

Заключение

Формализована взаимосвязь процессов, характеризующихся определенными физическими, физико-химическими и биологическими закономерностями влияющими на водно-воздушный режим, скорость протекания процессов биодеструкции отходов, состав эмиссионных продуктов и популяций микроорганизмов в массиве отходов, которая идентифицирована с помощью физических, математических и имитационных моделей. Модели диффузионно-фильтрационной эмиссии биогаза и фильтрата позволяют рассчитывать материально-энергетический баланс в массиве ТБО и имеют важное значение для прогноза эмиссионных потоков.

Литература

1. Костарев С.Н., Середа Т.Г., Михайлова М.А. Системный анализ управления отходами. LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co. KG, 2012. – 353 с.
2. Середа Т.Г. Обоснование технологических режимов функционирования искусственных экосистем хранения отходов: дис. ... докт. техн. наук: 03.00.16. – Пермь, 2006.
3. Середа Т.Г., Файзрахманов Р.А., Костарев С.Н. Научные технологии в проектировании искусственных экосистем хранения отходов. – Пермь, Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2006. – 290 с. – ISBN 5-98975-088-9.
4. Пат. № 2162059 RU. Способ очистки сточных вод полигонов твердых бытовых отходов от тяжелых металлов / Т.Г. Середа, С.Н. Костарев.
5. Костарев С.Н., Середа Т.Г. Управление влажностью отходов на полигонах депонирования // Автоматизация и современные технологии. – 2006. – № 2. – С. 10–14.
6. Prechtel, A., Knabner P., Schneid E. and Totsche K.U. Simulation of carrier facilitated transport of phenanthrene in a layered soil profile. Journal of Contaminant Hydrology, 56(3-4), 2002. pp: 209–225.
7. Артемов Н.И., Середа Т.Г., Костарев С.Н., Низамутдинов О.Б. Технологии автоматизированного управления полигоном твердых бытовых отходов // Международный журнал экспериментального образования, 2010. № 11. – С. 43.
8. Костарев С.Н. Статистически оптимальное управление процессом биодеструкции твердых бытовых отходов на полигоне захоронения // Автоматизация и современные технологии, 2009. № 3. С. 6–8.
9. Sereda, T.G., Kostarev S.N. Erarbeitung eines mathematischen Modells der Monitoringsprozesse und der Steuerung der Haushaltsabfälle und der Industrieabfälle / Sammelband, Berichte des Hauses der Wissenschaftler, Ausgabe 4, 2002. Umweltschutzprobleme. – Hamburg.

ВЛИЯНИЕ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА УГЛЯ НА ПРОЦЕСС ЕГО РАЗОГРЕВА

С.А. Син, аспирант, В.А. Портола, д.т.н., проф.,

Кузбасский технический университет, г. Кемерово

650030, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, тел. (3842) 39-63-70

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского

Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел. (38451)-6-24-01

Зависимость химической активности угля от степени его измельчения исследована в работах многих авторов, в частности А.А. Скочинского [1], В.С. Веселовского [2], В.В. Померанцева [3], Н.И. Линденау, В.М. Маевской [4]. Во всех указанных работах отмечается рост скорости окисления угля при уменьшении размера его частиц. В [1], например приведены данные, согласно которым уменьшение размера частиц с (0,35 – 0,80) мм до (0,07 – 0,15) мм увеличивает относительную скорость окисления в 2 раза. При увеличении размера частиц угля до (2,4 – 4,7) мм имеет место её снижение в 5 раз:

Оценка влияния содержания кислорода в рудничной атмосфере на процесс самовозгорания производилась практически всеми исследователями, работавшими над решением проблемы профилактики и тушения пожаров от самовозгорания угля [1,2,4,5]. Как и при аналогичных исследованиях влияния размера фракции угля на сорбционную активность в анализируемых работах отсутствуют противоречивые результаты. Отмечена прямолинейная зависимость скорости сорбции с ростом его концентрации. Однако при оценке естественного (изоляция) или искусственного способа (инертизация) снижения концентрации кислорода в районе формирования очага самонагревания выводы исследователей не однозначны.

В частности, в работе [2] негативно оценивается возможность способа газовой профилактики за счёт окислительной дезактивации угля при нагнетании в выработанное пространство инертных (топочных) газов с низким содержанием кислорода. На интенсивное протекание реакции окисления угля в условиях высоких концентраций кислорода указывают также данные исследований В.М. Мавевской [4]. Однако при этом отмечается, что при низких температурах очага самонагревания, 30–40⁰С, термостабилизация возможна при концентрации кислорода в газозвушной смеси до 10%. При более высоких температурах, на стадии возгорания, его содержание не должно превышать 5%.

Кроме того, в работе [4] отмечается, что на интенсивность развития процесса самовозгорания угля при любой зафиксированной концентрации кислорода оказывает влияние скорость газозвушной струи. Её увеличение до оптимальных значений, по утверждению авторов, приводит к снижению скорости разогрева скопления угля за счёт конвективного выноса тепла. Оптимальные (неопасные) значения скоростей воздуха обозначены как менее 0,001 м/с и более 0,015 м/с. К малоопасным отнесены скорости 0.0010 – 0.0016 м/с. К опасным – от 0.0016 – 0,0150 м/с. Влияние управляемых факторов: концентрации кислорода и скорости газозвушной смеси на температуру стабилизации очага самонагревания, исследованы В.Г. Игишевым в работе [5].

Для всех выше обозначенных работ характерно различие методик исследований, позволяющих производить лишь качественную оценку исследуемых факторов. Этим и вызвана необходимость оценки фракционного состава скопления угля на процесс его разогрева путём математического моделирования. При этом исследования ограничены двумя фракциями: (-3,0 +1,0) мм и (-1,0 +0,0) мм. Первая из них характеризует фракцию, используемую при оценке константы сорбции кислорода углем [6]. Вторая фракция с верхним пределом 1,0 мм ограничивает верхний размер угольной пыли.

Более поздние исследования, выполненные при сравнительной оценке химической активности угля фракции (-5 +1) мм и пыли фракции (-1 +0,2) мм подтвердили активирующий эффект его измельчения до пылевидных фракций. Испытания проведены по методике, изложенной в работе [6], при температуре 23 ⁰С, атмосферном давлении 753 мм. рт. ст., влажности воздуха – 50%. Марка угля Д, пласт 7, ООО «Разрез «Пермяковский». Результаты эксперимента приведены ниже:

Размер фракции, мм	Удельная скорость сорбции кислорода, см ³ /г·ч
-5 +3	0,2066
-3 +1	0,2981
-1 +0,2	0,9291

Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что химическая активность угольной пыли в первые 24 часа её окисления в 4,4 раза превышает таковую для угля фракции (-5 +3) мм. Поэтому справедливы предположения о том, что такое различие влияет на длительность инкубационного периода и на температуру стабилизации процесса самонагревания и возгорания скопления при использовании азота с примесью кислорода для целей профилактики и тушения эндогенных пожаров.

Для подтверждения обозначенных предположений использовалось математическое моделирование. В качестве исходных были приняты следующие параметры газового потока и скопления. Примесь концентрации кислорода в азоте на входе в скопление изменялась в пределах от 1 % до 21 % (1%, 3%, 5%, 10%, 15%, 21%). Скорость фильтрации равна 0,001 м/с и 0,002 м/с. Частицы угля и пыли приняты сферическими со средним диаметром соответственно 0,002 и 0,0003 м. Удельные скорости сорбции кислорода углем и пылью равны $1,96 \cdot 10^{-7}$ и $4,9 \cdot 10^{-7}$ м³/кг·с. Теплота сорбции – 12,5 МДж/м³. Начальная температура угля и пыли 285 К. Энергия активации 30000 Дж/моль. Объёмная доля пустот принята 0,476 и 0,259. Плотность угля и пыли – 800 кг/м³. Коэффициент теплопроводности – 0,07 Вт/м·К. Теплоёмкость – 1,05 Дж/кг·К.

Решение осуществлялось для размера скопления 0,1 м, среднего размера частицы 0,0003 м, скорости фильтрации 0,001 м/с и примеси кислорода 1 %. Температура газовой смеси и скопления в начальный момент равны 285 К. Скорость нагревания скопления пыли при обозначенных параметрах в интервале времени 600-34200 мин (23,3 суток) равны:

концентрация O ₂ , %	скорость нагревания, градус/сутки
1,0	0,03
3,0	0,11
5,0	0,20
10,0	0,47
15,0	0,87
21,0	1,80

По результатам моделирования видно, что за 60000 мин. (41,7 суток) температура скопления пыли возросла на 0,9 градуса. За то же время при концентрации кислорода 3 % она стабилизировалась на уровне 287,9 К. При повышении концентрации кислорода до 5, 10, 15 и 21 % температура не превышала соответственно: 289,9; 297,2; 308,4 и 327,5 К. Для угля, как и для пыли, скорости нагревания сравнивались в интервале времени 600-34200 мин (23,3 суток). При этом установлено, что с ростом концентрации примеси кислорода с 1,0 % до 21,0 % они увеличиваются в 50 - 60 раз. Однако это возрастание для пыли фракции 0,0003 м идёт со скоростью в 3 - 5 раз быстрее, чем у угля фракции 0,002 м. Одновременно для обеих фракций на верхнем пределе концентрации кислорода зафиксировано уменьшение скорости нагревания скоплений при увеличении скорости фильтрации газа с 0,001 м/с до 0,002 м/с. Для пыли она снизилась с 1,80 до 0,51 градуса в сутки (в 3,5 раза). Для угля - с 0,360 до 0,171 градуса в сутки (в 2,1 раза).

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что при выше обозначенных параметрах моделирования при скорости фильтрации 0,001 и концентрации O₂=10 % температура самонагревания скопления пыли через 30,8 суток стабилизируется на уровне 297 К. При скорости 0,002 м/с температура стабилизации снижается до 289 К уже через 7 суток. При концентрации кислорода 21 % температура 327,55 К достигается при скорости фильтрации 0,001 м/с через 23,3 суток. Нарастание температуры идёт практически равномерно со скоростью 1,8 градуса в сутки. При такой скорости критическая температура самонагревания скопления пыли 353 К (80⁰С) будет достигнута через 44,4 суток. Увеличение скорости фильтрации газа в 2 раза, до 0,002 м/с, позволяет стабилизировать температуру скопления пыли через 10 суток на уровне 296 К (23⁰С) даже при фильтрации воздуха (79 % N₂ +21 % O₂).

Для угольного скопления фракции 0,002 м при наличии примеси кислорода 15 % температура через 25 суток стабилизировалась на уровне 290 К. С увеличением скорости фильтрации газа до 0,002 за те же 25 суток температура превысила начальную на 2,83 градуса. Фильтрация газа с примесью кислорода 21 % при скорости 0,001 м/с привела к росту температуры до 290,84 К. При скорости 0,002 м/с – до 289,11 К.

Приведённые результаты позволяют сделать вывод, что угольная пыль с размером частиц до тысячи микрон обладает высокой химической активностью и является катализатором самовозгорания как однородных скоплений, так и скоплений с различным фракционным составом. Эффективность инертизации мест формирования пылевидных скоплений азотом с повышением скорости фильтрации может быть достигнута при концентрации примеси кислорода до 10 %. Температура стабилизации очага самонагревания в исследованном примере при возрастании скорости фильтрации с 0,001 до 0,002 м/с снизилась с 297 до 289 К.

Литература.

1. Скочинский А.А., Огиевский В.М. Рудничные пожары . Углетехиздат., 1954.387 с.
2. Веселовский В.С. и др. Самовозгорание промышленных материалов. М., «Наука», 1964.
3. Померанцев В.В., Шагалова С.Л., Резник В.А., Кушнарченко В.В. Самовозгорание и взрывы пыли натуральных топлив. Ленинград, «Энергия», 1978.-144 с.
4. Линденау Н.И., Маевская В.М., Крылов В.Ф. Происхождение, профилактика и тушение эндогенных пожаров в угольных шахтах. М., Недра, 1977.
5. Игишев В.Г. Борьба с самовозгоранием угля в шахтах. М., Недра, 1987.
6. Горбатов В.А., Игишев В.Г., Попов В.Б., Портола В.А., Син А.Ф. Защита угольных шахт от самовозгорания угля. Кемерово. Кузбассвузиздат, 2001, 132 с.