

УДК 622.822.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫДЕЛЕНИЯ ГАЗОВ ПРИ НАГРЕВЕ УГЛЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕМПЕРАТУРЫ ОЧАГА САМОВОЗГОРАНИЯ

Киренберг Е.А. , магистрант гр. ИИМ-241, II курс
Кузбасский государственный технический университет им. Т. Ф. Горбачева,
г. Кемерово

Процесс разрушения угля сопровождается разрывом молекул и образованием активных центров, поглощающих кислород. Активное поглощение кислорода скоплением разрыхленного угля приводит к выделению тепла. Поэтому при работе угледобывающих предприятий нередко создаются условия, необходимые для развития процессов самовозгорания и формирования эндогенных пожаров. Так, для роста температуры скоплений разрыхленного угля необходим постоянный приток к углю кислорода, содержащегося в воздухе, и создание условий теплообмена угольного скопления с окружающей средой, способствующих аккумуляции тепла [1]. Эндогенные пожары часто формируются в выработанном пространстве угольных шахт [2], при работе разрезов [3], на породных отвалах [4], в штабелях угля [5].

Для профилактики самовозгорания угля на разрезах используют изоляцию таким инертным материалом, как глина, суглинок. В шахтах уголь обрабатывают антипирогенами [6], влияющими сорбционную активность угля по отношению к кислороду. Исследования показали, что увлажнение угля не всегда замедляет поглощение кислорода углем [7]. Выработанное пространство шахт заполняют инертными газами, что снижает концентрацию кислорода в рудничной атмосфере и уменьшает выделение тепла [8, 9]. Однако, не смотря на использование антипирогенов и инертных газов, эндогенные пожары продолжают возникать на угольных предприятиях.

Эффективность борьбы с эндогенными пожарами в значительной степени зависит от применяемых способов обнаружения очагов на ранней стадии развития. Анализ показывает, что для выявления очагов самовозгорания в шахтах широко используют газово-аналитический метод [1]. В качестве индикаторов процесса самовозгорания угля используют оксид углерода, водород, углеводороды [10], а также радон [11, 12]. Контактная температурная съемка применяется для поиска очагов на разрезах [13]. В последнее время очаги эндогенных пожаров на разрезах и породных отвалах выявляют с помощью тепловизоров [14].

Недостатком газоаналитического метода обнаружения очагов самовозгорания угля является невозможность определить температуру разогретого угля. Между тем от температуры очага самовозгорания зависит опасность очага и выбор методов ликвидации эндогенного пожара. В работе

приведены результаты исследования выделения некоторых газов при различной температуре угля и оценка возможности использования найденных зависимостей для определения температуры очага самовозгорания.

Для исследования выделения различных газов в процессе повышения температуры угля использовалась установка, приведенная на рис. 1. Пробы угля, раздробленные до фракции от 1 до 3 мм засыпали в сосуды и нагревали в печи. В процессе нагрева в сосуд постоянно подавали воздух, а выходящие газы анализировали на хроматографе.

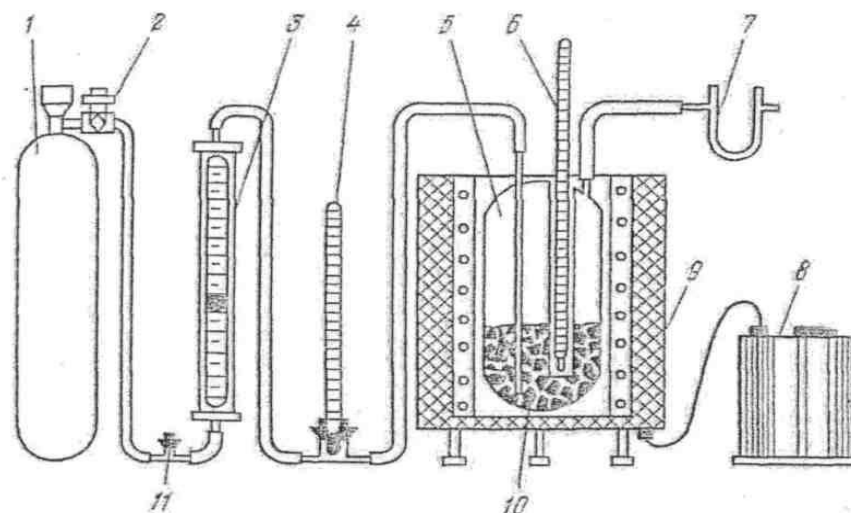


Рис. 1. Схема установки для исследования выделения газов при нагреве угля:
 1- баллон со сжатым воздухом; 2- вентиль подачи воздуха; 3- ротаметр;
 4, 6-термометры; 5- сосуд; 7 – фильтр; 8- трансформатор; 9- печь для
 нагрева угля; 10-уголь; 11- предохранительный клапан

Отбор проб угля марки ОС произведен на пласте III. На рис. 2, 3 и 4 приведены закономерности выделения таких индикаторных газов процесса самовозгорания, как оксид углерода, водород и пропан в процессе повышения температуры.

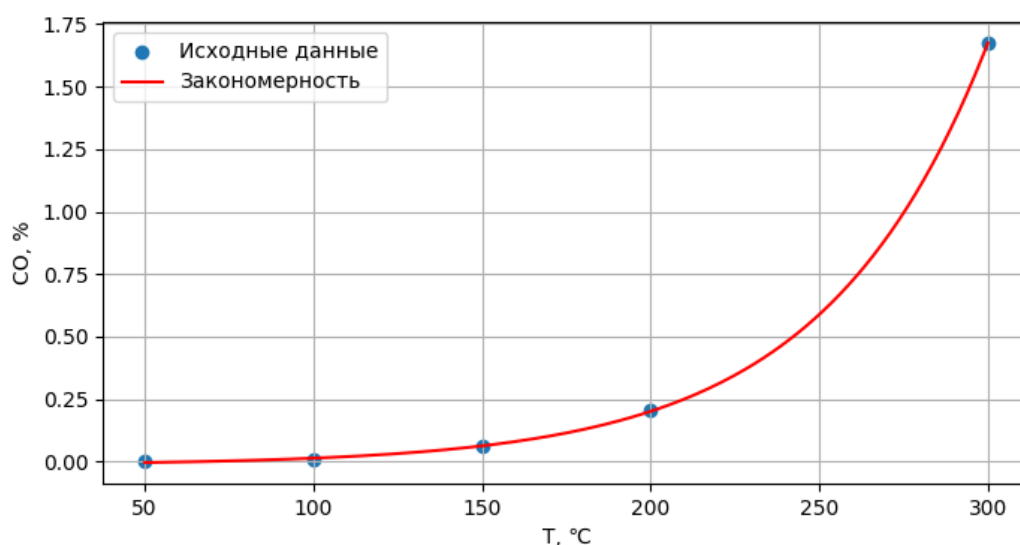


Рис. 2. Закономерность выделения оксида углерода от температуры угля

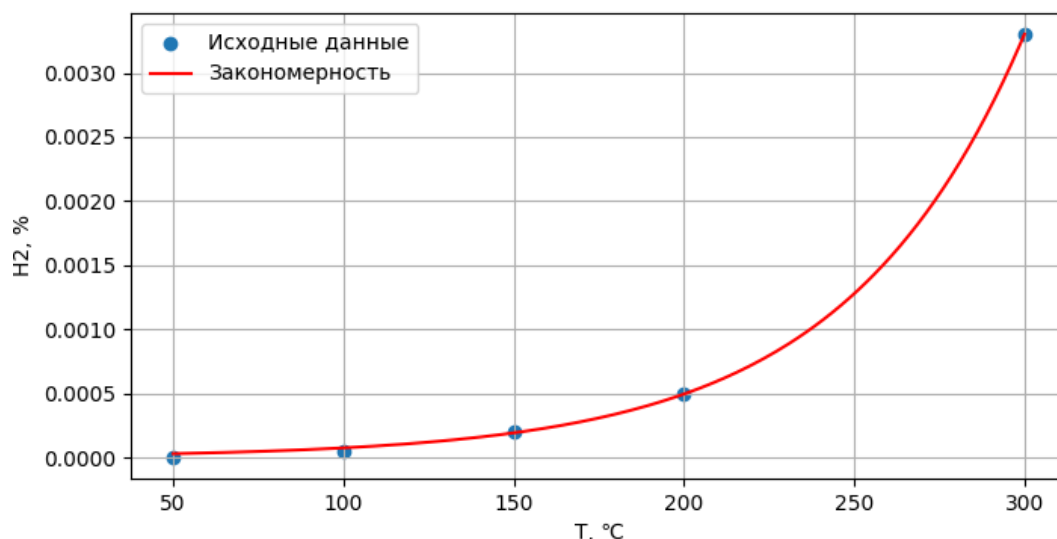


Рис. 3. Законмерность выделения водорода от температуры угля

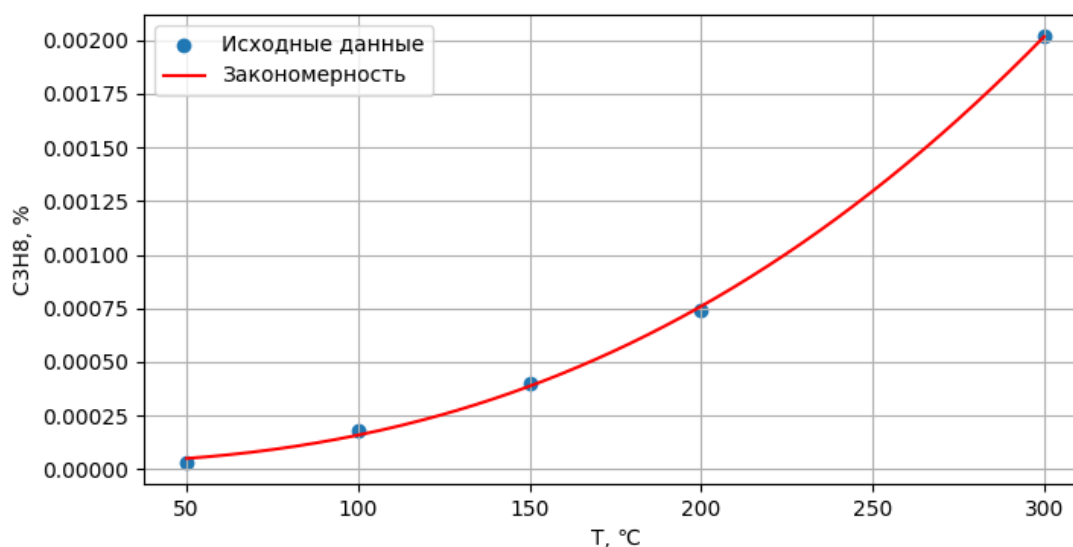


Рис. 4. Законмерность выделения пропана от температуры угля

Эксперимент показал, что каждый индикаторный газ имеет свою законмерность выделения от температуры. Однако полученные зависимости выделения индикаторных газов невозможно использовать для определения температуры очага самовозгорания из-за разбавления потока газа, исходящего из очага, свежим воздухом. Например, концентрации этих индикаторных газов при температуре угля 150 °C равны: оксид углерода (CO) = 0,06374 %; водород (H_2) = 0,00019 %; пропан (C_3H_8) = 0,00039 %. При разбавлении в два раза концентрации этих газов будут равны: CO = 0,03183 %, H_2 = 0,000096 %, C_3H_8 = 0,00019 %. Если подставить эти концентрации в ранее найденные законмерности выделения индикаторных газов в зависимости от температуры, то получится, что по концентрации оксида углерода температура очага равна 123,90 °C, по водороду равна 113,51 °C, а по пропану составляет 109,93 °C.

Учитывая, что реальная степень разбавления воздухом исходящего из очага самовозгорания газа неизвестна, то необходимо последовательное увеличение замеренных концентраций с определением температуры очага по найденным закономерностям для каждого индикаторного газа. Так, при увеличении разбавленной концентрации в 1,5 раза ($\text{CO} = 0,04775 \%$, $\text{H}_2 = 0,00014 \%$, $\text{C}_3\text{H}_8 = 0,00029 \%$), найденная по графикам температура очага по концентрации оксида углерода температура очага станет равной $138,68^\circ\text{C}$, а по водороду будет равна $134,86^\circ\text{C}$, по пропану $132,19^\circ\text{C}$. Видим, что эти температуры сблизились. И только при увеличении концентраций в два раза эти температуры совпадут (равны 150°C для всех газов), что свидетельствует о нахождении реальной температуры очага самовозгорания.

Применение предложенного способа позволит увеличить точность обнаружения и определения температуры очагов самовозгорания угля в шахтах, находящихся в выработанном пространстве, что повысит безопасность горных работ. Одновременно снизятся затраты на проведение работ по ликвидации возникающих очагов самовозгорания угля.

Благодарности

Исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда и Кемеровской области-Кузбасса № 25-27-20043, <https://rscf.ru/project/25-27-20043/>

Список источников

1. Скочинский А.А. Рудничные пожары /А.А. Скочинский, В.М. Огиевский. М.: Издательство «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2011. 375 с.
2. Портола В.А., Храмцов В.И., Ярош А.С. Влияние применяемых в шахтах составов на склонность угля к самовозгоранию // Вестник КузГТУ. 2016. № 1. С. 63-67.
3. Калайгорода В.В., Простов С.М., Шабанов Е.А. Инструментальный мониторинг при локации очагов эндогенных пожаров в борту угольного разреза Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2023. № 2. С. 124-135.
4. Протасов С.И., Серегин Е.А., Портола В.А., Бобровникова А.А. Исследование очагов эндогенных пожаров на породных отвалах угольных предприятий// Безопасность труда в промышленности. 2021. № 8. С. 65–70.
5. Портола В. А., Жданов А. Н., Бобровникова А. А. Анализ условий, способствующих развитию процесса самовозгорания в штабелях угля // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2022. № 6—1. С. 187—197.
6. Исследование воздействия антипирогенов на процесс самовозгорания бурого угля / В.А. Портола, О.И. Черских, С.И. Протасов, Е.А. Серегин, И.А. Шваков. // Уголь. 2022. № 12. С. 54-60.

7. Портола В.А., Храмцов В.И., Киренберг Е.А. Оценка эффективности применения способа увлажнения для предупреждения самовозгорания угля // Уголь. 2025;(4):89-94.

8. Коврижин О.И., Коляда А.Ю., Калиниченко Н.А. Использование газообразного азота при ликвидации подземных пожаров. Научный вестник НИИГД Респиратор. 2020. № 5 (57). С. 37-44.

9. Син С.А., Портола В.А., Игишев В.Г. Повышение безопасности и эффективности использования азота для борьбы с самовозгоранием угля в выработанном пространстве шахт. Уголь. 2019. № 2. С. 11–14.

10. Портола В.А., Бобровникова А.А., Син С.А., Игишев В.Г. Особенности выделения индикаторных пожарных газов при подаче азота в очаг самовозгорания угля// Безопасность труда в промышленности. 2022. № 4. С. 47–52.

11. Портола В.А., Тайлаков О.В., Ли Хи Ун, Соболев В.В., Бобровникова А.А. Обнаружение, локация и оценка состояния очагов подземных пожаров по аномалиям радона на земной поверхности. Уголь. 2021. № 5. С. 47-52.

12. Коршунов Г.И., Мироненкова Н.А., Полещук А.А. Актуальные методы определения очагов самовозгорания на угольных шахтах. Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2025. № 5. С. 169-180.

13. Протасов С. И., Портола В. А., Серегин Е. А. Влияние сезонных колебаний температуры атмосферы на очаги самовозгорания породных отвалов. Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2025. № 2. С. 100-110.

14. Портола В.А., Черских О.И., Протасов С.И., Серегин Е.А., Шваков И.А. Особенности проведения тепловизионной съемки для обнаружения очагов самовозгорания на угольном разрезе. // Горная промышленность. 2023. 1. С. 95–100.