

Одним из альтернативных возобновляемых видов удобрения являются отходы основного производства птицефабрик - куриный помет с подстилкой (КПП), который имеет IV класс опасности [2]. Теплота сгорания КПП составляет  $Q_{pH} = 2500 \pm 500$  ккал / кг [1], таким образом этот отход находится на уровне других видов биотоплива (соломы, древесины и некоторых сортов угля). Сжигание 1 т КПП позволяет получить до 2 Гкал тепла в виде горячей воды или до 3 т пара на технологические нужды, замещая при этом до 270 м<sup>3</sup> природного газа или до 240 кг жидкого топлива (мазут, печного топлива).

Литература.

1. Энергетическая стратегия России на период до 2030 года // Прил. к обществ.-дел. журн. "Энергетическая политика". – М.: ГУ ИЭС, 2010. – 184 с.
2. Басов Н.И., Брагинский В.А., Казанков Ю.В. Расчет и конструирование формующего инструмента для изготовления изделий из полимерных материалов: Учебник для вузов. - М.: Химия, 1991. - 352 с.
3. The STEELE 25A Series: Smaller machines designed for low volume, stiff extrusion of a wide range of products. URL:<http://www.jcsteele.com/machinery/extrusion/extruders-and-pug-sealers/25-series/>(дата обращения: 18.11.2011).
4. Yade is an extensible open-source framework URL: <https://yade-dem.org/doc/introduction.html> (дата доступа 12.01.12)
5. «Устройство для производства твёрдого топлива» патент №2475521 Рос. Федерация/ Никулин А.Н., Безруких В.Ю., Епифанцев К.В., Ковшов С.В.

#### **АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ И ТУШЕНИЮ ЭНДОГЕННЫХ ПОЖАРОВ НА ПОРОДНЫХ ОТВАЛАХ**

*Е.С. Торосян, ст. преподаватель, А.В. Филонов, лаборант*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского  
Томского политехнического университета*

*652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451)-7-77-64*

*E-mail: torosyan@tpu.ru*

Горение шахтных отвалов – неприятное явление. Горящие породные отвалы выделяют дым и ядовитые газы (СО, Н<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, NO и другие) и создают тяжелые условия для работы и угрозу здоровью людей не только на поверхностном комплексе, но в горных выработках, когда газы проникают через воздухоподающие стволы, штольни и шурфы. Расчеты и замеры показали, что только один горящий породный отвал выбрасывает в атмосферу за один год более 150 т оксида углерода, более полторы тонны диоксида серы, более трех тонн сероводорода. Из такого количества диоксида серы в атмосфере образуется более двух с половиной тонн сернистой кислоты. Выделяющиеся газы способствуют развитию парникового эффекта, вызывают кислотные дожди, подавляют развитие флоры и фауны и т.п.

Тушение горящих породных отвалов часто бывает сопряжено с большими трудностями, чем ликвидация подземного эндогенного пожара. Пожары отвалов нередко отличаются большим «упорством» и большей склонностью к рецидивам, потому что породный отвал непрерывно растет, ежедневно получая из шахты все новые количества породы, принимающих через некоторое время участие в пожаре. Кроме того, отвал при пожаре почти непрерывно садится вследствие самоуплотнения и в связи с образованием внутри его пустот от выгорания пород и значительного при этом уменьшения первоначального объема материала, поступившего в отвал. Вследствие этого поверхность отвалов подвержена оседаниям с образованием трещин, устанавливающих сообщение раскаленного внутреннего ядра горящего отвала с наружным воздухом.

Профилактика эндогенных пожаров основана на подавлении и устранении физических условий самовозгорания. Для этого нужно уменьшить химическую активность угля, воспрепятствовать накоплению тепла и притоку воздуха.

Каждый из известных методов борьбы с пожаром характеризуется своими достоинствами и недостатками. Поэтому часто оптимально является использование комбинации различных методов, выбранных в зависимости от типа пород, условий протекания процессов горения и масштабов пожара.

*Тушение водой* производят заливкой водой из гидрантов поверхности нагретого участка отвала над пожарным очагом или нагнетанием воды по трубам через скважины непосредственно в очаг пожара. Данный способ может быть эффективным для небольших по объему отвалов. Достоинство его это относительно небольшие экономические затраты. Недостатками способа будут являться, во-первых, требуется большое количество воды. Вода стекает с отвала, часть ее испаряется, и водяные

пары образуют с сернистым газом, окисляясь, серную кислоту. Другая часть воды, вымывая вредные вещества, проникает в подземные горизонты, тем самым неся нагрузку на подземные воды. Во-вторых, на горящий породный отвал вода подается под давлением (напором), что в свою очередь приводит к вымыванию полостей, трещин и деформации отвалов. И в-третьих, смоченный углистый материал может легко вновь самовозгореться [1].

*Изоляция очагов пожара от доступа к ним воздуха* засыпкой поверхности над очагом пожара и около него сухими пылевидными материалами (зола из дымоходов, шлаковая пыль, песок) или же образование на поверхности отвала подушки из жирной трамбованной глины при условии, если толщина изолирующего покрова достаточно велика (не менее 0,5 м и иногда 1–1,5 м и более) и если производятся периодические подсыпки материала [2]. При использовании данного способа возможно механическое загрязнение атмосферы, воздушные потоки будут поднимать пылевидный материал и разносить на дальние расстояния.

*Частичная или полная перевалка отвалов* характеризуется наиболее высокими показателями эффективности тушения пожаров, но и требуют наиболее высоких затрат на выполнение работ [1]. Недостатком способа является большая трудоемкость, необходимость значительного количества бульдозерной и экскаваторной техники. Усложнений условий труда, повышенная травмоопасность (выбросы газов, угроза взрывов и др.). Дополнительная негативная нагрузка на окружающую среду. А также для пересыпки отвала требуются дополнительные площади земельных угодий.

*Переработка отвальной породы* и использование ее в производстве строительных материалов (например, кирпича). Данный способ снизит затраты на отвалообразование, на природоохранные мероприятия, на экологические платежи. Извлечение прибыли от реализации сырья. Минусом данного способа является большие затраты на строительство перерабатывающего производства, но при грамотном планировании предприятия затраты себя могут оправдать.

*Заиливание очагов самовозгорания пульпой.* Существуют различные взгляды на действие пульпы при заиливании. Одни авторы считают [3], что роль пульпы сводится лишь к изоляции угольных масс от доступа воздуха, т.е. к механической защите. По мнению других, пульпа обладает антиокислительными свойствами, третьи находят, что в зависимости от состава грунта, из которого готовится пульпа, она может либо оказывать антиокислительное действие на процесс окисления угля, либо увеличивать склонность угля к самовозгоранию [4]. Пульпа, подаваемая в очаг самонагревания, охлаждает уголь и создает на нем защитные пленки, препятствуя как выходу адсорбированных газов из углей, так и проникновению кислорода в уголь.

Большого эффективного действия, по мнению [2], можно ожидать при заиливании очага пожара суспензией  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2 + \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ , которая получается пропусканьем через смесь молотого известняка и воды углекислого газа до насыщения. Когда суспензия такого состава попадает в очаг пожара, то все более крупные полости и куски заполняются и обволакиваются известковой пульпой, а раствор двууглекислого кальция проникает во все мельчайшие поры и полости горячей массы, в которые молотый известняк не может проникнуть. Раствор осаждается в этих порах и полостях в виде очень трудно растворимого углекислого кальция, образуя защитные пленки на их поверхности.

В последнее время для предупреждения самовозгорания угля все более широкое распространение получили методы с использованием различных веществ, называемых антипирогенами. Они активно тормозят процессы окисления и самовозгорания угля. Их применяют как для предварительной обработки целиков угля, так и для подавления очагов самовозгорания породных отвалов.

Термин «антипироген» введен академиком А.А. Скочинским для обозначения всех веществ, препятствующих самовозгоранию угля. Изучение влияния антипирогенов на процесс низкотемпературного окисления угля проведенного в Институте горючих ископаемых, установлено положительное действие растворов серноокислого, углекислого и хлористого аммония, хлористого натрия и кальция, бикарбоната кальция и показана принципиальная возможность использования этих веществ в качестве антиокислителей.

Предложено [5], что при обработке углей химическими антиоксидантами может наблюдаться:

- 1) химическое взаимодействие антиокислителя с кислородсодержащими группами, образующимися в процессе окисления;
- 2) прекращение процесса окисления угля в результате более легкой окисляемости антиокислителя;
- 3) избирательная адсорбция антиоксиданта на активных участках поверхности, затрудняющая доступ к ним кислорода.

Когда эти процессы происходят одновременно, антиокислители оказывают значительное действие.

Исследованные антиоксиданты можно разделить на две группы: неорганические и органические антипирогены. Характер действия неорганических соединений как антиокислителей процесса окисления углей изучен недостаточно. В литературе по этому вопросу имеются противоречивые данные. В.С. Веселовский считает, что неорганические антиоксиданты действуют только механическим путем, покрывая поверхность угля. А.И. Хрисанфова, В.Л. Литвинов предполагают, что отдельные неорганические соединения, например, хлориды, наряду с механическим, оказывают и химическое воздействие на уголь. По их мнению, механизм взаимодействия хлоридов с углем сводится к нескольким стадиям:

- 1) химическое взаимодействие ионов кальция с перекисными группами;
- 2) взаимодействие ионов кальция с карбоксильными группами с образованием кальциевых солей, воды и соляной кислоты;
- 3) взаимодействие соляной кислоты с поверхностными окислами, приводящее к прерыванию реакций автоокисления;
- 4) взаимодействие соляной кислоты с минеральными составляющими угля и гашение их каталитического действия на окисление.

Лабораторными исследованиями установлено, что раствор  $\text{CaCl}_2$  является ингибитором низкотемпературного окисления угля при концентрации от 10 до 35%-ной [5].

Эффективность действия раствора  $\text{CaCl}_2$  повышается при его применении с глинистой пульпой, которая уменьшает поверхность угля, взаимодействующего с кислородом. Хорошее ингибирующее действие оказывают комбинированные растворы: 10%-ный  $\text{CaCl}_2$  + 5%-ный  $\text{NaCl}$ ; 5%-ный  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  + 4%-ный  $\text{CaCl}_2$  [6]. Процесс окисления угля тормозят 8–10%-ный раствор  $\text{NH}_4\text{Cl}$  и 1–20%-ный раствор  $\text{NaCl}$  и  $\text{KCl}$ .

К антипирогенам процесса окисления угля относят карбонаты и бикарбонаты. Из карбонатных производных хороший ингибирующий эффект дают  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , суспензия  $\text{CaCO}_3$  [7]. Эту суспензию добавляют в пульпу при тушении пожара.

Хорошим антиокислителем является 2–10 %-ный раствор жидкого стекла. Академик Н.Н. Семенов отмечал, что вопрос действия органических ингибиторов еще недостаточно изучен, но несомненно, в их состав входит слабосвязанный атом водорода. Реакция окисления угля протекает по радикально-цепному механизму, в ходе реакции образуется перекисный радикал  $\text{RO}_2$ , который легко отрывает этот атом водорода от молекулы замедлителя. В результате радикалы ингибитора становятся малоактивными и не способны к продолжению цепи.

Тормозящее действие ингибиторов зависит от двух факторов [5]: активности радикалов ингибиторов и от скорости реакций молекул ингибитора с перекисными радикалами.

Многие ингибиторы легко реагируют с перекисями, разрушая их, и в связи с этим процесс автоокисления останавливается. При слабом иницировании (например, при низких температурах) ингибитор сильно тормозит реакцию и оказывает на нее слабое воздействие в случае достаточно сильного иницирования.

Ингибиторами, замедляющими окислительные процессы, являются ингибиторы фенольного типа: фенол и многоатомные фенолы (пирогаллол, резорцин, гидрохимин). Они применяются в щелочных растворах [8]. Тормозящее действие этих веществ объясняется тем, что они легко отдают атом водорода, образуют при этом малоактивный радикал. Однако действие этих ингибиторов довольно слабое, они в состоянии лишь слегка замедлить реакцию окисления угля в результате образования нестабильных радикалов. Процесс окисления угля понижают сточные воды коксохимзаводов, содержащие феноловые и пиридиновые основания.

Установлено, что ингибиторами являются ароматические амины, высшие жирные кислоты и тяжелые углеводороды. В.М. Маевская для предупреждения самовозгорания в штабелях и породных отвалах рекомендовала фенол, анилин, фталевую кислоту, фурфурол, нафтеновую кислоту и метиланилин.

Процесс окисления угля понижают также растворы карболовой кислоты,  $\beta$ -нафтола и йодистого метила [9].

В последние годы ведутся работы с целью использования отходов промышленности в качестве ингибиторов-антипирогенов процесса окисления угля. В качестве ингибиторов испытаны отходы химических производств.

С целью поиска наиболее эффективного и недорогого материала в качестве антипирогена В.М. Маевской приведены испытания отходов промышленности Кузбасса. Получено, что из отходов химической промышленности наилучшими антипирогенными свойствами обладают баро-

метрический конденсат, метанольная вода и отход цехов капролактама. Относительное снижение сорбции после обработки угля перечисленными растворами составило 0,64–0,65. В состав этих отходов входят аммонийные соединения, которые обладают высокими антипирогенными свойствами. Отходы цеха фенола снижают сорбционную способность угля к кислороду в 1,4 раза. В.М. Маевской при изучении отходов цветной и металлургической промышленности установлено, что наилучшими антипирогенными свойствами обладают доменный и мартеновский шлаки, воды олива хвостохранилища алюминиевого завода.

Из всего выше сказанного можно подытожить, что проведены обширные работы по нахождению эффективных ингибиторов-антипирогенов процесса окисления угля. Однако вследствие разных методов определения эффективности воздействия антипирогенов на химическую активность угля, исследователи часто приходят к противоречивым результатам. Так, исследования профессора В.С. Веселовского показали, что суспензии гашеной извести, в лучшем случае, являются нейтральными в отношении окисления углей, а в некоторых условиях могут быть катализаторами окисления. В то же время работами А.И. Хрисанфовой и В.М. Маевской установлено, что эти суспензии являются наиболее эффективными антипирогенами из числа дешевых и недефицитных материалов.

Лабораторные исследования существующими методами не отражают полностью условий и химизма естественного процесса окисления ископаемых углей. Эффективность действия антипирогенов зависит от величины их добавки и от физико-химических свойств угля.

#### Литература.

1. Твердов А.А., Яновский А.Б., Никишевич С.Б., Апель Г. Профилактика и ликвидация горения породных отвалов. – Уголь, февраль, 2010. – С. 3–6.
2. Скочинский А.А., Огиевский В.М. Рудничные пожары. 2-е изд., доп. и перераб. – М.: УГЛЕТЕХИЗДАТ, 1954. – 390 с.
3. Бессолицина Г.Г. Исследование действия пульпы при профилактике заиливания. – Техника и технология разработки полезных ископаемых. 1966. Вып. 5. С. 284–289.
4. Саранчук В.И., Баев Х.А. Теоретические основы самовозгорания угля. – М.: Недра, 1976. – 151 с.
5. Хрисанфова А.И., Шубников А.К., Захаров А.Н., Гусев Г.П. Ингибиторы для борьбы с окислением и самовозгоранием ископаемых углей. – М.: Изд-во АН СССР, 1959. – 138 с.
6. Маевская В.М. Изыскание антипирогенов для профилактики тушения эндогенных пожаров. – Техника безопасности, охрана труда и горноспасательное дело. 1968. № 7. С. 43–44.
7. Осипов С.Н. Пути повышения эффективности антипирогенов, применяемых для предупреждения эндогенных пожаров. – Уголь Украины, 1966. № 9. С. 39–40.
8. Шубников А.К., Хрисанфова А.И., Захаров А.И. и др. Ингибиторы, предотвращающие или замедляющие процесс окисления и самовозгорания углей. – В кн.: Окисление и хранение твердых горючих ископаемых. М.: Трансжелдориздат, 1958. С. 61–84.
9. Терпегосова Е.А. Ингибиторы низкотемпературного окисления углей. – Изв. АН СССР, ОТН, 1954. № 4. С. 147–151.

### **УТОЧНЕННЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ВИБРОАКУСТИЧЕСКОГО ПОЛЯ В ЦЕХАХ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА**

*О.Н. Поболь, д.т.н., проф., Г.И. Фирсов\*, с.н.с.*

*Московский государственный университет технологии и управления  
им. К.Г. Разумовского, г. Москва*

*\*Институт машиноведения им. А.А. Благонравова РАН, Москва  
101990, Москва, Малый Харитоньевский пер., 4, тел. (495) 624-00-72*

*E-mail: firsovgi@mail.ru*

Производственный шум в цехах является в настоящее время основным экологическим фактором: превышение санитарных норм составляет 10–20 дБА, при этом большая часть оборудования имеет двадцати-сорокалетний срок службы. При модернизации промышленности закупку и оснащение новыми машинами, организацию производства и планирование шумозащиты необходимо выполнять с учетом соответствия шумовых характеристик машин требованиям санитарных норм. Для оценки воздействия шума машин на работающих в производстве и эффективности технических средств и организационных мероприятий по шумозащите необходимо знание характеристик шумового режима в цехах предприятий - октавных спектров уровней звукового давления и уровней звука на рабочих местах [1,2].