустимой концентрации пыли в кабинах машинистов и в зоне работы станков.

В работе [2] отмечается, что борьбы с пылегазовыми выбросами необходимо на стадии формирования облака проводить активное пылеподавление. Для этого предлагается использовать предварительное орошение воздушного пространства над подрываемым блоком и орошение ПГО в момент его образования и формирования. При этом наибольшая эффективность взаимодействия частиц пыли с водяным аэрозолем достигается в среде с высокой относительной влажностью воздуха, когда происходит конденсация пара на пылинках. Однако данный способ нельзя признать эффективным. Этот вывод основан на теории гидродинамического обеспыливания, базирующейся на базе импульсно-волновых эффектов, которые возникают в процессе поглощения частиц пыли каплями жидкости. Теоретически установлено и экспериментально подтверждено, что для частиц пыли и капель жидкости в процессе импульсно-волнового взаимодействия возникают частотные пульсации вместе с изменениями амплитуд колебаний их импульсов в виде волны давления [3]. Это повышает энергию импульсов ударных взаимодействий капель жидкости и частиц в процессах их слияния и дальнейшего осаждения.. В работе [3] отмечено, что продольные пульсации компонентов создают продольную волну, энергетический максимум которой пропорционален амплитудам пульсаций капель жидкости и частиц пыли. Сделан прогноз вероятности захвата частиц пыли каплями жидкости согласно которому одна капля жидкости может захватить только одну или две частицы пыли. Время формирования "межевой капли" является технологическим временем гидродинамического обеспыливания. Однако из теории пылеулавливания диспергированными каплями воды следует, что эффективное улавливание пыли мелкодисперсной жидкостью может происходить только под воздействием инерционного захвата пылинок каплями жидкости, движущимися с большой скоростью, достигающей несколько десятков

метров в секунду [4]. Это обеспечит высокую эффективность захвата пыли, в ряде случаев превышающую 90 %. Возможен также конденсационный захват пыли каплями воды, с последующим осаждением, или коагуляция отдельных пылинок в укрупненные агрегаты, которые самопроизвольно осаждаются из атмосферы. Это эффективно может достигаться в замкнутом объеме или на открытом пространстве у неорганизованного источника пылевыделения на расстоянии нескольких десятков метров от него. При орошении пылегазового облака, имеющего большую высоту подъема и большой объем эффективность захвата пыли каплями воды не может быть высокой. Это объясняется тем, что капли воды размером 0,5-5 мм имеют скорость падения в атмосфере равную 2-5 м/с [5]. На основании вышеуказанных факторов инерционный захват пыли в данных условиях будет крайне низким, а, соответственно, низкой и эффективность пылеподавления. Подтверждением этого являются результаты визуальных наблюдений состояния и поведения пылегазового облака после взрывов в условиях интенсивных осадков в виде дождя. Несмотря на высокую плотность капель дождя в атмосфере пылегазовое облако имеет большую концентрацию субсидированных твердых частиц, высоко поднимается над блоком и выносится за пределы карьерного пространства. Кроме того, в силу климатических условий в летнее время года конденсационный захват пыли каплями воды, и их коагуляция являются проблематичными из-за интенсивного испарения жидкости.

Данные по продолжительности существования капли воды в зависимости от ее диаметра в условиях относительной влажности атмосферного воздуха 50% и температуры 30 °С, принятые из документа ICAO Doc 9408- AN/922 Руководство по авиационным работам свидетельствуют, что для диаметра капель 25, 50, 100, 200 мкм время их существования в атмосфере составляет, соответственно, 1, 4, 16, 65 секунд.

Таким образом, на основании приведенных результатов можно сделать вывод, что способ борьбы с пылью при массовых взрывах в карьерах путем подавления пылегазового облака с использованием диспергированного орошения, не может быть эффективным, и кроме того, является нетехнологичным, в связи со сложностью выполнения процесса выпуска и подачи воды в атмосферу на большие расстояния и охвата жидкостью всего объема облака. На современных карьерах широко используется гидрозабойка в полиэтиленовых рукавах.

Полиэтиленовые рукава так же используют в скважинах для заполнения их эмульсионными взрывчатыми веществами. В связи с тем, что ВВ и полимер находятся в скважине в тесном контакте можно принять, что в состав ВВ входит дополнительное вещество – полимерная пленка, которая негативно может изменить процесс его взрывчатого превращения и снизить энергию взрыва.

НИИБТГ разработан способ пылегазоподавления при массовых взрывах, который исключает применение внутренней гидрозабойки с использованием полимерных рукавов. Способ включает операции формирования внутренней (в скважинах) увлажненной твердой забойки и защитного экрана на поверхности блока в зоне пластических деформаций в виде толщи измельченных пород, которые также увлажнены пылегазоподавляющим раствором. Преимуществом этого способа является то, что по сравнению с водяной забойкой, твердая забойка имеет большую плотность, что способствует увеличению запирания продуктов взрыва в скважине и большую удельную поверхность, на которой может происходить адсорбция массы пыли и вредных газов, которые выделяются после подрывания горных пород взрывом. Значительно увеличивается эффективность пылегазоподавления при использовании для увлажнения твердой забойки водного раствора углещелочного реагента (УЩР), концентрации 1 мас. %.

Результаты исследований, приведенные в табл.1, свидетельствуют, что эффективность пылегазоподавления при использовании водного раствора УЩР составляет 58 %, а эффективность подавления СО – 62,1 %. Эффективность нейтрализации СО в горной массе составила 74,7% и при этом полностью достигнута нейтрализация оксидов азота в горной массе.

Таблица 1.

Результаты промышленных исследований способов и средств пылегазоподавления при массовых взрывах (в числителе – предельные, в знаменателе – средние значения)

| Тип пылегазоподавляющего раствора (средства) | Концентрации вредных выбросов в облаке после взрыва, мг/м ³ | | | Концентрации вредных газов в подорванной взрывом горной массе, мг/м ³ | |
|--|--|-----------------------------|-----------------------|--|-----------------------|
| | пыли | СО | NO ₂ | СО | NO ₂ |
| 1. Без средств пылегазоподавления | <u>1320,0÷1400,0</u> 1340,0 | <u>245,0÷260,0</u> 251,3 | <u>6,0÷8,0</u> 7,5 | <u>2750,0÷2875,0</u> 2843,7 | <u>7,0÷9,0</u> 8,0 |
| 2. Внешняя водная забойка в полиэтиленовых рукавах (штатная забойка в карьере) | <u>1040,0 ÷1100,0</u> 1070,0 | <u>215,0÷220,0</u> 218,3 | <u>4,0÷5,0</u> 4,2 | <u>2625,0÷2875,0</u> 2812,5 | <u>7,0÷9,0</u> 7,8 |
| 3. Водный раствор углещелочного реагента концентрации 1 мас. % | <u>520,0÷580,0</u> 550,0 | <u>90,0÷100,0</u> 95,0 | 0 | <u>625,0÷750,0</u> 718,8 | <u>2,0÷4,0</u> 3,0 |

В табл.2. приведен дисперсный состав пылевых частиц, которые образуются после массовых взрывов в карьере ОАО «Ингулецкий ГОК».

Как видно из таблицы, водный раствор УЩР способствует коагуляции пылевидных частиц, что ведет к увеличению массы крупных частиц пыли. В связи с этим они почти в полном объеме не способны выноситься за пределы карьера и оседают на блок. Это подтверждается результатами дисперсного анализа пыли на границе санитарно-защитной зоны от карьера. Как видно из результатов, 96,3 % пылинок, которые находятся в атмосфере жилых массивов, отсутствуют в пылевых выбросах, отобранных над блоком, где использовался для пылегазоподавления водный раствор УЩР.

Таблица 2

Дисперсный состав (%) пылевых частиц, образующихся после массовых взрывов в карьере ОАО «Ингулецкий ГОК» в зависимости от типа средств пылеподавления

| Размер пылевых частиц, мкм | Место отбора пылевых проб | | | | | | | |
|---|---------------------------|---------|--------|-------|-------|-------|-------|------|
| | <1,4 | 1,4÷4,2 | 4,2÷10 | 10÷15 | 15÷30 | 30÷45 | 4÷100 | >100 |
| На границе СЗЗ | 51,16 | 39,12 | 6,02 | 3,00 | 0,44 | 0,21 | 0,05 | – |
| Тип пылеподавляющего раствора – вода | | | | | | | | |
| 20 м от блока | 9,44 | 10,11 | 10,43 | 10,45 | 13,17 | 18,26 | 28,14 | – |
| Тип пылеподавляющего раствора - водный раствор углещелочного реагента | | | | | | | | |
| 20 м от блока | – | – | – | 10,2 | 11,46 | 12,95 | 57,61 | 7,77 |
| Без средств пылегазоподавления | | | | | | | | |
| 20 м от блока | 10,67 | 11,24 | 12,46 | 14,15 | 15,88 | 17,37 | 18,24 | – |

После подрывание пород взрывом начинается производство выемочно-погрузочных работ в карьерах. Более ранние исследования по пылеподавлению при выемочно-погрузочных ра-

ботах были направлены на разработку средств, которые устанавливались на горных машинах, и с их помощью пыль осаждалась или улавливается. Однако, при реализации этих способов требуется размещение на горных машинах дополнительного оборудования, которое может отрицательно влиять на конструктивные элементы и работу горной техники. Кроме того, сложно улавливать пыль от неорганизованных источников, где нет четко очерченных границ пылевого факела, что в результате приводит к низкой эффективности очистки воздуха рабочих зон карьеров от пыли.

Таким образом, в результате анализа способов борьбы с пылью при выемочно-погрузочных работах в карьерах можно сделать вывод, что снижение запыленности воздуха при экскавации пород необходимо достигать путем уменьшения их пылеобразующей способности.

Это можно осуществить путем пропитки разрыхленных пород растворами, обладающими смачивающе-связывающими свойствами, что позволит связать пылевидные частицы между собой в укрупненные агрегаты, неспособные находиться в воздухе во взвешенном состоянии после испарения влаги. Кроме того, предотвратить интенсивное пылевыделение при экскавации пород можно также путем поддержания их в увлажненном состоянии за счет периодического доувлажнения.

Необходимо обратить внимание на то, что после подрывания пород взрывом в разрыхленной горной массе сосредоточена большая масса вредных газов. При коэффициенте разрыхления, равном 1,3, объем пустот в разрыхленной горной массе составляет 30 % от общего объема подорванных пород. При этом концентрация, например, оксида углерода в пустотах может достигать сотен и тысяч мг/м^3 , который постепенно диффундирует в атмосферу, при этом загрязняя воздух рабочих зон.

В момент начала производства выемочно-погрузочных работ, в результате черпания пород ковшем экскаватора, происходит интенсификация выделения вредных газов в воздух рабочих зон, что может привести к отравлению горнорабочих.

Поэтому перед началом производства выемочно-погрузочных работ необходимо производить ее дегазацию. Обычно это осуществляется путем увлажнения разрыхленных пород водой на всю толщу массива. Однако, вода неспособна нейтрализовать оксид углерода. В результате происходит простое выдавливание газа с разрыхленных пород в воздух рабочих зон карьеров. В связи с этим, увлажнение пород необходимо осуществлять водными растворами, которые способны нейтрализовать вредные газы.

Поэтому для дегазации, подорванной взрывом горной массы, были использованы водные растворы углещелочного реагента. При этом раствор УЩР является эффективным средством связывания пыли. Поэтому операция дегазации разрыхленных пород с использованием водных растворов УЩР концентрации 1–2 мас.% одновременно являлась способом пылеподавления при выемочно-погрузочных работах в карьерах. Результаты исследований, по дегазации разрыхленной горной массы водным раствором УЩР концентрации 2 мас.% представлены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты исследований по дегазации горной массы после взрыва в карьерах № 2,3 РУ
ГОКа КГГМК «Криворожсталь»

| Температура воздуха, °С | Концентрация вредных газов в разрыхленной горной массе | | | |
|-------------------------|--|-----------------|-----------------------------------|-----------------|
| | СО, г/м^3 | | NO _x , мг/м^3 | |
| | до дегазации | после дегазации | до дегазации | после дегазации |
| -12 | 2,50–8,75 | 0–0,625 | 0,8–15,0 | 0–1,0 |
| 28 | 30,00–31,25 | 0,375–3,75 | 4,0–12,0 | 0–2,0 |

Результаты исследований, приведенные в табл. 4 свидетельствуют, что увлажнение разрыхленной горной массы водным раствором УЩР концентрации 2 мас.%, является эффективным способом ее дегазации. Пылеподавляющий эффект водного раствора УЩР заключается в том, что однократное увлажнение пород водным раствором УЩР обеспечивает предельную концентрацию пыли в воздухе рабочих зон карьеров до трех суток.

В результате проведенных промышленных исследований подтверждено, что эффективное пылеподавление при массовых взрывах и выемочно-погрузочных работах может быть достигнуто путем применения растворов обладающих необходимым набором физико-химических свойств – снижать поверхностное натяжение на поверхности частиц пород, коагулировать пылевидные частицы, склеивать их между собой и адсорбировать вредные газы. При этом, приоритетными являются высокие клеящие и нейтрализующие свойства растворов.

В результате выполненных исследований получены новые научные и практические результаты. Установлено, что наиболее эффективным и технологичным является способ пылеподавления, включающий применение внутренней гидрозабойки в скважинах и защитного экрана на поверхности подрываемого блока пород, увлажненных пылегазоподавляющим раствором УЩР концентрации 1-2 мас.%. Преимуществом данного раствора перед водой, является то, что он обладает высокой коагулирующей и склеивающей способностью, а также газоулавливающими свойствами. Эффективность пылегазоподавления ПГО при использовании данного способа в летний период года позволяет уменьшить концентрацию пыли на 58 %, а эффективность подавления оксида углерода составляет – 62,1 %. Эффективность нейтрализации оксида углерода в горной массе составляет 74,7 %.

Перспектива дальнейшего использования полученных результатов исследований по разработке способов и средств борьбы с загрязняющими веществами при открытой разработке месторождений заключается в широком их внедрении на карьерах Украины.

Список литературы

1. Проблемы экологии массовых взрывов в карьерах / [Э.И.Ефремов, П.В.Бересневич, В.Д.Петренко, В.А.Мартиненко] Под ред. чл.-корр. НАН Украины Е.И.Ефремова.- Днепропетровск:Січ, 1996-179с.
2. Бересневич П.В. Аэрология карьеров / П.В.Бересневич, В.А.Михайлов, С.С.Филатов: Справочник.- М.: Недра, 1992.-280 с.
3. Гого В.Б. Влияние гидроимпульсов при орошении на эффективность улавливания пыли/ В.Б. Гого, Ю.Ф. Булгаков//Наукові праці Дон НТУ, серія: Гірничо-механічна, 2011. – Вип. 22(195).- С. 54-59.
4. Поздняков Г.А. Теория и практика борьбы с пылью в механизированных подготовительных забоях/ Г.А. Поздняков, Г.К. Мартинюк. – М.: Наука, 1983.- 126 с.
5. Матвеев Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы / Л.Т.Матвеев - Л.:Гидрометеиздат,1976.-639 с.