

УДК 622.822.22

А.Ю. ЕРАСТОВ

старший научный сотрудник
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово
e-mail: erastov_a_y@mail.ru



Е.А. ШЛАПАКОВ

научный сотрудник
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово
e-mail: lairxx@yandex.ru



С.А. ХАЙМИН

старший научный сотрудник
АО «НЦ ВостНИИ», г. Кемерово
e-mail: hsa007@mail.ru



ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ЭМИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЭНДОГЕННОЙ ПОЖАРООПАСНОСТИ УГОЛЬНЫХ ЦЕЛИКОВ

Описан способ обнаружения и контроля локальных зон повышенной эндогенной пожароопасности в межлавных угольных целиках, а также целиках между воздухоподающими горными выработками, пройденными по пластам угля, склонным к самовозгоранию методом регистрации электромагнитного излучения. Приведены примеры практического применения данного метода на угольных шахтах Кузбасса.

Ключевые слова: ЭНДОГЕННАЯ ПОЖАРООПАСНОСТЬ, МОНИТОРИНГ, САМОВОЗГОРАНИЕ, ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ЭМИССИЯ, ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ

Анализ аварийности на угольных шахтах Кузбасса показывает, что более половины от общего числа аварий составляют эндогенные пожары. За последнее десятилетие прослеживается чёткая тенденция их сокращения. В то же время установлено, что убыль числа пожаров не привела к снижению актуальности проблемы пожаробезопасной отработки пластов, склонных к самовозгоранию.

Опыт подземной разработки на угольных месторождениях бассейна в условиях возрастающих глубин отработки и наращивании темпов

добычи указывает на широкий спектр возможных негативных последствий. На сегодняшний день геомеханическое состояние горного массива требует повышенного контроля.

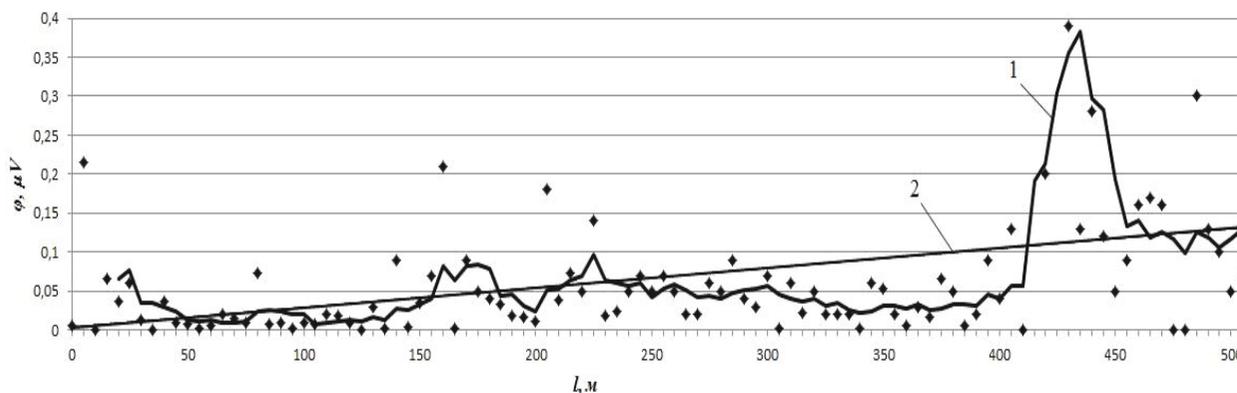
В настоящее время на выявление локальных зон нарушенности (повышенной трещиноватости) угольных целиков, как мест потенциально опасных в части возникновения очагов эндогенных пожаров, и оценку степени их негативного влияния направлена большая часть осуществляемых на шахтах инструментальных замеров.

Известно, что пластическая деформация и разрушение горных пород и рудных тел сопровождаются генерацией частот акустической и электромагнитной эмиссии [1]. Последняя представляет собой нестационарное (скачкообразное) изменение потенциала электрического поля вблизи деформируемого кристалла. Учитывая это, а также выводы работы [2] о распространении электромагнитного сигнала в горном массиве на длину от 18 до 40 м, можно успешно применять метод регистрации электромагнитного излучения (ЭМИ) для решения задач по мониторингу эндогенной пожароопасности угольных целиков.

Реализация метода ЭМИ в условиях шахты осуществляется следующим образом. На

каждой контрольной точке по горной выработке вдоль исследуемого целика выполняется от 1 до 3 измерений ЭМИ с разной ориентацией антенны прибора (регистратора электромагнитной эмиссии) относительно выработки. Расстояние между точками измерений (пикетами) составляет 5-10 м. В рабочем журнале отмечается привязка к конкретным условиям вблизи точек измерения (скопление силового электрооборудования, геологические нарушения и места куполения выработок, сопряжения выработок и др.) для внесения корректировок и фильтрации полученного сигнала.

Рассмотрим несколько примеров по выявлению опасных зон при контроле эндогенной пожароопасности угольных целиков.



1 – уровень сигнала после фильтрации и сглаживания;
2 – линейная фильтрация сигнала, принимаемая в качестве фона на исследуемом участке

Рисунок 1 – Распределение потенциала ϕ вдоль флангового путевого уклона (ФПУ-2) на расстояние l в условиях шахты им. А.Д. Рубана 11.06.2014 г.

На рисунке 1 представлен результат обследования угольного целика между ФПУ-2 и фланговым конвейерным уклоном (ФКУ) пласта Полысаевского-II методом ЭМИ. Очевидно, что резкий всплеск на графике 1 относительно графика 2 (интервал 420-470 м) указывает на наличие аномальной зоны в этом месте.

Дальнейшие расчёты показали, что данная область имеет относительный показатель нарушенности массива $3 \leq \text{пнар} < 6$, что согласно [3] относится к опасной группе эндогенной пожароопасности.

Для предотвращения развития очага самонагрева угля в опасной зоне был

разработан комплекс профилактических мероприятий, включающий обработку угольного целика водным раствором антипирогена путём нагнетания его в массив через пробуренные шпурсы, упрочнение массива твердеющими тампонажными материалами на основе полимерных и органоминеральных смол и создание изолирующего покрытия цементными составами.

Повторное обследование угольного целика между ФПУ-2 и ФКУ пласта Полысаевского-II методом ЭМИ с целью контроля эффективности применяемых мероприятий по профилактике эндогенной пожароопасности показало следующее (рисунок 2).

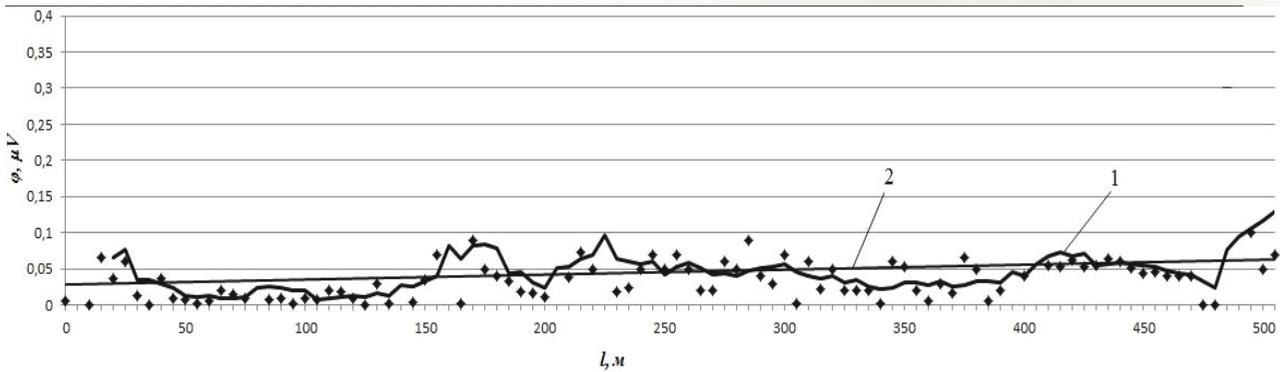


Рисунок 2 – Распределение потенциала ϕ вдоль ФПУ-2 на расстояние l в условиях шахты им. А.Д. Рубана 17.06.2015 г.

Из рисунка 2 следует, что общий уровень ЭМИ сократился в 6 раз. Расчёт показателя нарушенности массива на опасном участке (интервал 420-470 м) также продемонстрировал снижение в 2,5 раза – с 3,2 до 1,2. Всё это, бесспорно, свидетельствует о правильном выборе профилактических мер и положитель-

ном эффекте их применения.

Аналогичным образом проводилось обследование откаточного штрека гор. +54 м – главной воздухоподающей выработки, частично пройденной по пласту Сычевский-IV в.п., склонному к самовозгоранию (рисунок 3).

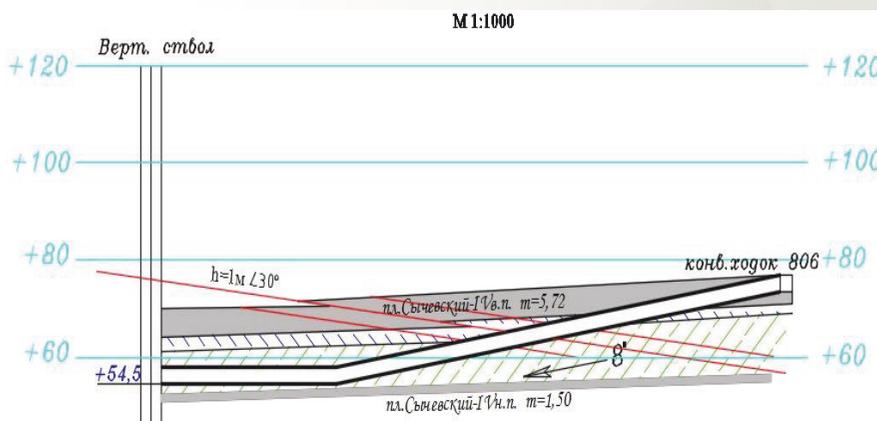
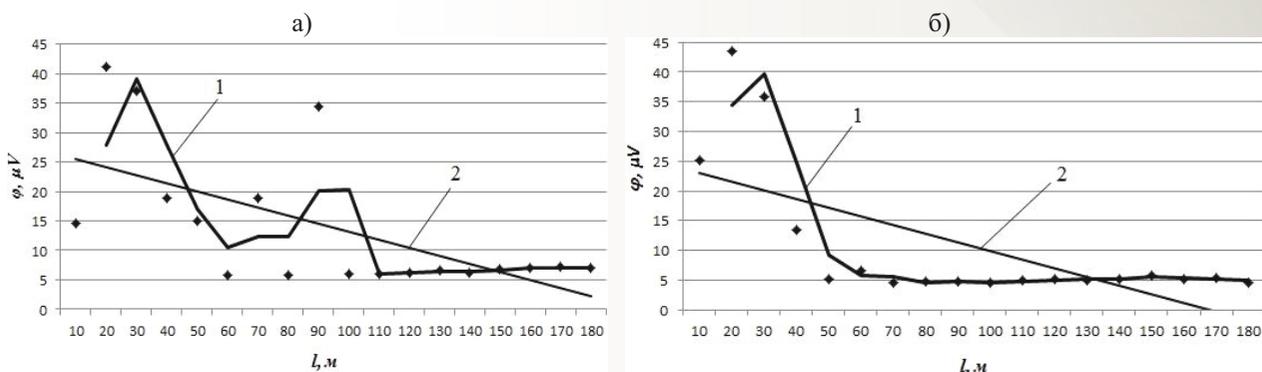


Рисунок 3 – Горно-геологический разрез по откаточному штреку гор. +54 м



а – обследование от 03.11.2016 г.; б – обследование от 28.03.2017 г.

Рисунок 4 – Распределение потенциала ϕ вдоль откаточного штрека гор. +54 на расстояние l в условиях шахты «Грамотеинская»

На рисунке 4-А изображены две зоны с превышением фона, в первом случае «скачок»

на графике 2 (интервал 20-50 м) приурочен к месту обрушения кровли выработки («ку-

пола») вблизи вертикального ствола, второй «скачок» (интервал 90-110 м) – к дизъюнктивному геологическому нарушению.

С целью недопущения перетока утечек воздуха в отработанную часть пласта Сычёвский-III через выявленные опасные зоны, было рекомендовано провести упрочнение и герметизацию указанных мест.

Следует отметить, что на момент проведения повторного обследования силами шахты был обработан только участок геологического нарушения. Очевидно, что в необработанной опасной зоне у вертикального ствола (интервал 20-50 м) амплитуда сигнала осталась на

прежнем уровне – около 40 мкВ (рисунок 4–Б).

Практическое применение описанного способа обнаружения и контроля эндогенной пожароопасности показывает его высокую результативность и достоверность. Но наибольший эффект даст его постоянное проведение. Так, выявляя опасные зоны в угольных целиках (и межлавных, и между воздухоподающими выработками), можно в кратчайшие сроки ликвидировать их с наименьшими затратами – профилактическими мерами, а дальнейший контроль этих мест позволит безопасно вести работы в течение всего периода эксплуатации горных выработок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курленя М.В. Регистрация и обработка сигналов электромагнитного излучения горных пород / М.В. Курленя, А.Г. Вострецов, Г.И. Кулаков, Г.Е. Яковицкая. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2000. – 232 с.
2. Scott D.F. Investigation of electromagnetic emissions in a deep underground mine / D. F. Scott, T.J. Williams, S.J. Knoll // 2004 SME Annual Meeting and Exhibit February 23 – 25, Denver, CO.
3. Методика прогнозирования с использованием геофизических методов исследований и выбора мер по снижению эндогенной пожароопасности наклонных вскрывающих выработок, проводимых по угольному пласту / Росэнгеро, ФГУП НЦ ВостНИИ. – Кемерово, 2007. – 33 с.

A. Yu. Erastov

Senior scientific worker
JSC «NC VostNII», Kemerovo
e-mail: erastov_a_y@mail.ru

E.A. Shlapakov

Scientific worker
JSC «NC VostNII», Kemerovo
e-mail: lairxx@yandex.ru

S.A. Khaymin

Senior scientific worker
JSC «NC VostNII», Kemerovo
e-mail: hsa007@mail.ru

APPLICATION OF ELECTROMAGNETIC EMANATION METHOD FOR THE ENDOGENOUS FIRE HAZARD CONTROL IN COAL PILLARS

The method of detection and control of higher endogenous fire hazard local zones in barrier coal pillars, as well as in roadway coal pillars, driven in coal seams, prone to spontaneous combustion by the electromagnetic radiation recording method is described. Examples of practical application of the method in Kuzbass coal mines are given.

Key words: ENDOGENOUS FIRE HAZARD, MONITORING, COAL SPONTANEOUS COMBUSTION, ELECTROMAGNETIC EMISSIONS, ELECTROMAGNETIC EMANATION

REFERENCES

1. Kurlenja M.V. Registracija i obrabotka signalov jelektromagnitnogo izluchenija gornyh porod (Signal registration and processing of rock electromagnetic emanation) / M.V. Kurlenja, A.G. Vostrecov, G.I. Kulakov, G.E. Jakovickaja. – Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2000. p. 232.
2. Scott D.F. Investigation of electromagnetic emissions in a deep underground mine / D. F. Scott, T.J. Williams, S.J. Knoll // 2004 SME Annual Meeting and Exhibit February 23 – 25, Denver, CO.
3. Metodika prognozirovanija s ispolzovanijem geofizicheskih metodov issledovanij i vybora mer po snizheniju jendogennoj pozharoopasnosti naklonnyh vskryvajushhijh vyrabotok, provodimyh po ugolnomu plastu (Prediction technique with the use of geophysical method for research and endogenous fire hazard reduction measures for mine openings driven in coal seams) / Rosjenergo, FGUP NC VostNII. – Kemerovo, 2007. p. 33.