УДК 614.8.027

Г.И.КОРШУНОВ, *д-р техн. наук, профессор, korshunovgi@front.ru*
В.П.КОВШОВ, *канд. техн. наук, доцент, kovshovsv@mail.ru*
С.В.КОВШОВ, *канд. техн. наук, ассистент, kovshovsv@mail.ru*
А.Х.ЕРЗИН, *аспирант, ayratyerzin@gmail.com*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург

G.I.KORSHUNOV, *Dr. in eng. sc., professor, korshunovgi@front.ru*
V.P.KOVSHOV, *PhD in eng. sc., associate professor, kovshovsv@mail.ru*
S.V.KOVSHOV, *Dr. in eng. sc., assistant lecturer, kovshovsv@mail.ru*
A.H.YERZIN, *post-graduate student, ayratyerzin@gmail.com*
National Mineral Resources University (Mining University), Saint Petersburg

НОВЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ СПОСОБ ПЫЛЕПОДАВЛЕНИЯ ПРИ СКЛАДИРОВАНИИ ГОРНОЙ МАССЫ

Применение химически активных реагентов является одним из наиболее перспективных направлений в процессе пылеподавления. В работе представлен анализ применения карбида кальция в качестве элемента системы пылеподавления и защиты от смерзания горных пород.

Ключевые слова: ветровая эрозия, пылевая техногенная нагрузка, аэродинамическое давление, пылеобразование, химический реагент.

A NEW CHEMICAL METHOD OF DUST SUPPRESSION FOR THE STORAGE OF THE ROCK MASS

The using of chemically-active reagents is one of the most promising directions in the process of dust suppression. Due to the need to develop new ways of suppression of dust during storage of the rock mass. The paper provides the analysis of the use of calcium carbide as an element of the dust suppression system and the system of permafrost rocks.

Key words: wind erosion, dust anthropogenic load, air pressure, dust, chemical reagent.

Современный этап развития Санкт-Петербурга и Ленинградской области характеризуется широким строительством различных объектов инфраструктурного комплекса. Одним из самых ярких примеров динамичного развития региона является портовый терминал в г.Усть-Луга. Строительство порта Усть-Луга начато в соответствии с распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 апреля 1993 г. № 728-р с целью создания мощных, высокопроизводительных комплексов для перевалки массовых грузов (угля, минеральных удобрений) на крупнотоннажные суда грузоподъемностью свыше 30 тыс.т. Технологические процессы, связанные с таким строительством, сопровождаются формированием временных (а зачастую – долговременных) техногенных массивов – штабелей горных пород, которые становятся источниками пылевыделения.

При этом пылевая техногенная нагрузка на окружающую природную среду весьма существенна как в местах временной отсыпки пород в самом портовом комплексе, так и на значительном расстоянии от него. Так, только от одного штабеля угля, расположенного на территории терминала, в атмосферу выделяется до 150000 мг угольной пыли в секунду, т.е. концентрация пыли в районе г.Усть-Луга достигает 80 мг/м^3, что превышает ПДК для данного вида пыли в 15-17 раз. Проведенный анализ показал, что концентрация угольной пыли в Ломоносовском и Кронштадском районах Санкт-Петербурга в отдельных точках

составляет 7-10 мг/м^3, что 1,5-2 раза превышает ПДК. Это объясняется географическим положением терминала к западу от основной части Санкт-Петербурга, на берегу Финского залива, что в сочетании с господством западных ветров приводит к существенному переносу пылевого потока в направлении указанных районов города.

В современной научной литературе и нормативной документации оценке роли штабелей в формировании пылевой нагрузки на окружающую среду уделяется недостаточное внимание. Также существенной является проблема выбора способа снижения пылевыделения от таких источников, что обусловлено следующими обстоятельствами:

• горные породы (каменный уголь) не должны существенно менять свои физико-химические и энергетические свойства;

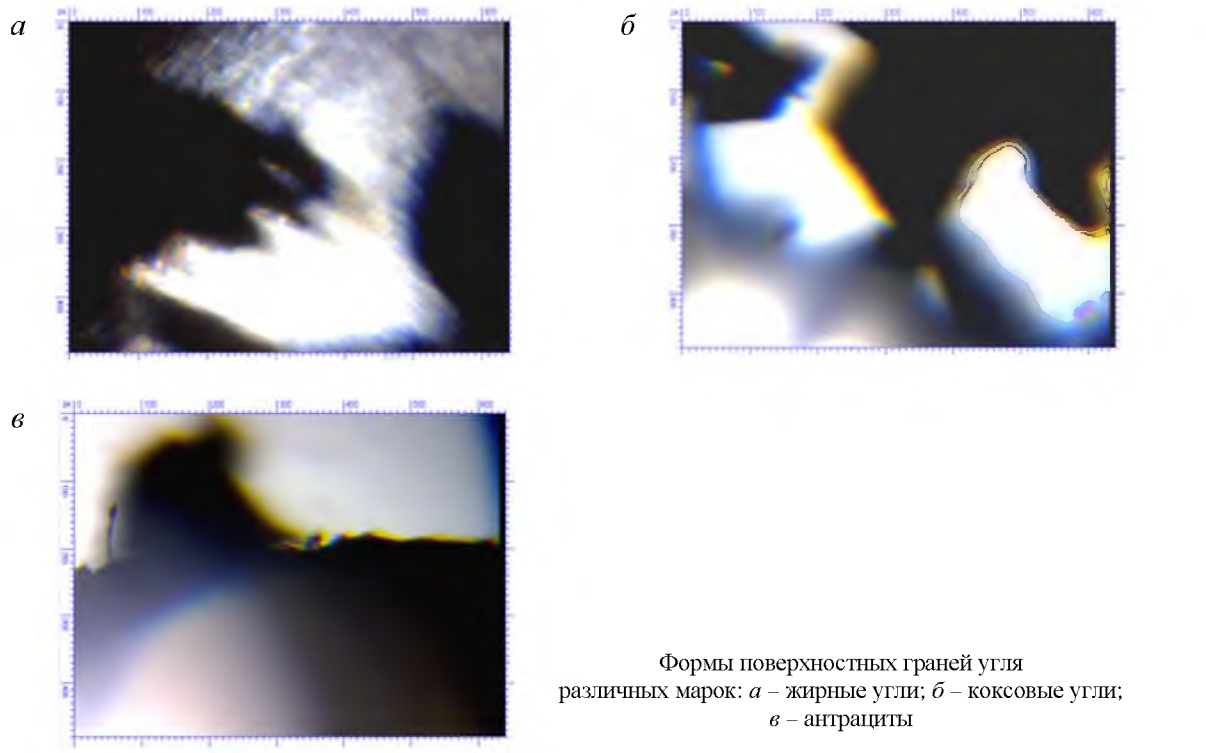
• сроки формирования и существования штабелей варьируют в широких пределах (от нескольких дней и до нескольких лет);

• технологии пылеподавления различны на различных этапах технологической цепочки (когда уголь находится в штабеле, используется одна группа технологий, когда уголь перегружается по системе конвейеров – совсем иная группа технологий).

Применяемые в Усть-Лужском терминале средства снижения пылевыделения или недостаточно эффективны, или сами являются источниками загрязнения рабочего пространства, что подтверждается данными о заболеваемости сотрудников терминала.

Регулярные отгрузки в Усть-Лужском угольном терминале начались в 2002 г., после ввода в эксплуатацию первой очереди мощностью 4 млн т. Комплекс второй очереди принял первое судно в январе 2006 г. Полная мощность терминала составляет 12,4 млн т/год. Основной объем каменного угля идет из Кузбасса. Основными «пользователями» терминала являются ОАО «СУЭК», ОАО «Угольная компания Кузбассразрезуголь», ОАО «Южкузбассуголь».

Угли подразделяются на марки и технологические группы. В основу такого подразделения положены параметры, характеризующие поведение углей в процессе термического воздействия на них. Стоит отметить, что 95 % всего угля, складируемого в исследуемом терминале, приходится на жирные, коксовые марки угля и антрациты. С целью изучения пылящих свойств складируемого и перегружаемого угля были проанализированы образцы трех самых распространенных марок угля (см.рисунок). Пробы взяты



Формы поверхностных граней угля различных марок: *а* – жирные угли; *б* – коксовые угли; *в* – антрациты

в зимний период, так как особый интерес представляет процесс пылеподавления именно в зимний период. На рисунке представлены образцы граней угля при оптическом увеличении в 1024 раза с помощью лабораторного микроскопа.

Известно, что наличие большого количества граней улучшает адгезионные свойства пылящего материала. Отсутствие или малое количество граней требует более активных пылеподавляющих реагентов. Поэтому одной из задач исследования является подбор таких реагентов, адгезионные свойства которых дополняли бы адгезионные свойства пылящих частиц.

Помимо анализа адгезионных свойств, важным является анализ самого пылевыделения как процесса изменения физико-химических свойств пылящего материала.

Основной причиной пылевыделения при складировании и хранении угля в штабелях является ветровая эрозия, особенно сильно проявляющаяся на берегу Лужской губы Финского залива, где скорость ветра нередко достигает 12 м/с. Ветровая эрозия штабелей представляет собой разрушение сложившейся в процессе складирования и статического хранения структуры дисперсной слабосвязанной обезвоженной породы под воздействием ветровоздушного потока [2].

Для изучения процесса пылевыделения в угольном штабеле предложена принципиальная схема лабораторной установки, которая трансформировалась в лабораторный стенд. Исследование процессов пылевыделения осуществлено в соответствии с методикой расчета ветровой эрозии РД 153-34.0-02.106-98 [1].

При исследовании ветровой эрозии можно выделить три основные составляющие процесса:

- отрыв от поверхности и взлет частицы;
- перемещение ее в запыленном потоке над поверхностью штабеля;
- рассеивание эродированных частиц за пределами штабеля после схода с него пылевого облака.

Воздействие ветровоздушного потока на каждую отдельную частицу на поверхности слоя связано с несколькими одновременно действующими механизмами: лобовое аэродинамическое давление, побуждающее к сдвигу по направлению ветра вдоль поверхности, перепад статического давления, возникающий при обтекании частицы и создающий подъемное усилие.

Результаты анализа пылеобразования и пылепереноса, полученные согласно РД 153-34.0-02.106-98, следующие:

Содержание зольной части в пылящем материале, %	< 10
Агрегатная плотность, кг/м^3	2400
Предельный размер эродируемых частиц, мкм	160
Граничный размер эродируемых частиц, разделяющий сальтирующие и витающие частицы, мкм	31,0
Пороговая динамическая скорость ветрового потока для средневзвешенного размера эродируемых частиц в слое V_t, м/с	0,135
Доля витающих (a) и сальтирующих ($б$) частиц в общей массе эродируемого пылящего материала	$a = 0{,}13$, $б = 0{,}87$
Скорость ветра на уровне флюгера $V_{кр}$, соответствующая V_t, м/с	5,04
Среднегодовая скорость ветра на уровне флюгера в пылеопасном ветровом режиме $V_{ср}$, м/с	6,2
Динамическая скорость потока, соответствующая $V_{ср}$, м/с	0,166
Удельная сдуваемость золовых частиц, соответствующая $V_{ср}$, г/(м^2·с)	0,0257
Скорость ветра, м/с	6,2
Эффективная площадь пылящей поверхности, м^2	260000
Текущий вынос пылевых частиц, г/с	742,8
Ширина пылевого облака, м	2460
Высота подъема эродированных частиц над пылевым полем, м	1,196

Из приведенных данных видно, что непосредственно на территории угольного терминала концентрация угольной пыли достигает 250 мг/м^3, на расстоянии 5 км, т.е. фактически в самом г.Усть-Луга и на близлежащей территории, – 10,15 мг/м^3, а на расстоянии 100 км, т.е. в районе г.Ломоносова и г.Кронштадта, создается запыленность, примерно соответствующая 0,2 нормам ПДК.

В ходе исследований, проведенных в предыдущие годы, было установлено, что эффективной технологией защиты от пылевыделения является перекрытие пылящих поверхностей отработанных техногенных массивов (в том числе и штабелей горных пород) биогенной смесью, состоящей из биогумуса и натриевой соли карбоксиме-

тилцеллюлозы, находящихся в соотношении 125:1. Данная технология подтвердила свою эффективность при снижении пылевыделения от отвалов вскрышных пород Шуваловского, Каменского, Кузьмоловского карьеров, находящихся в черте Санкт-Петербурга и его пригородов. Однако в условиях Усть-Лужского терминала такой подход к решению проблемы будет неэффективным по следующим причинам:

1. На карьерах внешние отвалы вскрышных пород формируются, чаще всего, один раз. Штабели угля – техногенные массивы, постоянно меняющие свои размеры за счет изъятия и догрузки породы, поэтому перекрывать пылящую поверхность каким-либо слоем крайне неэффективно.

2. Ценность вскрышных пород, находящихся в отвалах, невелика, поэтому изменение физико-химических свойств вскрышных пород при пылеподавлении фактически не изменяет их ценности. В случае с угольными штабелями крайне важным является сохранение всех основных свойств угля, особенно его влажности, содержания примесей и теплотворной способности.

3. Для климатических условий Санкт-Петербурга и Ленинградской области важным является предотвращение смерзания породы, возникающего при высокой влажности в зимнее время года. Биогенный слой данную проблему фактически не решает.

4. Технология биогенного пылеподавления полностью неэффективна при снижении пылевыделения при транспортировке и перегрузке на конвейер.

В рамках данного проекта встала задача подбора технологических решений по снижению пылевыделения, удовлетворяющих условиям Усть-Лужского угольного терминала [3].

На базе Горного университета проведены опыты по применению хлористого кальция в целях пылеподавления и борьбы со смерзанием угля. Синтетический хлористый кальций является эффективным средством защиты от промерзания материала, способствующим процессу таяния. В сравнении с механическими средствами, $CaCl_2$, имеет следующие преимущества:

• помогает существенно уменьшить время загрузки-выгрузки транспортных средств, размеры штрафных неустоек за простой транспорта;

• устраняет необходимость разбивать и вторично дробить смерзшийся в штабелях уголь;

• снижает вероятность возникновения неполадок в работе конвейеров и систем загрузки;

• не изменяет горючие свойства угля.

Для борьбы со смерзанием $CaCl_2$ разбрызгивают на породу для обеспечения ее способности сыпаться, а также при слоевой закладке штабеля – между слоями – для предотвращения адгезии или слипания. Количество хлористого кальция, необходимое для обеспечения защиты от замерзания, зависит от следующих факторов:

• от количества влаги на поверхности, т.е. влаги между частицами материала;

• от гранулометрического состава (учитывается процентное содержание мелких фракций);

• от времени между засыпкой и экскавацией угля в штабеле;

• от температуры воздуха и количества выпавших осадков;

• от доли уже смерзшегося материала;

• от эффективности обработки.

В лабораторных условиях проанализированы нормы расхода раствора хлористого кальция для борьбы со смерзаемостью угля в характерных для Усть-Лужского терминала микроклиматических условиях. Установлено, что для данных целей рациональной является концентрацией $CaCl_2$ в водном растворе 32 %.

Хлористый кальций характеризуется более низким уровнем давления пара в растворе, чем вода при той же температуре. Поскольку испарение прямо пропорционально давлению пара, раствор $CaCl_2$ испаряется со значительно более низкой скоростью, чем чистая вода, оставляя поверхность горной породы увлажненной длительное время и предотвращая пылеобразование. Раствор хлористого кальция наносится методом распыления на породу.

В экспериментальных условиях определена рациональная норма расхода раствора $CaCl_2$ с целью уменьшения пылеобразования. Установлено, что рациональной

концентрацией раствора $CaCl_2$ является 32 % при норме расхода 2-2,2 л на 1 $м^2$ поверхности штабеля. При нанесении раствора карбида кальция энергетические характеристики угля существенно не изменяются.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ковшов С.В.* Определение параметров аэротехногенного влияния площадных источников на рабочее пространство карьеров при применении различных способов пылеподавления / С.В.Ковшов, В.С.Кузнецов // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2012. Т.3. С.132-139.

2. *Ковшов С.В.* Оценка пылеотложений и пылевзрываемости горных выработок / С.В.Ковшов, А.Н.Никулин // Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития '2012: Сб. науч. трудов SWorld. 2012. Т.12. Вып.3 С.54-56.

3. Методика расчетной оценки ветровой эрозии и пыления отвала. РД 153-34.0-02.106-98. Уфа, 2000. 15 с.

REFERENCES

1. *Kovshov S.V., Kuznetsov V.S.* Determining the parameters of airborne industrial area sources of influence on the working space of the quarry in the application of various methods of dust control // Mining research and information bulletin. 2012. Vol.3. P.132-139.

2. *Kovshov S.V., Nikulin A.N.* Assessment of dust deposits and dust explosion // Scientific research and their practical application. Modern state and ways of development '2012: Collection of scientific works SWorld. 2012. Vol.12. Iss.3. P.54-56

3. The method of estimation of wind erosion and dusting blade. RD 153-34.0-02.106-98. Ufa, 2000. 15 p.