

УДК 622.822, 550.3

ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ ЭНДОГЕННОЙ ПОЖАРООПАСНОСТИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Семенцова Д.В., инженер-геофизик,
Застрелов Д.Н., к.т.н., генеральный директор,
Салтымаков Е.А., ведущий инженер-гидрогеолог
Закрытое акционерное общество «Углеметан Сервис»
г. Кемерово

Эндогенные пожары представляют собой актуальную проблему в угледобывающей промышленности, обусловленную способностью угля к самопроизвольному нагреву и затем возгоранию. Одной из причин развития эндогенного пожара является химическое взаимодействие компонентов угля с кислородом. Происходит реакция окисления угля, сопровождающаяся выделением теплоты, которая накапливается в угольном массиве, вследствие чего, повышается его температура [1]. Еще один значимый фактор, который может повлиять на возникновение эндогенного пожара – горно-геологическая характеристика залегания пласта. К ней относится структура массива, глубина залегания пласта, геологическое строение вмещающих пород, а также качественные характеристики угля (зольность, влажность, процентное содержание серы). Все это влияет на интенсивность теплообразования в угольном массиве [2]. Также, нарушение условий эксплуатации играет роль в способности угля самовозгораться. Нарушение технологии проветривания, отсутствие системы мониторинга температуры может привести к развитию очагов горения [3].

Непроизвольное нагревание угля имеет значительные последствия. Одним из самых важных является угроза человеческим жизням. При окислении угля выделяются продукты сгорания, которые приводят к отравлению организма токсичными газами. В горной выработке ухудшается видимость, следовательно, повышается шанс возникновения аварийной ситуации, что увеличивает вероятность гибели людей. Согласно статистике, [4] ежегодно десятки тысяч тонн угля подвергаются самопроизвольному нагреву, что приводит к несчастным случаям на производстве. Поэтому разработка надежных методов диагностики и борьбы с такими явлениями становится приоритетной задачей отрасли. Самовозгорание угольных месторождений негативно влияет на окружающую среду. Вещества, выделяющиеся при горении, загрязняют воздух, воду и почву [5]. Эндогенные пожары приводят к значительным финансовым издержкам, связанными с уменьшением объема добываемого угля, восстановительными работами, ремонтом поврежденного оборудования и компенсации ущерба пострадавшим работникам [6].

В настоящее время, известно немного способов, которые могут опреде-

лить возможность возникновения самовозгорания в шахтах (таблица 1).

Таблица 1. Способы обнаружения эндогенных пожаров и их характеристика

Способ обнаружения эндогенного пожара	Описание	Используемое оборудование
Газовый анализ состава шахтного воздуха [7]	При горении происходит окисление угля, из пласта выделяются газы, такие как метан, углекислый газ, угарный газ.	Газоанализаторы, датчики
Мониторинг температуры в горной выработке [8]	Значительное повышение температуры в области наблюдения свидетельствует о начале самовозгорания	Тепловизоры, температурные датчики
Изучение физико-химических свойств угля [9]	Повышение показателей является предвестником возможной вероятности самонагревания угля	Лабораторные испытания проб угля на концентрацию серы, влажности и зольности
Регулярный визуальный осмотр горных выработок [10]	Обнаружение изменения цвета стенок выработки, образование трещин, вывалов говорит также о возможном эндогенном пожаре.	-

Рассмотренные методы целесообразны для принятия мер при уже случившемся эндогенном пожаре. Но для определения зон с потенциальной эндогенной пожароопасностью они малоэффективны. Поэтому предлагается подход для прогнозирования потенциальной эндогенной пожароопасности угольных целиков, который основывается на измерении естественных электромагнитных импульсов в горных выработках.

Интенсивность электромагнитных импульсов, исходящих от участка угольного пласта, и будет свидетельствовать о наличии или отсутствии вероятности возникновения эндогенного пожара. Усиление сигналов возникает при развитии напряжений и микроразрушений в массиве пород, что является ранним признаком возможного эндогенного пожара.

В рамках проведения исследований на одной из шахт Кузбасса, расположенной в Ленинском геолого-экономическом районе, опробован метод регистрации естественного электромагнитного излучения (ЕЭМИ) для обнаружения зон с потенциальной эндогенной пожароопасностью. Вдоль конвейерного штрека проведены измерения фоновых характеристик электромагнитного поля. Для этого выполнены исследования по геофизическому профилю общей протяженностью 880 м. Замеры проводились в режиме остановки

функционирования горно-шахтного оборудования, с целью избежания шумов и помех [11].

После чего, в каждом пикете, при помощи комплекса аппаратуры для измерения естественных электромагнитных импульсов, выполнялись замеры. В одной точке выполнено по три замера (с разной ориентацией антенны прибора, относительно горной выработки). Применяемый комплекс аппаратуры состоит из приемной антенны и блока регистрации. Антенна принимает сигналы переменного электромагнитного поля, а затем посредством аналоговых методов и цифровых алгоритмов обработки выделяются импульсные компоненты нестабильных сигналов, обусловленные природным излучением горных пород [12].

После шахтных исследований наступает этап камеральной обработки. Определяется среднее по трем замерам значение амплитуды излучаемого сигнала вдоль геофизического профиля в каждом отмеченном пикете. Общее количество геофизических наблюдений составило 132, и расстояние между пикетами, с учетом расстояний и расположения оборудования – 20 м.

Среднее значение амплитуды сигнала в каждом пикете приведены в таблице 2.

Таблица 2. Значения амплитуды сигнала естественного электромагнитного импульса, зарегистрированного на каждом пикете

№ Пикета	1	2	3	4	5	6	7	8
А, мкВ	20,0	18,0	18,4	101,0	118,8	95,0	20,7	18,2
№ Пикета	9	10	11	12	13	14	15	16
А, мкВ	22,3	26,5	20,2	45,2	49,5	62,8	77,4	136,0
№ Пикета	17	18	19	20	21	22	23	24
А, мкВ	155,9	129,0	19,9	22,4	64,5	75,0	60,1	78,6
№ Пикета	25	26	27	28	29	30	31	32
А, мкВ	61,9	97,8	90,9	100,3	122,3	123,5	144,3	185,2
№ Пикета	33	34	35	36	37	38	39	40
А, мкВ	212,9	256,3	247,2	139,7	115,2	102,2	130,3	154,6
№ Пикета			41	42	43	44		
А, мкВ			41,5	44,4	20,0	9,7		

По полученным данным построена диаграмма соответствия естественного электромагнитного сигнала номеру пикета. Для определения фонового значения амплитуды сигнала проведена аппроксимация полученных данных (рисунок 1).

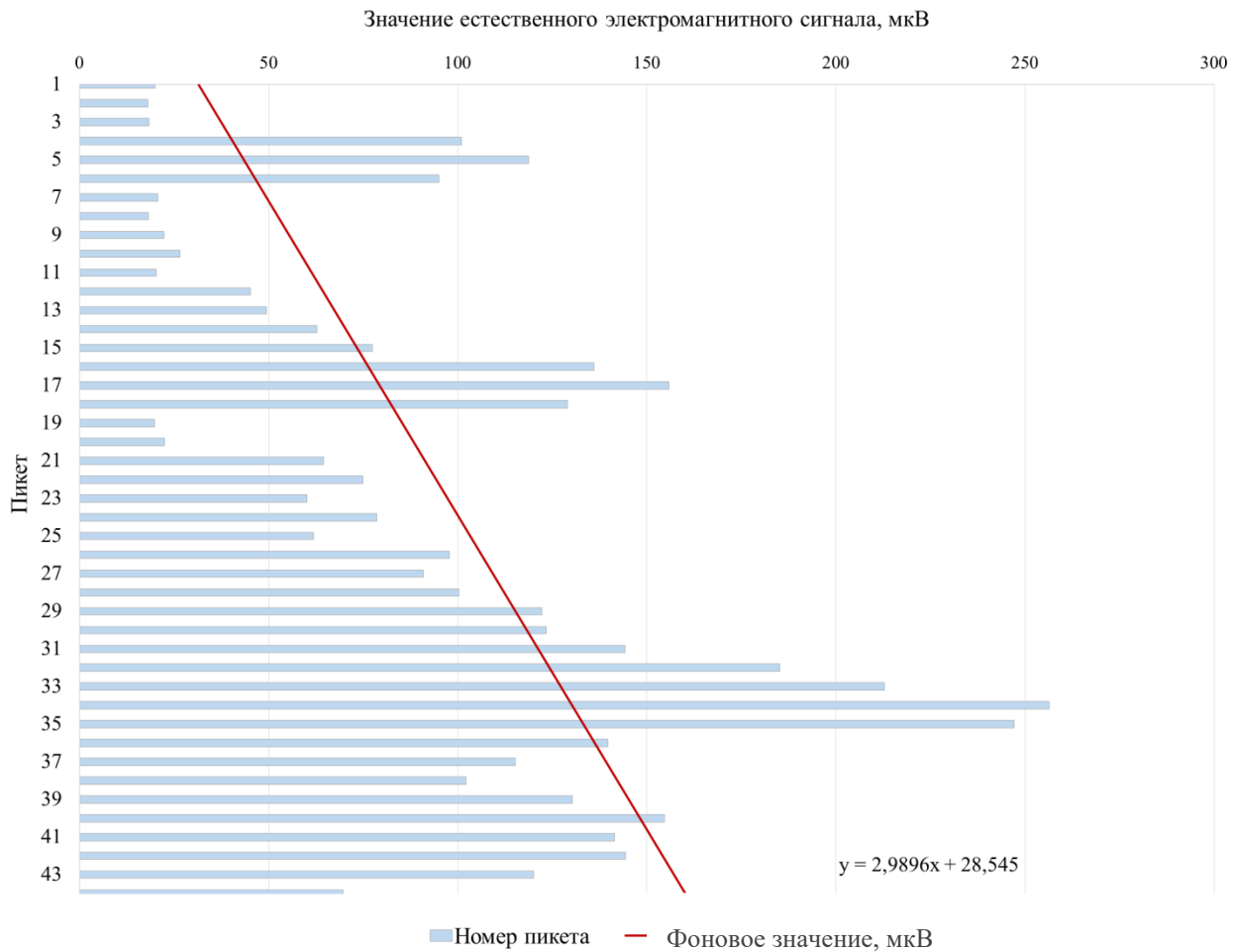


Рисунок 1. Результаты интерпретации данных, полученных при измерении ЕЭМИ вдоль геофизического профиля

Фоновое значение в каждом пикете определяется из формулы (1) и изменяется в интервале от 31,535 мкВ до 160,088 мкВ:

$$y = 2,9896x + 28,545, \quad (1)$$

где x – номер точки замера.

После обработки полученных данных вдоль горной выработки, был отрисован геофизический профиль (рисунок 2). На нем выделено 10 условно опасных точек, на которых отмечается превышение фонового значения амплитуды электромагнитного сигнала в точках, соответствующих пикетам: 4, 5, 6, 16, 17, 18, 32, 33, 34, 35.

Из этого можно сделать вывод, что именно в этих местах есть вероятность возникновения пожара в трех зонах (рисунок 2). В связи с этим, рекомендуется провести отбор проб угля в данных зонах для изучения качественных характеристик, также вести визуальный контроль, замеры индикаторных газов и температурную съемку.



Рисунок 2. Предполагаемые зоны эндогенной пожароопасности
вдоль геофизического профиля

Рассмотренный подход для прогнозирования вероятности возникновения потенциальной эндогенной пожароопасности угольных целиков, который основывается на измерении естественного электромагнитного импульса в горных выработках, опробован, и является актуальным на сегодняшний день. Для автоматизации и модернизации способа прогнозирования эндогенных пожаров методом измерения естественного электромагнитного излучения необходимо выполнить наработку базы данных.

Список литературы:

1. Ремезов А. В. Почему существуют эндогенные пожары? // Инновации в технологиях и образовании, сборник статей, часть 1, 2016. – С. 106 – 120.
2. Каминский А. Я., Кравченко А. И., Шлапаков П. А., Колыхалов В. В. Анализ причин возникновения эндогенных пожаров в отработанных и изолированных пространствах на пологих и наклонных пластах угля // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности, 2011. – С. 73 – 77.
3. Мыльникова Т. В., Сергеева Ю. А. Эндогенные пожары на шахтах Кузбасса // IX Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых «Россия молодая», 2017. – 3 с.
4. Завиркина Т. В. Анализ статистики эндогенных пожаров на угольных шахтах России // Горные науки и технологии, вып.1, 2014. – С. 30-36.
5. Чемезов Е. Н., Федоров К. К. Самовозгорание углей в условиях криолитозоны // Вестник ЗабГУ, т. 28, вып. 2, 2022. – С. 29 – 35.
6. Гамов М. И., Гордеев И. В. Основные факторы и экологические последствия самовозгорания отвалов угольных шахт восточного Донбасса // Известия ВУЗов. Северо-Кавказский регион, вып. 2, 2017. – С. 92 – 100.
7. Портола В. А., Дружинин А. А., Храмцов В. И. Способы обнаружения и локации очагов подземных пожаров // Вестник, вып. 1, 2014. – С. 103 – 108.
8. Нарский В. А., Портола В. А. Применение тепловизоров для обнаружения и локации очагов самовозгорания, возникших в шахтах // Вестник, вып. 2, 2021. – С. 13 – 18.
9. Кузнецов П. Н. Малолетнев А. С., Исмагилов З. Р. Влияние свойств ископаемых углей на их склонность к самовозгоранию // Химия в интересах устойчивого развития, вып. 24, 2016. – С. 35 – 346.
10. Портола В. А., Гришагин В. М. Способы обнаружения очагов самовозгорания // Горный информационно-аналитический бюллетень, 2008. – С. 176 – 182.
11. Тайлаков О. В., Салтымаков Е. А., Соколов С. В., Колесниченко С. Е. Мониторинг фоновых физических полей угольной шахты // Вестник НЦ ВостНИИ, вып. 4, 2022 – С. 71 – 76.
12. Мулев С.Н., Старников В.Н., Романевич О.А. Современный этап развития геофизического метода регистрации естественного электромагнитного излучения (ЕЭМИ) // Уголь, вып. 10, 2019. – С. 6 – 14.