

УДК 622**ВЛИЯНИЕ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА УГОЛЬНЫХ
РАЗРЕЗОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И БЕЗОПАСНОСТЬ ТРУДА**

Д.Е. Скударнов, аспирант, гр. БТаз-171, I курс,
А.А. Квасова, научный сотрудник отдела аспирантуры докторантуры,
В.А. Портола, д.т.н., профессор,
А.А. Бобровникова, к.х.н., доцент, Е.В. Мурко, к.т.н., доцент
Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева
Кемерово, Россия.

Добыча угля открытым способом приводит к перемещению огромного количества горных пород, изменению уровня подземных вод и перераспределению потоков воды. Вскрытие угольных пластов сопровождается выделением из полезного ископаемого и вмещающих пород газов, образовавшихся в процессе метаморфизма угля и его окислении кислородом воздуха. Работа угольного разреза сопровождается загрязнением атмосферы частицами пыли из угля и вмещающих пород, а также выделяющимися газами. Одновременно происходит загрязнение воды и плодородного слоя почвы. Коэффициент использования природных ресурсов находится в пределах от 0,02 до 0,1. Большая же часть добытых ресурсов возвращается в окружающую природную среду с ухудшенным составом и свойствами. На угольных разрезах также фиксируется повышенный уровень риска воздействия на людей опасных и вредных факторов, реализация которых приводит к травматизму и заболеваниям.

Повышенную опасность для окружающей природной среды и работников угольных разрезов представляет автомобильный транспорт, перевозящий породу и уголь. Анализ аварийности показал, что до 30% случаев травматизма при ведении открытых горных работ в угольной промышленности приходится на транспорт. Основными случаями травматизма на транспорте являются падение автосамосвалов в отвалы (при разгрузке), уход транспортных средств под откос (при движении), выполнение операций по буксировке транспорта, столкновение самосвалов. На сотрудников автомобильного транспорта угольных разрезов приходится 27% смертельных случаев. Основными причинами травматизма являются нарушения правил безопасности и технологических процессов, отказ оборудования. При проведении обслуживания и ремонта машин основными причинами травматизма являются отступления от технологических карт выполнения работ, ненадежная организация работ, недостаточный объем знаний персонала для безопасного выполнения работ. Остается высоким и уровень профессиональных заболеваний работников угольных разрезов. Наиболее распространенным заболеванием сотрудников угольных разрезов

являются поражения дыхательных путей из-за воздействия пыли и токсичных газов. Распространена также вибрационная болезнь.

Автомобильный транспорт угольных разрезов наносит также существенный ущерб окружающей природной среде. Негативное воздействие на природу может быть прямым и косвенным. Прямой ущерб обусловлен выхлопными газами, образующимися при сгорании топлива в двигателях. Так, мощность установленного на автомобиле БелАЗ 75131 двигателя равна 1194 кВт, его рабочий объем 50 л и расход топлива 195 л на 100 км. Существенное прямое воздействие на окружающую среду оказывает выделение пыли, происходящее при движении автомобилей, погрузке и разгрузке угля и породы. Как правило, область негативного влияния угольных разрезов распространяется на территории, значительно превышающие площадь горных отводов предприятий, захватывая зоны проживания людей.

Примером влияния угледобывающих разрезов на образование пыли является разрез «Кедровский». Вывоз вскрышных пород на внешние отвалы осуществляется железнодорожным и автомобильным транспортом. Транспортировка вскрышных пород автомобильным транспортом (БелАЗ-548, БелАЗ-75191, БелАЗ-75214, БелАЗ-75128 и др.) осуществляется на внешние автомобильные отвалы. Результаты замеров запыленности воздуха в кабине автомобиля в месте погрузки при различных климатических условиях приведены в табл. 1.

Таблица 1

Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %	Запыленность в кабине, мг/м ³	Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %	Запыленность в кабине, мг/м ³
-4,0	77	14,2	+22,8	55	40,3
-2,6	68	16,6	+29,8	42	50,8
+6,8	76	2,5	+30,4	73	57,6

Анализ приведенных данных показывает, что количество пыли в кабине в летний период в 3 раза больше, чем в зимний. Наименьшая запыленность наблюдается в осенне-весенний период (в 20 раз меньше, чем летом). Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что наибольшее влияние на процесс пылеобразования оказывает влажность и температура горных пород. Влажность пород в основном зависит от количества выпадающих осадков и температуры окружающего воздуха. Распределение осадков в течение года по разрезу «Кедровский» приведено в табл. 2.

Из приведенных данных видно, что наибольшее количество осадков выпадает весной и осенью. В то же время из-за незначительной температуры и высокой относительной влажности воздуха наблюдается снижение испарения жидкости из пород, что позволяет им длительное время сохранять повы-

шенную влажность. В результате в этот период наблюдается минимальное пылеобразование.

Таблица 2

Период года	Среднее число дней с осадками	Количество осадков, мм	Процент к годовым осадкам, %
Зима	30	26,7	7,9
Весна	34	82,9	23,6
Лето	30	68,9	21,1
Осень	40	158	47,4

В зимний период, длящийся 5-6 месяцев, снежный покров удерживается на поверхности разрезов и породных отвалов, что снижает выделение пыли по сравнению с летним периодом. В летний период солнечная радиация и высокая температура воздуха приводят к быстрому высушиванию породы и усиленному пылеобразованию.

Концентрация пыли в воздухе и дальность ее распространения зависят также от скорости ветра. На разрезе «Кедровский» в течение года преобладают ветры южного направления (39 %), юго-западного направления (26 %), а штилевые ситуации составляют 30 %. Среднегодовая скорость ветра равна 2,8 м/с.

Учитывая, что влажность породных отвалов является единственным управляемым фактором, влияющим на выделение пыли, целесообразно подсчитать количество образующейся пыли на породных отвалах разреза «Кедровский» при различной влажности пород. Выброс твердых частиц в атмосферу при формировании породных отвалов можно определить по выражению [1]

$$M_{\phi} = K_1 K_0 \Pi (1-p) 10^{-6} \quad (1),$$

где K_1 – коэффициент учитывающий скорость ветра (1,2); K_0 – коэффициент, учитывающий влажность материала (0,1 при влажности вскрышных пород от 11,9 до 13,9 %); Π – количество породы, подаваемой в отвал; p – эффективность применяемых средств пылеподавления.

Объем отвала, формируемого железнодорожной вскрышей, равен 7307 тыс. м³/год, а автомобильным транспортом 27186 тыс. м³/год. Расчетные данные влияния влажности пород на количество выделяющейся в атмосферу пыли из породных отвалов разреза «Кедровский» представлены на рис. 1.

Из приведенных данных видно, увлажнение поверхности породных отвалов способно в несколько раз уменьшить массу выделяемой в атмосферу пыли. Полученные результаты позволяют рассчитать количество требуемой воды и периодичность увлажнения в зависимости от атмосферных метеоро-

логических условий для поддержания запыленности воздуха на требуемом уровне.

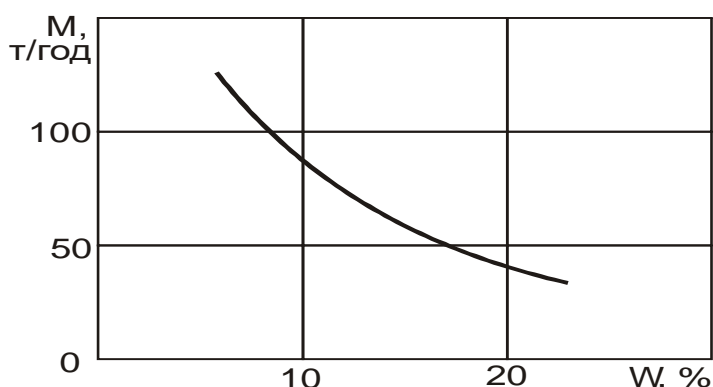


Рис. 1. Выделение пыли из породных отвалов разреза в зависимости от влажности пород

Косвенный ущерб природной среде от использования автомобильного транспорта на угольных разрезах может происходить от нагрева перевозимого угля и углесодержащих пород. Так, применяемые на разрезах самосвалы имеют систему подогрева кузова выхлопными газами. Такой подогрев предотвращает смерзание перевозимых пород в зимнее время. Однако в летний период в кузове автомобиля происходит подогрев пород. Проведенные замеры показали, что поверхность кузова может нагреваться до температуры 100 °С и более. Уголь способен окисляться кислородом воздуха при естественных температурах. Количество тепла, выделяемого при взаимодействии кислорода с углесодержащими породами, зависит от температуры и может быть определено по следующей формуле

$$Q = q\rho Cke^{-E/RT}, \quad (2)$$

где q - тепловой эффект реакции окисления; ρ - плотность скопления; C - концентрация кислорода; k - константа скорости окисления; E - энергия активации; R - газовая постоянная; T - температура.

Из приведенного уравнения видно, что повышение температуры скопления углесодержащих пород ведет к экспоненциальному увеличению количества выделяемого тепла. Отношение количества тепла, выделившегося в результате взаимодействия с кислородом углесодержащей породы при различных температурах T_0 и T_1 , можно описать уравнением

$$Q_1/Q_0 = e^{E(T_1-T_0)/RT_1T_0}, \quad (3)$$

где Q_0 - количество тепла, выделившегося при естественной температуре T_0 ; Q_1 - количество тепла, выделившегося при повышенной температуре T_1 .

Расчет по формуле (2) показывает, что при нагреве углесодержащей породы, имеющей энергию активации 42 кДж/моль, с 20 до 50 °С, количество

выделяющегося тепла возрастает в 5 раз, а в случае прогрева до 70 °С количество образующегося тепла увеличивается в 12,4 раза. Таким образом, из приведенных расчетов видно, что начальный тепловой импульс является важнейшим фактором для развития процесса самовозгорания в малоактивных углесодержащих породах.

При самовозгорании угля и углесодержащих пород образуются такие токсичные газы, как оксид углерода, сероводород, сернистый ангидрид и т.п., способные распространяться на большие расстояния, нередко достигая рабочих и жилых зон, превышая предельно допустимые концентрации. Кроме того, на горящих породных отвалах возможны взрывы за счет интенсивного парообразования в случае попадания воды в образующиеся раскаленные полости.

Проведенные исследования показали, что поверхность породного отвала прогрета неравномерно. Очаги с высокой температурой в основном формируются в местах возникновения трещин, нарушений уплотненной поверхности (разрыхленные участки), возвышенностях и на бортах отвала. Температура поверхности в таких очагах составляла 130 – 200 °С. На бортах отвала, где происходит интенсивный подвод воздуха, наблюдался открытый огонь, температура раскаленных пород достигает 500 – 600 °С. На ровной поверхности отвала температура пород составляет 30 – 60 °С.

Концентрация оксида углерода у поверхности отвала колебалась в широких пределах в зависимости от температуры и уплотненности горных пород. Над рыхлой разогретой поверхностью концентрация оксида углерода достигала 0,05 %. В отдельных местах зафиксировано выделение метана (до 0,5 %) и водорода до 0,1 %. Проведенные замеры показали, что над разогретой поверхностью отвала наблюдается повышенное выделение радона. Так, фоновые потоки радона с поверхности отвала составляли 30-60 мБк/(м²·с). В местах очагов самонагревания поток радона достигал значений 300-450 мБк/(м²·с). Интенсивность выделения радона зависела не только от температуры горных пород, их проницаемости, но и температуры воздуха. При охлаждении воздуха потоки радона увеличивались при неизменной температуре очагов самонагревания.

Таким образом, проведенные исследования показали, что концентрация оксида углерода и потоков радона в некоторых точках поверхности отвала может существенно превышать допустимые санитарные нормы для рабочих зон. Наблюдается неравномерность прогрева поверхности породного отвала и выделения опасных газов. Интересным фактом является повышенная концентрация водорода в отдельных точках отвала.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Автомобильный транспорт угольных разрезов представляет повышенную опасность для людей, являясь причиной травматизма (до 30 % от всех случаев) и профессиональных заболеваний. Автомобильный

транспорт разрезов негативно влияет на окружающую среду из-за выделения пыли, токсичных газов.

2. Источником пыли на угольных разрезах является транспортировка, погрузка и разгрузка угля и горной породы. Запыленность воздуха разрезов зависит от времени года, температуры воздуха и количества атмосферных осадков. Наибольшая запыленность зафиксирована в летний период.

3. Автомобильный транспорт может быть причиной самовозгорания складов угля и породных отвалов из-за прогрева транспортируемой горной массы выхлопными газами в кузове самосвала.

4. Возникающие на породных отвалах очаги самовозгорания приводят к неравномерному нагреву горной массы, повышенному выделению оксида углерода, радона и других газов.

Список литературы:

1. Portola V. A. Radon Emission from Coal Mines of Kuzbass Region [Electronic resource] / V. A. Portola, E. S. Torosyan, V. K. Antufeyev // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2016. – Vol. 127: Urgent Problems of Modern Mechanical Engineering. – [012021, 5 p.].

2. Portola V., Galsanov N. Inert compositions for underground fire fighting in mines. Chinese Coal in the XXI Century: Mining 2014. Taishan Academic Forum – Project on Vine Disaster Prevention and Control. Mining, Green and Safety, October 17-20, 2014. Qingdao, China, 2014. – P. 356-360.

3. Portola V.A. Assessment of the effect of some factors on spontaneous coal combustion. Journal of Mining Science. 1996. 32(6). P. 536-541.

4. Portola V.A. Gas anomalies above underground gas sources. Journal of Mining Science. 1996. 32(3). P. 212-218.