

DOI: 10.25558/VOSTNII.2022.24.65.008

УДК 622.822.22

© М.О. Курдюков, А.Ю. Ермаков, 2022

М.О. КУРДЮКОВ

ведущий инженер

СибГИУ, г. Новокузнецк

e-mail: 89511765386@yandex.ru

А.Ю. ЕРМАКОВ

д-р техн., профессор

СибГИУ, г. Новокузнецк

e-mail: aermakov779@gmail.com.

ТЕМПЕРАТУРНЫЙ КОНТРОЛЬ ЭКЗОГЕННЫХ И ЭНДОГЕННЫХ ПОЖАРОВ НА УГОЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

В статье рассматриваются способы прогнозирования и предупреждения эндогенных пожаров, сформулирована цель работы и способ решения, освещены вопросы мониторинга эндогенных пожаров ранней стадии в отработанном пространстве угольных шахт, на угольных складах. В качестве датчика предлагается использовать сенсор на основе оптико-волоконного кабеля, в котором происходит изменение спектра плотности отраженного сигнала при изменении температуры на одном или многочисленных участках. Погрешность точности измерения места возникновения очага пожара составляет +/- 0,25 м. Программное обеспечение системы позволяет анализировать температурную диаграмму измеряемого участка.

Ключевые слова: СИСТЕМА, МОНИТОРИНГ, ЭНДОГЕННЫЙ ПОЖАР, ЭКЗОГЕННЫЙ ПОЖАР, УГОЛЬНАЯ ШАХТА, УГОЛЬНЫЙ СКЛАД, МФСБ, ОПТИКО-ВОЛОКОННЫЙ КАБЕЛЬ.

Добыча угля в России как шахтным способом, так и на угольных карьерах, постоянно увеличивается. Развитие угольной промышленности подразумевает применение высокопроизводительного оборудования на подземных и открытых работах. При прогрессивно развивающихся технологиях добычи угля вопросы обеспечения безопасности труда горнорабочих при отработке пластов, склонных к самовозгоранию, приобретают высокую актуальность. Кроме того, несвоевременное принятие мер по предупреждению эндогенных пожаров ухудшает экологическую обстановку в регионах. Своевременное обнаружение и локализация эн-

догенных пожаров возможно с применением организованной системы мониторинга опасных зон нагревания угля.

Экзогенные пожары возникают, как правило, вследствие нарушений правил:

- эксплуатации электрооборудования;
- ведения огневых и взрывных работ;
- неудовлетворительного содержания ленточных конвейеров и т. д.

Особая опасность экзогенных пожаров заключается в том, что они быстро развиваются из-за небольшого периода воспламенения конвейерной ленты (10–15 мин) — значительной скорости распространения пламени по ленте (до 30 м/мин).

Основные причины возникновения экзогенных пожаров, связанных с конвейерами:

- нагрев ленты на приводном барабане из-за ее проскальзывания;
- нагрев ленты или ролика вследствие трения о неисправный ролик;
- нагрев двигателя и отключения защит, предотвращающих аварийный режим работы конвейера;
- нагрев ленты при трении о крепь;
- неправильная центровка конвейера;
- нагрев минерального масла в турбомуфте при заклинивании ленты или работе конвейера с перегрузкой.

Эндогенные пожары возникают без внешнего источника воспламенения в результате окисления горючего вещества, сопровождающегося нагреванием. Многие органические вещества и часть полезных ископаемых — не только уголь, но и серосодержащие, сульфидные руды — имеют свойство самовозгораться. Эндогенный пожар происходит или внутри самого массива полезного ископаемого, которое мы добываем или планируем добывать, или в выработанном пространстве.

Особенно актуальна эта проблема для шахт Кузбасса, на долю которых приходится более 70 % пожаров и 80 % взрывов, регистрируемых в шахтах России [16].

Системы мониторинга очагов эндогенных пожаров служат для их выявления и предупреждения в различных условиях угольных шахт.

В настоящее время известны более двух десятков способов обнаружения и предотвращения самовозгорания угля [1–15], сущность которых сводится к прогнозированию или ликвидации очагов эндогенных пожаров за счет измерений расхода воздуха, концентрации индикаторных газов (оксид углерода, водород, предельные и непредельные углеводороды, радон, пар или жидкие фазы), электромагнитных излучений, температуры, электрического сопротивления горных пород, теплового потока на входе и выходе лав, забоев, выработанного и изолированного про-

странства и горных выработок, а затем на основе различных методов анализа прогнозируется вероятность возникновения очагов эндогенных пожаров.

Недостатками способов является сложный поиск очага возникшего эндогенного пожара на ранней стадии (первичном нагреве), а именно отсутствие непрерывного контроля (изменения) температуры в выработанном пространстве и остатках полезного ископаемого в очистном забое. Поиск очага проводится в основном при изменении аэрогазовой составляющей, т. е. при появлении основных признаков пожара, когда пожар уже возник и необходимо обнаружить очаг для его локализации.

Главной целью системы мониторинга является снижение времени поиска очага возникновения эндогенного пожара, а именно обнаружение незначительного изменения температуры в выработанном или изолированном пространстве, с точным до 1 м определением местоположения очага, что оптимизирует общие затраты на профилактику и ликвидацию эндогенных пожаров.

Для определения местоположения очага пожара температурные сенсоры, состоящие из оптико-волоконного кабеля, предварительно укладывают параллельно друг другу по простиранию очистного забоя на кратном расчетном расстоянии, зависящем от параметров самовозгорания обрабатываемого пласта (рекомендуется 5–20 м и более), равномерно по ширине забоя, а также в аккумулярующем и вентиляционном штреках, на площадках угольных складов в основание штабелей угля; на ленточных конвейерах измерительные оптико-волоконные кабели укладывают параллельно друг другу на внутренних частях опорных рам ленточного конвейера в местах сочленений подшипников катков, крепят их зажимами к уголкам, выполняющими роль радиаторов — проводников тепла.

На рис. 1 представлена схема расположения измерительных линий в очистном механизированном забое.

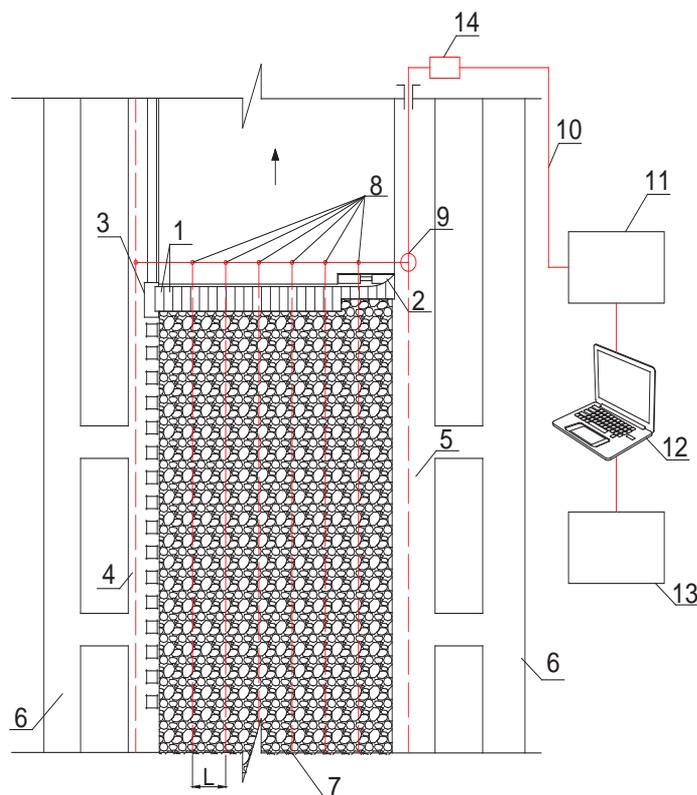


Рис. 1. Схема расположения измерительных линий в очистном механизированном забое выработанного пространства: 1 — механизированная крепь очистного комплекса; 2 — очистной комбайн; 3 — перегружатель; 4 — конвейерный штрек; 5 — вентиляционный штрек; 6 — промежуточный штрек групповой подготовки; 7 — выработанное пространство; 8 — измерительная линия – сенсор; 9 — бухты измерительного сенсора (оптико-волоконный кабель); 10 — оптоволоконные линии связи системы мониторинга в подземных горных выработках; 11 — сервер обработки оптических параметров измерительных сенсоров; 12 — АРМ (автоматизированное рабочее место — персональный компьютер) оператора; 13 — сервер МФСБ (многофункциональной системы безопасности предприятия); 14 — оптическая муфта

При мониторинге эндогенных пожаров измерительные линии 8 пропускаются между секций в выработанное (обрушаемое) пространство 7 по почве очистного забоя по мере продвижения механизированной крепи 1, в аккумулярующем 4 и вентиляционном 5 штреках крепятся на сохраняемый борт в верхней и нижней точке, для этого используются бухты с резервом для перепуска измерительного сенсора (оптико-волоконного кабеля) 9, которые через муфту 14 переключаются в оптоволоконные линии связи 10 системы мониторинга в подземных горных, далее в сервер обработки оптических параметров измерительных сенсоров 11, к которому подключены сервер МФСБ 13 и АРМ 12.

При возникновении первичного нагрева остатков горной массы в отработанном про-

странстве тепло передается ближайшей от очага измерительной линии 8, в которой возникает спектр рассеивания луча света, фиксируемый в измерительном сенсоре (оптико-волоконном кабеле) 8 системой программного обеспечения сервера 11, результат отображается с температурным градиентом на АРМ 12 с отображением эндогенного пожара в системе 13 в непрерывном или периодическом режимах.

Измерительные сенсоры (оптико-волоконные кабели) 8 укладывают параллельно друг другу по простиранию очистного забоя, чтобы обеспечить их равномерное распределение по ширине забоя L .

На рис. 2 представлена схема расположения измерительных линий на угольном складе.

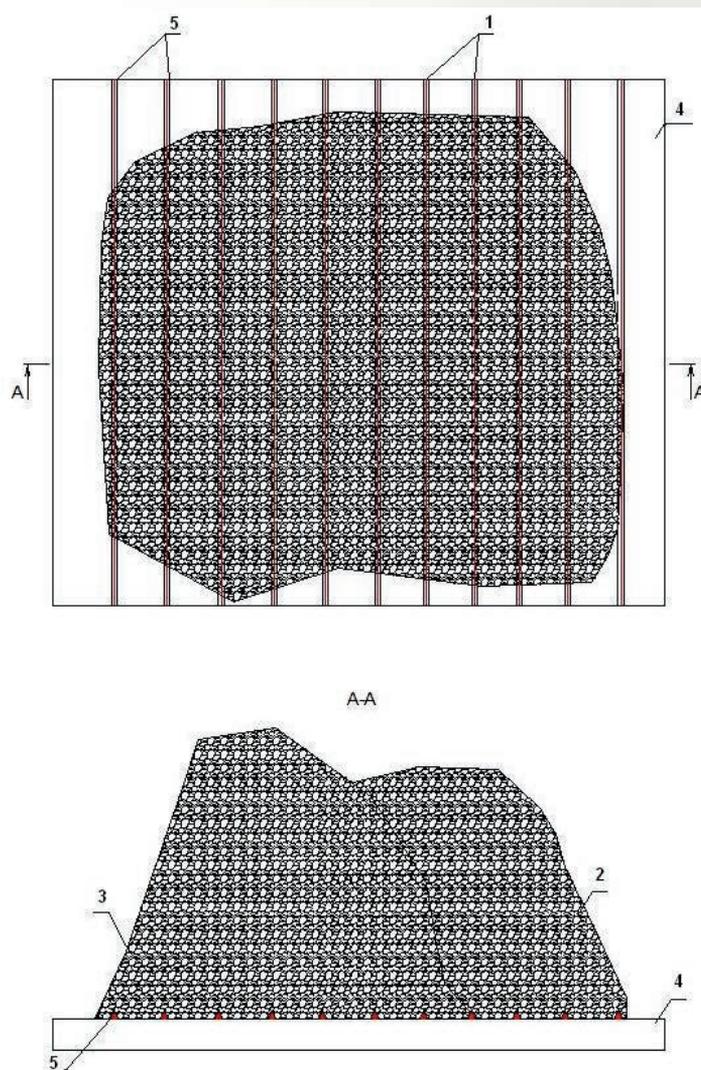


Рис. 2. Схема расположения измерительных линий на угольном складе измерительные сенсоры (оптико-волоконные кабели); 2 — штабель угля; 3 — почва площадки; 4 — приемная площадка; 5 — металлические уголки.

При мониторинге эндогенных пожаров (рис. 2) в штабелях 14 угольного склада 1 на почве 3 приемной площадки 4 укладывают закрытые защитным металлическим уголком 5 измерительные сенсоры (оптико-волоконные кабели) 1, расположенные параллельно друг другу на кратном расстоянии 5–20 м для равномерного распределения по ширине площадки штабеля угля 4, при этом уголки 5 защищают измерительные сенсоры 1 от повреждений погрузочными устройствами.

Результат достигается контролем изменения плотности отраженного спектра в одном или нескольких сенсорах (оптико-волокон-

ных кабелей), которое возникает при воздействии тепла в недоступных или труднодоступных местах горно-шахтных предприятий и складов полезного ископаемого.

Данный способ контроля эндогенных и экзогенных пожаров позволяет выявить пожар на ранней стадии в труднодоступных местах, на конвейерах и кабельных линиях в подземных горных выработках, оперативно принять меры для локализации источника возгорания и предупредить развитие эндогенного пожара. Способ особенно актуален при отработке мощных пластов, определить точное место возникновения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент 2271450 Российская Федерация, МПК E21F 5/00 (2006.01). Способ обнаружения самовозгорания угля / Портола В.А., Шевченко Л.А., Портола Т.Г.; патентообладатель ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет» — № 2004116431/03; заявл. 31.05.2004; опубл. 10.03.2006. Бюл. № 7.

2. Патент 2169844 Российская Федерация, МПК E21F 5/00 (2000.01). Способ обнаружения самонагревания угля / Портола В.А., Колмаков А.В.; патентообладатель: ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет» — № 99123770/03; заявл. 10.11.1999; опубл. 27.06.2001. Бюл. № 18.

3. Патент 2407896 Российская Федерация, МПК E21F 5/00 (2006.01). Способ обнаружения самовозгорания угля на ранней стадии / Портола В.А., Лабукин С.Н. Патентообладатель ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет» — № 2009125937/03; заявл. 06.07.2009; опубл. 27.12.2010.

4. Патент 2514017 Российская Федерация, МПК E21F 5/00 (2006.01). Способ оценки эндогенной пожароопасности при подземной разработке угольных пластов / Шлапаков П.А., Ерастов А.Ю., Сороковых С.В., Рыков А.М.; патентообладатель Шлапаков П.А. — № 2013102323/03; заявл. 17.01.2013; опубл. 27.04.2014. Бюл. № 12.

5. Патент 2631516 Российская Федерация, МПК E21F 5/00 (2006.01). Способ обнаружения подземных пожаров / Шлапаков П.А., Ерастов А.Ю., Хаймин С.А., Оленченко В.В.; патентообладатель АО «Научный центр ВостНИИ по промышленной и экологической безопасности в горной отрасли» (АО «НЦ ВостНИИ») — № 2016126243; заявл. 29.06.2016; опубл. 25.09.2017. Бюл. № 27.

6. Патент 2668091 Российская Федерация, МПК E21F 5/00 (2006.01). Способ прогноза содержания оксида углерода в атмосфере выработанного пространства выемочных участков угольных шахт / Шлапаков П.А., Шлапаков Е.А., Хаймин С.А., Ерастов А.Ю.; патентообладатель Шлапаков П.А. — № 2017141211; заявл. 27.11.2017; опубл. 26.09.2018. Бюл. № 27.

7. Патент 2 323 341 С2 Российская Федерация, МПК E21F 3/00 (2006.01). Способ определения теплового потока в текущей среде / Колмаков А.В., Колмаков В.А.; патентообладатели Колмаков А.В., Колмаков В.А. — № 2006116147/03; заявл. 10.05.2006; опубл. 27.04.2008. Бюл. № 12.

8. Патент 2 573 493 Российская Федерация, МПК E21F 5/08 (2006.01). Способ предотвращения возникновения эндогенных пожаров / Трубицына Д.А., Трубицын А.А.; патентообладатель Трубицына Д.А. — № 2015103340/03; заявл. 02.02.2015; опубл. 20.01.2016. Бюл. № 2.

9. Патент 94040099 Российская Федерация, МПК E21F 5/00 (1995.01). Способ определения местонахождения очага эндогенного пожара / Болдин В.А., Белавенцев Л.П., Донсков Ю.И., Зелинский В.А., Кочубей А.М., Шемякин И.И.; заявитель Восточный научно-исследовательский институт по безопасности работ в горной промышленности — № 94040099/03; заявл. 27.10.1994; опубл. 10.10.1996.

10. Патент 95101188 Российская Федерация, МПК E21F 5/00 (1995.01). Способ предупреждения и подавления эндогенных пожаров в выработанном пространстве / Чуприков А.Е., Лагутин В.И., Крылов В.А.; заявитель Российский научно-исследовательский институт горноспасательного дела — № 95101188/03; заявл. 25.01.1995; опубл. 20.11.1996.

11. Свидетельство Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии РФ JP.C32/004A № 55114. Система мониторинга распределения температуры модульная волоконно-оптическая повышенной дальности DTSXL.

12. Инструкция по предупреждению самовозгорания, тушению и разборке породных отвалов: приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 23 декабря 2011 г. № 738; утвержден от 23.12.2011. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=197285> (дата обращения 01.09.2022).

13. Новиков А.В., Паневников К.В., Писарев И.В. МФСБ — состояние дел (движение вперед или остановка!?) // Уголь. 2019. № 6. С. 41–45.
14. Син С.А., Портола В.А., Игишев В.Г. Повышение эффективности применения азота для борьбы с самовозгоранием угля в шахтах // Уголь. 2018. № 5. С. 51–57.
15. Lil Q., Wang S., Song S., Liang Y., Ren T. Analytical prediction of coal spontaneous combustion tendency: velocity range with possibility of self-ignition // Fuel Processing Technology. 2017. No. 159. P. 38–47.
16. Завиркина Т.В. Анализ статистики эндогенных пожаров на угольных шахтах России // Горные науки и технологии. 2014. № 1. С. 30–36.

DOI: 10.25558/VOSTNII.2022.24.65.008

UDC 622.822.22

© М.О. Kurdyukov, А.У. Ermakov, 2022

M.O. KURDYUKOV

Lead Engineer

SibSIU, Novokuznetsk

e-mail: 89511765386@yandex.ru

A.Y. ERMAKOV

Doctor of Engineering Science, Professor

SibSIU, Novokuznetsk

e-mail: aermakov779@gmail.com.

TEMPERATURE CONTROL OF EXOGENOUS AND ENDOGENOUS FIRES AT COAL PLANTS

The article discusses the methods of predicting and preventing endogenous fires, formulated the purpose of work and the method of solution, highlighted the issues of monitoring endogenous fires of an early stage in the spent space of coal mines, in coal warehouses. As a sensor, it is proposed to use a sensor based on an optical fiber cable, in which there is a change in the spectrum of the density of the reflected signal when the temperature changes in one or multiple areas. Accuracy error of fire source occurrence measurement is +/- 0,25 m. The system software allows you to analyze the temperature diagram of the measured area.

Keywords: SYSTEM, MONITORING, ENDOGENOUS FIRE, EXOGENOUS FIRE, COAL MINE, COAL WAREHOUSE, MFSB, FIBER OPTIC CABLE.

REFERENCES

1. Patent 2271450 Russian Federation, IPC E21F 5/00 (2006.01). Method for detecting spontaneous combustion of coal / Portola V.A., Shevchenko L.A., Portola T.G.; patent holder of the Kuzbass State Technical University — No. 2004116431/03; application 31.05.2004; published 10.03.2006. Bulletin No. 7. [In Russ.].
2. Patent 2169844 Russian Federation, IPC E21F 5/00 (2000.01). Method for detecting self-heating of coal / Portola V.A., Kolmakov A.V.; patent holder: Kuzbass State Technical University — No. 99123770/03; application 10.11.1999; published 27.06.2001. Bulletin No. 18. [In Russ.].
3. Patent 2407896 Russian Federation, IPC E21F 5/00 (2006.01). Method for detecting spontaneous combustion of coal at an early stage / Portola V.A., Labukin S.N. Patent holder of the Kuzbass State Technical University — No. 2009125937/03; application 06.07.2009; published 27.12.2010. [In Russ.].

4. Patent 2514017 Russian Federation, IPC E21F 5/00 (2006.01). Method for assessing endogenous fire hazard in underground mining of coal seams / Shlapakov P.A., Erastov A.Yu., Sorokov S.V., Rykov A.M.; patent holder Shlapakov P.A. — No. 2013102323/03; application 17.01.2013; published 27.04.2014. Bulletin No. 12. [In Russ.].
5. Patent 2631516 Russian Federation, IPC E21F 5/00 (2006.01). Method for detecting underground fires / Shlapakov P.A., Erastov A.Yu., Khaimin S.A., Olenchenko V.V.; patent holder of JSC «Scientific Center of VostNII for Industrial and Environmental Safety in the mining Industry» (JSC «NC VostNII») — No. 2016126243; application 29.06.2016; published 25.09.2017. Bulletin No. 27. [In Russ.].
6. Patent 2668091 Russian Federation, IPC E21F 5/00 (2006.01). A method for predicting the carbon monoxide content in the atmosphere of the worked-out space of the excavation sites of coal mines / Shlapakov P.A., Shlapakov E.A., Khaimin S.A., Erastov A.Yu.; patent holder Shlapakov P.A. — No. 2017141211; application 27.11.2017; published 26.09.2018. Bulletin No. 27. [In Russ.].
7. Patent 2 323 341 C2 Russian Federation, IPC E21F 3/00 (2006.01). Method for determining heat flow in the current environment / Kolmakov A.V., Kolmakov V.A.; patent holders Kolmakov A.V., Kolmakov V.A. — No. 2006116147/03; application 10.05.2006; published 27.04.2008. Bulletin No. 12. [In Russ.].
8. Patent 2 573 493 Russian Federation, IPC E21F 5/08 (2006.01). Method of preventing the occurrence of endogenous fires / Trubitsyna D.A., Trubitsyn A.A.; patent holder Trubitsyna D.A. — No. 2015103340/03; application 02.02.2015; published 20.01.2016. Bulletin No. 2. [In Russ.].
9. Patent 94040099 Russian Federation, IPC E21F 5/00 (1995.01). A method for determining the location of an endogenous fire / Boldin V.A., Belaventsev L.P., Donskov Yu.I., Zelinsky V.A., Kochubey A.M., Shemyakin I.I.; applicant Eastern Research Institute for the Safety of Work in the Mining Industry — No. 94040099/03; application 27.10.1994; published 10.10.1996. [In Russ.].
10. Patent 95101188 Russian Federation, IPC E21F 5/00 (1995.01). Method of prevention and suppression of endogenous fires in the developed space / Chuprikov A.E., Lagutin V.I., Krylov V.A.; applicant Russian Research Institute of Mining Rescue — No. 95101188/03; application 25.01.1995; published 20.11.1996 [In Russ.].
11. Certificate of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology of the Russian Federation JPC32/004A No. 55114. The temperature distribution monitoring system is a modular fiber-optic extended-range DTSXL. [In Russ.].
12. Instructions for the prevention of spontaneous combustion, extinguishing and dismantling of rock dumps: order of the Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision dated December 23, 2011 No. 738; approved on December 23, 2011. URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=197285> (date of application 01.09.2022). [In Russ.].
13. Novikov A.V., Panevnikov K.V., Pisarev I.V. IFSB — the state of affairs (moving forward or stopping!?) // Coal [Ugol]. 2019. No. 6. P. 41–45. [In Russ.].
14. Sin S.A., Portola V.A., Igishev V.G. Improving the efficiency of nitrogen use to combat spontaneous combustion of coal in mines // Coal [Ugol]. 2018. No. 5. P. 51–57. [In Russ.].
15. Lil Q., Wang S., Song S., Liang Y., Ren T. Analytical prediction of coal spontaneous combustion tendency: velocity range with possibility of self-ignition // Fuel Processing Technology. 2017. No. 159. P. 38–47.
16. Zavirkina T.V. Analysis of statistics of endogenous fires in coal mines of Russia // Mining sciences and technologies [Gornye nauki i tekhnologii]. 2014. No. 1. P. 30–36. [In Russ.].