

Снижение загрязнения окружающей среды при ликвидации углепородных отвалов

ИШХНЕЛИ Отари Георгиевич

Заместитель

генерального директора —

научно-технический директор

ОАО «ННЦГП — ИГД им. А. А. Скочинского»

ЛИМАНСКИЙ Александр Васильевич

Директор Центра экологии

горного производства,

канд. техн. наук

ВОРОНКОВ Георгий Яковлевич

Ведущий научный сотрудник

ОАО «ННЦГП — ИГД им. А. А. Скочинского»,

докт. техн. наук

В статье рассмотрены предложения и мероприятия по снижению негативного влияния горящих и расположенных к возгоранию породных отвалов на экологию окружающей среды путем их управляемого сжигания.

Ключевые слова: *загрязнение окружающей среды, углеродные отвалы, экология, управляемое сжигание, террикон.*

Контактная информация:

e-mail: igd@igds. ru

Мониторинг негативных экологических последствий углепородных отвалов, проводимый на ликвидируемых шахтах и разрезах Восточного Донбасса, Кузбасса, Печорского, Челябинского, Кизеловского бассейнов, угольных месторождений Приморского края, Сахалинской области с целью выявления, предупреждения, ликвидации и локализации опасных техногенных процессов и явлений, приводящих к аварийным ситуациям, угрозе безопасности и здоровью населения, загрязнения окружающей среды, показал, что особую роль в ухудшении экологии окружающей среды играют горящие терриконы¹ [1].

¹ *Терриконы (или терриконники) — в переводе с французского языка «коническая насыпь», — отвалы породы, образующиеся и остающиеся и в результате работы предприятий угольной промышленности после угледобычи. Здесь опускается часто употребляемое определение «отвалы пустой породы...», потому что пустой, даже с точки зрения наличия в ней того, что добывалось (уголь), эти отвалы не являются. Скорее их можно назвать углепородными отвалами.*

Отмечено, что на ранее рекультивированных углепородных отвалах и терриконах обнаруживаются многочисленные очаги горения. Горят не только терриконы и отвалы, сформированные в середине прошлого века, но и рекультивированные в 2000-2009 гг. (рис. 1).

В настоящее время основным способом рекультивации отвала является засыпка и уплотнение поверхности слоем суглинка толщиной 0,3-0,5 м. Такой метод профилактики против горения углепородных отвалов является малоэффективным, так как суглинок размывается атмосферными осадками, и часть поверхности отвала обнажается. В теплое время года с потерей влаги на слое суглинка образуются трещины (рис. 2).

Все это способствует проникновению вглубь отвала воздуха. Поэтому такое укрытие не устраняет в последующем доступа воздуха в массив и приводит только к временной отсрочке его горения. Из этого следует, что очаги горения, укрытые таким способом, лишь на короткое время уменьшают поступление воздуха в массив углепородного отвала или террикона. Прекратить поступление в трещиноватую пористую структуру отвала атмосферного воздуха на длительный срок не представляется возможным.

Кинетическая константа скорости сорбции кислорода для углей достаточно высока, она достигает 10-16 см³/м² в ч [2], что значительно выше, чем, например, для глинистого песчаника — 0,23 см³/м². Это объясняет высокую склонность углепородных отвалов с высоко-развитой внутренней поверхностью к самовозгоранию. Поступление окислителя — кислорода воздуха в массив приводит к окислению угля и разогреву углепородного отвала. Это является основной причиной самовозгорания находящегося в его составе угля и источником, поддерживающим горение террикона. В зависимости от количества атмосферного воздуха, поступающего через вскрытые участки поверхности террикона в его массив по пустотам и трещинам, а также расположения очага самовозгорания, высоты террикона и др., интенсивность выгорания и вредное влияние на окружающую среду могут продолжаться годами и часто приводят объект практически в аварийное состояние (см. рис. 1).

Углепородные отвалы наносят громадный вред окружающей среде в результате сдува пыли с его поверхности, что приводит к загрязнению атмосферного воздуха, почвы, сельскохозяйственных угодий, водоемов и поселений, расположенных в окрестности. Горящие углепородные отвалы еще генерируют выделение значительных объемов токсичных (окиси углерода и др.) и иногда радиоактивных газовых смесей. Все это поступает в атмосферу, ухудшает экологическую обстановку в прилегающей местности и негативно влияет на здоровье населения, проживающего не только в непосредственной близости (до 500 м) от отвала, но и на расстояниях до 3-5 км. Например, угарный газ (окись углерода (CO) блокирует гемоглобин крови, разносящий кислород по человеческому организму и, следовательно, приводит к кислородному голоданию, что особенно опасно для сердечников и детей. Эмиссия токсичных микроэлементов (мышьяка, ртути, селена, бериллия и др.), часто содержащихся в отвале, также подвергает опасности здоровье населения.

Следует отметить, что углепородными отвалами отчуждаются тысячи гектар земельных ресурсов. Наиболее остро эта проблема стоит в Восточном Донбассе. В бывших шахтерских городах большое количество отвалов находится в черте города.

Учитывая большое количество горящих углепородных отвалов и терриконов, затраты на проведение работ по выявлению и локализации очагов возгорания, высокую стоимость их тушения, считается целесообразным не рекультивировать повторно углепородные отвалы применяемым в настоящее время неэффективным способом, а минимизировать их негативное влияние на окружающую природную среду, посредством организации режима контролируемого горения органической массы отвала. Это позволит за сравнительно короткое время осуществить полную ликвидацию террикона и снизить вредное его влияние как экологически опасного объекта, так как применение управляемого сжигания позволит не только ускорить процесс горения, но и снизить объемы вредных выбросов в связи с повышением интенсивности поступления окислителя в зону горения. Отходы горения (горелик) можно выгодно использовать как строительный материал.



Рис. 1. Горящий углепородный отвал шахты им. В. И. Ленина (Восточный Донбасс, г. Новошахтинск)



Рис. 2. Потрескавшееся покрытие отвала



Рис. 3. Скорость выгорания угля в зависимости от интенсивности подачи воздуха к очагу горения при содержании углерода в массиве 23 %

При этом считается также возможным использование тепла горящих терриконов (тепловая мощность, содержащаяся в отвале, достигает $5-8 \cdot 10^{10}$ ккал на 100 тыс. m^3 массы). Представляет интерес также рациональное использование отходов горения. При обнаружении в отходах горения достаточного количества ценных и редкоземельных элементов (серебра, молибдена, вольфрама, скандия, германия, рутения, галлия, иттрия и др.) последние могут быть выделены традиционными методами комплексной переработки минерального сырья. Получение товарной продукции такой категории может принести значительный экономический эффект. Так, мировая цена на скандий близка к цене на золото, а цена рутения превышает цену на золото.

Теплофизические расчеты [3] показывают, что скорость выгорания углепородного массива зависит от интенсивности поступления в зону горения окислительного агента — кислорода воздуха (рис. 3).

Из данных рис. 3 видно, что при наличии одного очага горения и невысокой скорости поступления воздуха в зону горения скорость выгорания составляет несколько килограммов в час. При высокой интенсивности подачи воздуха скорость выгорания угля может достигать нескольких тонн в час.

Учитывая пористую структуру и трещиноватость террикона, а также то, что очаг горения обычно образуется вблизи поверхности (~2,5-5 м) (см. рис. 1), можно установить, что в естественных условиях при наличии на поверхности отвала участков обнажения к очагу горения может поступать воздух с интенсивностью от 0,5 до 4 $m^3/ч$. Это означает, что скорость выгорания отвала может колебаться от 0,2 до 1,5 $кг/ч$. Такая разница в интенсивности поступления воздуха к очагу горения может привести к тому, что горение отвала (террикона) объемом 100 тыс. m^3 может продолжаться в течение 2-17 и более

лет. Неопределенность в сроках горения отвала не позволяет эффективно планировать работы по контролю за горящими терриконами.

Управляемое, контролируемое горение террикона с целью сокращения сроков его ликвидации, снижения вредных выбросов и полной рекультивации предлагается осуществить путем проведения подготовительных работ в виде бурения скважин в массив углеродного отвала или террикона и оборудование их трубами. Трубы должны быть расположены в середине площади основания террикона. Трубы оборудуются аппаратурой для измерения расхода воздуха и регулирования его подачи. Часть трубы должна иметь отверстия для выхода воздуха в массив террикона. Подача воздуха происходит за счет естественной тяги или с использованием воздуходувок. При работе на горящем террикоме или, когда очаг горения расположен вблизи поверхности высокогорного террикона, на трубе оборудуется также устройство для осуществления розжига угля. Для устранения возможности образования прогаров и неконтролируемого поступления воздуха по затрубному пространству часть поверхности отвала в районе торца трубы дополнительно герметизируется, а обсаженная часть трубы должна быть не меньше 2-3 м.

При открытии заслонки возникает воздушная тяга, величина которой зависит от высоты террикона, от пористости углеродного массива и наличия в нем трещин. В процессе горения вследствие обвала сгоревшей породы естественная пористость массива и трещиноватость может меняться. В этом случае, чтобы поддерживать оптимальный режим горения необходимо регулировать величину подачи воздуха.

Для углеродного террикона объемом 100 тыс. м³ и содержащего углерода 23 %, зольности — 55 % и влаги — 12,56 % (теплота сгорания такого отвала в среднем составляет 2 358 ккал/кг (9,8 МДж/кг), температура горения может достигать 1 500°С. С целью определения оптимальной скорости выгорания угля были проведены термохимические расчеты. Ранее проведенные на данном террикоме наблюдения показали, что после образования очага горения террикон в течение длительного времени продолжал гореть с различной интенсивностью. При этом состав образующихся при горении газов в среднем содержал: окись углерода (угарного газа) CO — 10,2 %, сероводорода H₂S — 0,08 %, углекислого газа CO₂ — 12 % и азота N₂ > 75 %. Теплота сгорания такого газа, по расчету, не превышает 330 ккал/м³, химический КПД топочного процесса в террикоме не достигает 0,3. По составу газа горящего террикона можно определить не только теплоту сгорания газа, но

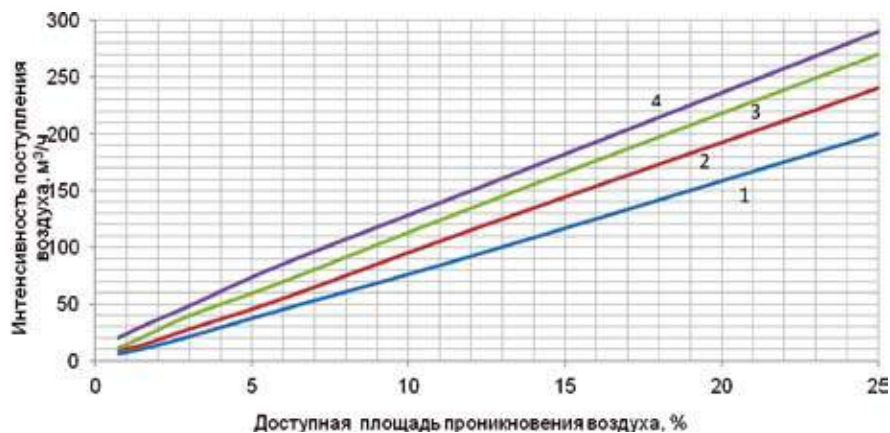


Рис. 4. Влияние доступной площади проникновения воздуха в массив террикона при обвалах породы на интенсивность поступления воздуха к очагу горения: 1, 3 — высота террикона 9 м; 2, 4 — высота террикона 16 м; 1, 2 — горение в летнее время; 3, 4 — горение зимой

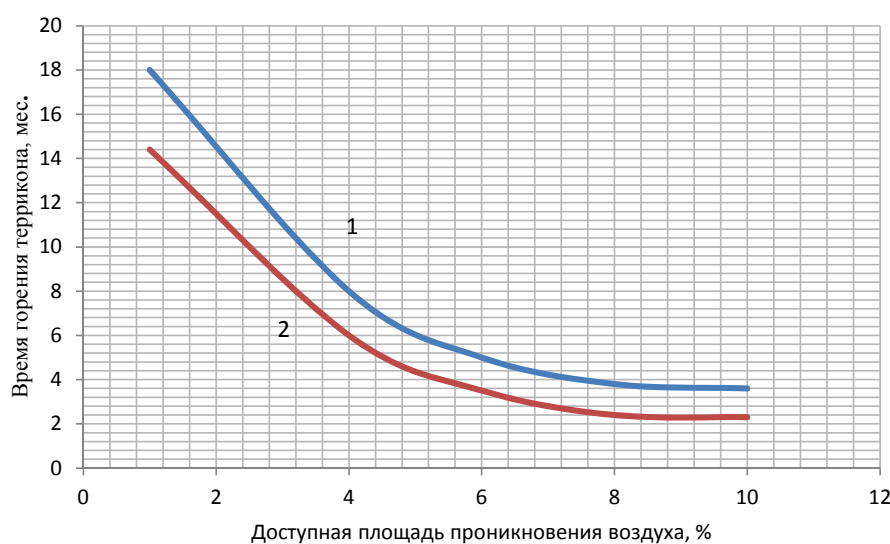


Рис. 5. Время выгорания террикона (100 тыс. м³) при различном состоянии проникновения воздуха в зону горения: 1 — высота террикона 9 м; 2 — высота террикона 16 м

и количество воздуха, необходимого для образования такого газа [3]. Расчеты показали, что при таком состоянии неконтролируемого режима горения и при существующем в данное время естественном поступлении в очаг количества воздуха террикон в течение 2-17 лет будет находиться в горящем состоянии, выделяя каждый час около 10-5 л вредного угарного газа (CO) с примесью сероводорода (H₂S), а также углекислый газ (CO₂) и азот.

Интенсивность горения зависит от регулирования подачи воздуха, условий проникновения воздуха по поровому пространству массива, а также от высоты места выхода газов в атмосферу над точкой входа воздуха в массив. Следует также отметить, что в зимнее время ввиду увеличения разности температур снаружи и внутри массива скорость поступления воздуха возрастает. Расчеты показали, что свободный проход воздуха по трещинам и пористому пространству массива, освоенного обвалами сгоревшей поро-

ды, оказывает определенное влияние на поступление воздуха в зону горения и зависит также от высоты террикона и окружающей температуры (рис. 4).

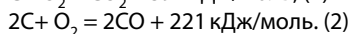
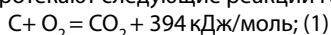
Данные об интенсивности поступления окислителя в зону горения позволяют рассчитать полное время выгорания органической массы угля в углеродном террикоме. На рис. 5 представлены усредненные данные по выгоранию террикона объемом 100 тыс. м³ для различных условий проникновения воздуха по трещинам и пустотам массива (в качестве такой характеристики принята доступная для проникновения воздуха площадь массива террикона в процентах от общей площади террикона над зоной выхода воздуха из трубы).

Из данных рис. 5 следует, что наиболее практически приемлемыми сроками выгорания террикона объемом 100 тыс. м³ может быть временной интервал в 4-10 мес. Такая скорость выгорания данного террикона будет иметь место, если расход воздуха, поступающий в трубу, будет

примерно 35-16 м³/ч. При повышенном поступлении воздуха может наблюдаться слишком интенсивное горение, что может быть пожароопасно для окружающей среды. В этом случае необходимо с помощью регулирующих устройств уменьшить объем поступающего воздуха к очагу горения. При слабом поступлении воздуха, когда доступная площадь пор вследствие образования плотных обвалов уменьшилась до двух процентов, и количество поступающего в трубу воздуха уменьшилось до 15 м³/ч, необходимо на какое-то время организовать принудительное дополнительное дутье с помощью воздуходувки до необходимой величины.

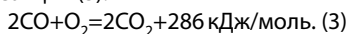
Регулируя интенсивность подачи воздуха к очагу горения, можно устанавливать сроки ликвидации горящего террикона.

При горении угля в массиве террикона протекают следующие реакции горения:



Окислитель (кислород воздуха) подается по трещинам и порам массива и вступает в контакт с горящим углем. В результате происходит процесс горения (окисления) по реакции (1). При недостатке кислорода в зоне горения протекает реакция (2) с образованием окиси углерода, угарного газа CO. Такая ситуация имеет место при слабом поступлении воздуха в массив террикона. При организации управляемого горения интенсивная подача воздуха к горящему и низко расположенному очагу горения позволяет увеличить кислородную зону в районе очага горения.

При наличии свободного кислорода, соответствующей температуры в кислородной зоне и на участке прогаров в объеме движущегося потока воздуха протекает реакция (3):



При необходимости можно увеличить протяженность кислородной зоны путем организации дополнительного поступления воздуха, создавая участки с нарушенным покрытием поверхности по высоте террикона.

Все реакции (1) - (3) протекают со значительным выделением тепла.

Установлено, что при увеличении кислородной зоны и участков прогара до нескольких метров (4-6 м) концентрация угарного газа (CO) в отходящих продуктах сгорания уменьшается более чем вдвое. Создание дополнительных участков поступления воздуха по высоте террикона позволит снизить концентрацию угарного газа (CO) в отходящих газах еще больше. В составе газа будет находиться азот, а также повышенное содержание углекислого газа (CO₂). Таким образом, организация управляемого горения террикона приведет не только к его ликвидации, но и к уменьшению вредных выбросов в атмосферу в процессе его горения.

Помимо экологического эффекта применение управляемого горения терриконов может быть также экономически эффективным. Тепловая мощность, содержащаяся, например, в данном терриконе, достигает 7·10¹⁰ ккал. Большую часть тепла горящего террикона с помощью

встроенных теплообменников можно отбирать для теплоэнергетики и бытовых нужд (получения пара, горячей воды). При отборе тепла в связи с уменьшением температуры за счет нагрева воды в теплообменнике необходимо увеличивать подачу воздуха.

Остатки горения (горелик) могут эффективно использоваться как строительный материал.

Мониторинг состояния очага горения проводится георадиолокационным методом дистанционного зондирования, а также с применением методов традиционной тепловой съемки с использованием термометров и многозонных датчиков контроля температуры.

Организация управляемого горения террикона предусматривает проведение мероприятий по обеспечению технологического обслуживания процесса ликвидации террикона с соблюдением правил техники безопасности, что потребует определенных капитальных затрат и создания новых рабочих мест.

Список литературы

1. Лиманский А. В. Энергоэффективные решения экологических проблем углепромышленных территорий // Уголь. — 2012. — №9. — С. 57-63.
2. Веселовский В. С. и др. Прогноз и профилактика эндогенных пожаров. — М.: «Наука». — 1975. — 286 с.
3. Равич М. Б. Эффективность использования топлива. — М.: «Наука». — 1977. — 344 с.

На шахте «Замчаловская» запущена новая лава №410

С запуском новой лавы добыча угля на шахте «Замчаловская» в 2013 г. увеличится в 4 раза и ожидается на уровне 1500-2000 т антрацитов в день.

После входа лавы №410 в феврале 2013 г. в сложное горно-геологическое нарушение было принято решение об остановке очистного забоя под демонтаж и проведение новой разрезной печи. За период перемонтажа был произведен капитальный ремонт секций крепи КД-80 на Каменском машиностроительном заводе (входит в компанию «Горные машины Рус») с оснащением современной управляющей гидравликой фирмы «ОНЕ». Были приобретены высокопроизводительный узкозахватный очистной комбайн УКД-400, забойный скребковый конвейер СП-251.14, крепь сопряжения УКС, подлавный



перегрузочный СП-251.15 с дробилкой ДСШ производства «Горные машины Рус».

Всего в рамках реализации инвестиционной программы компании для подготовки новой лавы №410 и для добычи угля в период с декабря 2012 г. по август 2013 г. было поставлено оборудования и материалов на сумму свыше 250 млн руб.

После окончания монтажа оборудования генеральный директор «КИНГКОУЛ»

В.Г. Пожидаев лично проинспектировал всю транспортную цепочку шахты «Замчаловская» длиной более 10 км на предмет ее готовности к выдаче угля из лавы №410.

29 августа 2013 г., после сдачи комиссии выемочного участка лавы №410, бригада А.П. Костенко (начальник участка - С.Л. Фадеев) приступила к эксплуатации очистного забоя, добыв в первые сутки 460 т угля.

Коллектив шахты возлагает большие надежды на новый очистной забой. Новая высокопроизводительная техника должна позволить увеличить нагрузку на лаву №410 до 1500-2000 т/сут., что в свою очередь даст стабильность в работе предприятия, уверенность в завтрашнем дне и перспективы его дальнейшего развития и модернизации.