

Особенности проведения тепловизионной съемки для обнаружения очагов самовозгорания на угольном разрезе

В.А. Портола¹, О.И. Черских²✉, С.И. Протасов³, Е.А. Серегин³, И.А. Шваков²

¹ Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, Российская Федерация

² ООО «Солнцевский угольный разрез», г. Шахтерск, Российская Федерация

³ Новационная фирма «КУЗБАСС-НИИОГР», г. Кемерово, Российская Федерация

✉ cherskikhoi@eastmining.ru

Резюме: Постоянный контакт угля, добываемого при ведении открытых горных работ, с кислородом воздуха способствует развитию процесса самовозгорания и появлению очагов эндогенных пожаров. Снизить опасность эндогенных пожаров и минимизировать ущерб, наносимый этими авариями, позволяет обнаружение очагов на ранней стадии их развития. Значительно упростить выявление очагов самовозгорания на угольных разрезах позволяет тепловизионная съемка, осуществляемая с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Проведенные исследования показали, что существующее программное обеспечение позволяет по результатам тепловой съемки получить план горных работ с нанесенными температурными аномалиями. Для оценки размеров очагов самовозгораний выделяют отдельные зоны с тепловыми аномалиями. При проведении тепловизионных съемок необходимо учитывать возможность солнечного излучения прогревать поверхность до 30–50 °С, поэтому полеты выполняются до восхода солнца или в редких случаях в пасмурную погоду. Анализ результатов тепловизионной съемки показал, что тепловые аномалии могут фиксироваться от работающих машин и механизмов. Для оценки состояния очагов самовозгорания, выбора способа и средств ликвидации пожара необходим замер температуры очагов контактным термометром с замером концентрации выделяющихся газов. Проведенные замеры показали, что температура очага на глубине 10–15 см может увеличиваться на сотни градусов по сравнению с температурой на поверхности. В очагах самовозгорания могут выделяться оксид углерода, сероводород, диоксид серы, метан. Предлагаемая технология контроля состояния породных отвалов позволяет повысить безопасность и снизить стоимость работ по ликвидации очагов эндогенных пожаров.

Ключевые слова: самовозгорание угля, эндогенный пожар, тепловизор, температурная съемка, обнаружение очагов, беспилотный летательный аппарат, аэрофотосъемка, газоанализатор

Для цитирования: 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):95–100. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-1-95-100>

Specific features of thermal imaging surveys for detecting spontaneous combustion sources in coal strip mines

V.A. Portola¹, O.I. Cherskikh²✉, S.I. Protasov³, E.A. Seregin³, I.A. Shvakov²

¹ T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, Russian Federation

² Solntsevsky Coal Mine LLC, Shakhtersk, Russian Federation

³ KUZBASS NIIOGR Innovation Company, Kemerovo, Russian Federation

✉ cherskikhoi@eastmining.ru

Abstract: Constant contact of coal extracted in surface mining operations with oxygen in the air contributes to the development of spontaneous combustion and emergence of spontaneous fire seats. It is possible to reduce the risks of spontaneous fires and minimize the damage caused by these accidents by detecting the fire seats at an early stage. Thermal imaging performed from unmanned aerial vehicles (UAVs) makes it possible to significantly simplify the detection of spontaneous combustions in coal mines. The research performed showed that the existing software enables plotting a mine layout map with indication of the

temperature anomalies based on the thermal imaging results. Individual zones with thermal anomalies are identified in order to assess the size of spontaneous combustion seats. When carrying out thermal imaging surveys, it is required to account for the ability of the solar radiation to warm the earth surface up to 30–50 °C, so the flights are to be executed before sunrise or, in rare cases, in cloudy weather. Analysis of the thermal imaging results showed that the detected thermal anomalies can be caused by operating machines and mechanisms. In order to assess the state of spontaneous combustion seats and to choose the efficient method and means of fire suppression, it is necessary to determine the temperature of the seats with a contact thermometer and to measure the concentration of emitted gases. The performed measurements showed that the seat temperature at a depth of 10–15 cm could increase by hundreds of degrees as compared to the temperature at the surface. Carbon monoxide, hydrogen sulfide, sulfur dioxide and methane can be emitted from the spontaneous combustion seats. The proposed technology to monitor the condition of rock dumps helps to improve safety and reduce the cost of controlling the spontaneous fire seats.

Keywords: spontaneous combustion of coal, spontaneous fire, thermal imaging device, temperature survey, detection of fire seats, unmanned aerial vehicle, aerial photography, gas analyzer

For citation: Portola V.A., Cherskikh O.I., Protasov S.I., Seregin E.A., Shvakov I.A. Specific features of thermal imaging surveys for detecting spontaneous combustion sources in coal strip mines. *Russian Mining Industry*. 2023;(1):95–100. <https://doi.org/10.30686/1609-9192-2023-1-95-100>

Введение

Особенностью угля является способность сорбировать кислород при естественной температуре атмосферного воздуха с последующим химическим взаимодействием окислителя с горючими компонентами топлива, что сопровождается выделением тепла и может привести к появлению очагов самовозгорания [1–4]. Эндогенные пожары, возникающие при добыче угля открытым способом, угрожают работникам предприятия из-за выделения токсичных газов, могут выводить из строя машины и оборудование. Очаги пожаров замедляют темп угледобычи, приводят к потерям угля и требуют существенных затрат на ликвидацию аварии. Поэтому все этапы добычи, хранения и транспортирования угля должны сопровождаться постоянным контролем температуры скоплений угля, что позволит выявить очаги самовозгорания на ранней стадии и ликвидировать их с минимальными затратами.

Действующими нормативными документами¹ предусмотрено, что способы обнаружения очагов пожаров, замера температуры, концентрации оксида углерода и наблюдений за внешними признаками самонагревания угля, в том числе и на породных отвалах, а также места установки датчиков определяются техническим руководителем угольного разреза. Наиболее распространенными способами обнаружения очагов самовозгорания угля на разрезах являются визуальный контроль и замер температуры [5]. Однако осмотр поверхности разреза не всегда позволяет обнаружить очаги, особенно на начальной стадии их развития. Так, появление пара начинается при температуре угля 70–90 °C при большой исходной влажности скопления или после выпадения атмосферных осадков. В зимний период над прогретыми зонами тает снег. В некоторых случаях над очагом самовозгорания может меняться цвет угля и пород. Но зачастую, особенно при большой поверхности разреза и породных отвалов, визуальный способ обнаружения очагов самовозгорания малоэффективен.

Признаком самовозгорания угля является также появление различных газов [6–8]. Однако на разрезах выделяющийся газ быстро уходит в атмосферу, что затрудняет

использование газоаналитического метода. Применение геофизических методов для обнаружения очагов самовозгорания [9] требует значительных затрат и не получило широкого распространения. Измерение температуры угля контактным термометром [10] занимает много времени и зачастую невозможно на крутонаклонной поверхности (откосы уступов и отвалов). В проведенных исследованиях оценивалась эффективность обнаружения очагов самовозгорания угля на разрезах путем проведения температурной съемки с помощью тепловизоров, установленных на беспилотных летательных аппаратах (БПЛА).

Оборудование и методика исследования

Поиск тепловых аномалий на поверхности разреза осуществлялся тепловизором Zenmuse XT2 ZXT2A13SR, который крепился на полетной платформе DJI Matrice 200, оснащенной мощными двигателями, обеспечивающими стабильный полет даже при сильном ветре (до 12 м/с). Квадрокоптер имеет два аккумулятора с системой обогрева, а закрытая конструкция корпуса обеспечивает устойчивость к воде и неблагоприятным метеороусловиям. Масса дрона 3,8 кг, максимальный взлетный вес 6,14 кг. Максимальная скорость полета 82,8 км/ч, а максимальное время полета при полной нагрузке 24 мин.

Для составления полетного маршрута и контроля беспилотного летательного аппарата (БПЛА) в ходе выполнения задания использовано приложение DJI Ground Station Pro (DJI GSP), установленное на планшет Apple iPad A1893. При планировании полета внешним пилотом выбраны и заданы оптимальные параметры полетного задания (с учетом высоты полета, достижения необходимого перекрытия между снимками и др.). Для изучения (подбора) оптимальных параметров полета, достижения требуемого качества, количества и взаимного перекрытия снимков в данных конкретных условиях полеты были выполнены в разное время суток, некоторые участки снимались повторно несколько раз с разной высоты.

Следует отметить, что в солнечную погоду фоновая температура поверхности угля и пород может повышаться до 30–50 °C, что усложняет процесс дешифрирования результатов съемки и может приводить к искажению данных измерений. В этой связи для исключения влияния нагрет-

¹ Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при разработке угольных месторождений открытым способом» (Утверждены приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 10.11.2020 г. № 436). Серия 05. Вып. 55. М.: ЗАО «НТЦ исследований проблем промышленной безопасности»; 2021. 140 с.

ва поверхности горных пород от солнечных лучей тепловизионная съемка выполнялась рано утром (до восхода солнца), а также в пасмурную погоду. В общей сложности камера произвела 3923 тепловизионных и столько же визуальных фотоснимков в формате JPG, которые приняты к дальнейшей камеральной обработке.

Камеральная обработка представляет собой обработку выполненных аэрофотоснимков (тепловизионных) на ПК, целью которой является получение цифрового топографического плана и карты температур. Также существует возможность создания 3D-модели поверхности, карты высот, карты отражений и плотного облака точек. Обработка результатов тепловизионной аэрофотосъемки выполнялась в лицензионном ПО Pix4Dmapper, версия 4.6.4. Система координат входящих в обработку фотоснимков принята WGS 84 (по умолчанию). Система координат выходных данных – произвольная (условная).

Обработка данного проекта выполнялась поэтапно. Первый этап – оптимизация, калибровка камер и составление разреженного облака точек. Параметры калибровки и отождествления установлены по умолчанию. Из 3923 снимков успешно откалиброваны 3418, что является хорошим результатом. Второй этап обработки включает в себя составление плотного облака точек и построение текстурированной 3D-модели. Приняты следующие параметры обработки: плотность облака точек – оптимальная, разрешение 3D-модели – среднее. Показатель GSD составил 30 см. Третий этап обработки заключается в анализе индексов температуры в полученном ортофотоплане и составлении единой карты температур.

После выполненной обработки программой Pix4Dmapper выдан отчет о качестве аэрофотосъемки (АФС) в виде карты качества перекрытий между соседними аэрофотоснимками, полученными при выполнении тепловизионной съемки с БПЛА. Количество перекрывающихся изображений вычисляется для каждого пикселя ортогонального изображения. В результате анализа результатов, представленных программой Pix4Dmapper, можно сделать вывод о высоком качестве выполненной АФС и наложении полученных снимков на 100% снятой поверхности. Затем по имеющимся опознакам (которые выставлялись на поверхности разреза перед полетом БПЛА) карта температур была совмещена с планом горных работ. Привязка карты температур к плану горных работ выполнена в условной системе координат предприятия.

По результатам выполненной тепловизионной съемки с применением БПЛА были выбраны участки для измерения температуры поверхности очагов контактным термометром и состава газов в приповерхностном слое пород. Для определения температур использовались контактный термометр ТК5.06 с зондом ЗПУ 500 длиной 0,5 м и тепловизор Testo 880-3 PRO. Определение состава газов в приповерхностном слое пород производилось газоанализатором DrägerX-am 5000, позволяющим измерять концентрацию метана CH_4 , оксида углерода CO , диоксида серы SO_2 , сероводорода H_2S и кислорода O_2 . Газоанализатор дополнительно оборудован металлическим зондом длиной 0,7 м для отбора проб воздуха из приповерхностного слоя пород. Для нанесения на план координат точек, в которых выполнялось измерение температуры и концентрации газов, использован спутниковый навигатор Garmin eTrex 20x, откалиброванный для работы в системе координат, принятой на предприятии.

Результаты замеров температуры и состава газов

Общая площадь температурной модели поверхности экспериментального участка угольного разреза, созданной по результатам тепловизионной съемки, составила 366 га. Выполненная тепловизионная съемка позволила выявить участки с температурой поверхности пород более 50 °С. Зафиксированные очаги самовозгорания имеют небольшие размеры и находятся на начальной стадии развития или ликвидации. Несмотря на высокую химическую активность бурого угля, своевременные мероприятия по ликвидации очагов самовозгорания не позволили сформироваться значительным по размеру очагам эндогенных пожаров.

Следует отметить, что на карте температур, совмещенной с планом горных работ, разглядеть некоторые аномалии чрезвычайно сложно. Это обусловлено маленькими размерами этих зон и большой площадью съемки (366 га). При печати этих графических материалов в масштабе 1 : 1000 размер листа составит 3 x 4 м, а размер некоторых зафиксированных очагов на этом плане равняется 1 x 1 мм. И даже в этом случае не вся представленная на них информация будет хорошо читаться. Поэтому для работы предприятию рекомендуется использовать электронную версию графических материалов в форматах DWG и PDF.

Проведенные съемки показали, что использование снимков поверхности в видимом и инфракрасном диапазоне позволяет не только определить местонахождение, температуру и размеры очага, но и выбрать оптимальные пути доставки необходимой техники и материалов для ликвидации пожара. Так, на рис. 1, сделанном в видимом диапазоне, визуально не определяются очаги, но на рис. 2, сделанном в инфракрасном диапазоне, выявлены два очага. Один очаг самовозгорания с температурой 179 °С расположен на нижнем уступе, а второй, с температурой 294 °С, находится на верхнем уступе.

На рис. 3 представлены результаты измерения температуры поверхности контактным термометром (приведены номер точки и температура), нанесенные на карту темпе-



Рис. 1
Фотография опасной зоны в видимом диапазоне с высоты 45 м

Fig. 1
A picture of the hazardous zone in the visible range from the height of 45 m

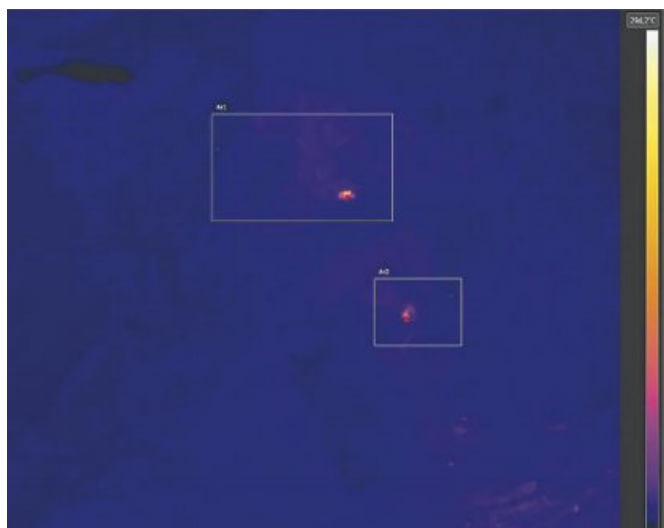


Рис. 2
Тепловизионный снимок опасной зоны с высоты 30 м

Fig. 2
A thermal image of the hazardous zone from the height of 30 m

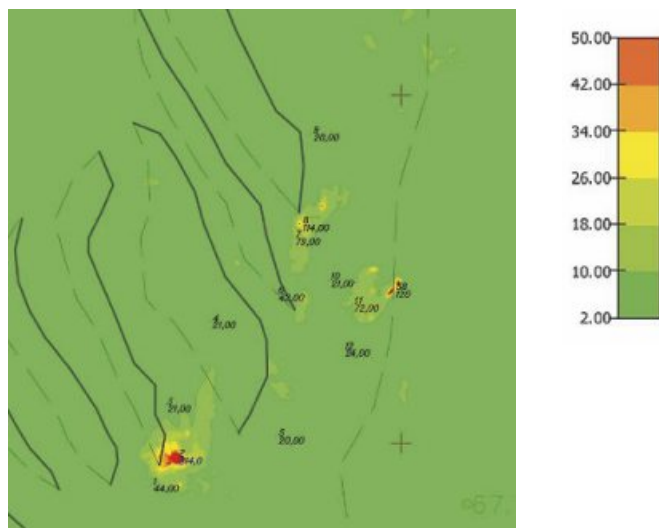


Рис. 4
Тепловые аномалии в зоне №2 с точками контактных замеров термометром

Fig. 4
Thermal anomalies in Zone No.2 with contact thermometer measurement points



Рис. 3
Тепловые аномалии в зоне №1 с точками контактных замеров термометром

Fig. 3
Thermal anomalies in Zone No.1 with contact thermometer measurement points

Таблица 1
Результаты замера температуры и состава газов в контрольных точках зоны №2

Table 2
Results of the temperature and gas composition measurements at the control points in Zone No.2

№ точки	T, °C	CO, %	H ₂ S, ppm	O ₂ , %	SO ₂ , ppm	CH ₄ , %
1	44	0,0016	0	20,9	0	0
2	214	0,0012	0	20,9	0	0
3	21	0	0	20,9	0	0
4	21	0	0	20,9	0	0
5	20	0	0	20,9	0	0
6	42	0,0082	0	20,9	0,2	0
7	79	0,0032	0	20,9	0	0
8	114	0,0140	0	20,9	0,3	0
9	20	0	0	20,9	0	0
10	21	0	0	20,9	0	0
11	72	0,1880	29	16,6	2	0
12	24	0	0	20,9	0	0
58	120	0,0210	0	18,1	0	0

ратур, полученную в результате выполнения тепловизионной съемки зоны №1 с использованием БПЛА. Рядом с точкой указан ее номер и значение температуры, измеренное термометром.

Замеры температуры поверхности, проведенные контактным термометром, подтвердили наличие в этой зоне точечных очагов самовозгорания, температура в которых составила от 66 до 276 °C. В очагах (на глубине до 0,5 м) отмечено выделение оксида углерода до 0,0070% (точки 48, 49, 51) и сернистого газа до 0,2 ppm (точки 48, 49). Сероводород и метан не обнаружены.

На рис. 4 показаны температуры очагов, выявленных в зоне №2 с использованием БПЛА, определенные контактным термометром. В табл. 1 приведены концентрации газов на глубине 0,5 м.

По результатам тепловизионной съемки в зоне №2 вы-

явлены три наиболее крупные температурные аномалии площадью от 130 до 230 м². Температура в наиболее прогретом очаге (точка №2) достигает 214 °C. В очагах отмечено присутствие оксида углерода до 0,1880%, сернистого газа до 29 ppm и сероводорода до 29 ppm. Выделение сернистого газа и сероводорода свидетельствует о наличии серы в угле и ее участии в развитии процесса самовозгорания.

На рис. 5 представлены температурные аномалии, найденные тепловизионной съемкой в зоне №3 с использованием БПЛА, и температура поверхности, определенная контактным термометром.

По результатам тепловизионной съемки на данном участке выявлены два очага с температурой поверхности более 50 °C. Контактная температурная съемка подтвердила этот факт, температура поверхности составила 135 °C и

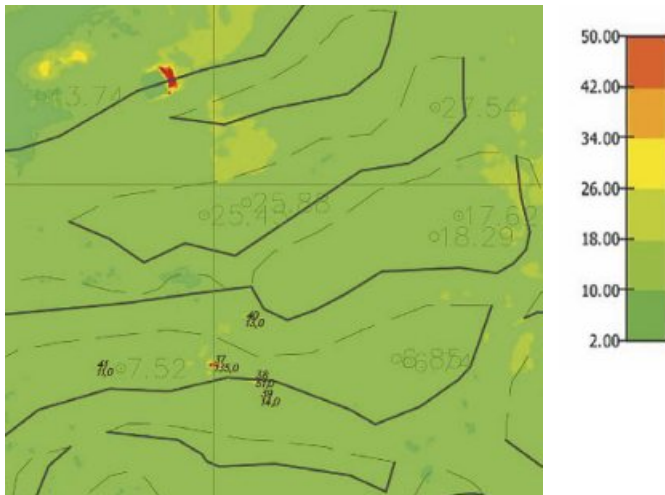


Рис. 5
Карта температур в зоне №3
с точками контактных замеров
термометром

Fig. 5
A temperature map in Zone
No.3 with contact
thermometer measurement
points

51 °С, (в точках 37 и 38 соответственно). При этом на глубине 10–15 см от поверхности температура пород в точке №37 составляет более 300 °С. В очагах отмечено выделение оксида углерода до 0,0174%, сернистого газа до 0,3 ppm метана до 0,2%. Сероводород отсутствует.

Следует обратить внимание на верхний левый угол рис. 5, на котором отмечена сильно прогретая зона. Анализ карты температур, полученной по результатам съемки с БПЛА, а также отдельных тепловизионных снимков и кадров визуальной съемки, позволил определить, что данная температурная аномалия создана разогретым кузовом автосамосвала БелАЗ. Дополнительно выполненные замеры показали, что температура пустого кузова автосамосвала БелАЗ-7530 с работающим двигателем достигает 180 °С. Подобные температурные аномалии спо-

собны также создавать и другие технические устройства, работающие на разрезе (экскаваторы, бульдозеры и т.д.).

Заключение

Проведенные исследования показали, что использование тепловизионной съемки, осуществляемой с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), позволяет существенно упростить обнаружение очагов самовозгорания угля на разрезах, быстро обнаружить температурные аномалии в самых недоступных зонах и нанести их на план горных работ. Большинство этих участков совпали с ранее зафиксированными на предприятии опасными зонами, по которым уже ведется работа по их локализации и ликвидации. Результаты тепловизионной съемки подтвердили эффективность выполненных на разрезе участков ликвидации очагов самовозгорания угля работ по тушению очагов самовозгорания. Вместе с тем тепловизионная съемка позволила выявить новые температурные аномалии, обнаружить которые традиционным способом было затруднительно.

При проведении тепловизионной съемки необходимо учитывать возможность появления тепловых аномалий, возникающих от работающих машин, механизмов. Так, температура кузова самосвалов может нагреваться до температуры 150–180 °С отработанными газами. Существенно снижает эффективность обнаружения очагов самовозгорания на начальной стадии окисления углеродсодержащих пород с помощью тепловизоров солнечное излучение, способное нагреть поверхность угля и пород до 30–50 °С.

После тепловизионной съемки необходимо оценить состояние выявленных тепловых аномалий с помощью контактных замеров температуры угля и определения концентрации пожарных газов, выделяемых очагами самовозгорания. Полученная по результатам тепловизионной съемки поверхности бортов разреза и породных отвалов информация позволяет выбрать эффективные способы локализации очагов окисления угля, а также технологии и средства тушения очагов пожаров, средства защиты рабочих, ликвидирующих аварию.

Список литературы

1. Акбаров Т.Г., Исраилов М.А., Махмудов Д.Р. Изучение и предупреждение самовозгораемости углей Ангрэнского месторождения. *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2021;(1):170–177. <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2021-1-0-170-177>
2. Zhang Y., Liu Y., Shi X., Yang C., Wang W., Li Y. Risk evaluation of coal spontaneous combustion on the basis of auto-ignition temperature. *Fuel*. 2018;233:68–76. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.06.052>
3. Onifade M., Genc B. Spontaneous combustion of coals and coal-shales. *International Journal of Mining Science and Technology*. 2018;28(6):993–940. <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2018.05.013>
4. Родионов В.А., Турсенев С.А., Скрипник И.Л., Ксенофонтов Ю.Г. Результаты исследования кинетических параметров самовозгорания каменноугольной пыли. *Записки Горного института*. 2020;246:617–622. <https://doi.org/10.31897/PMI.2020.6.3>
5. Скочинский А.А., Огиевский В.М. *Рудничные пожары*. М.: Издательство «Горное дело»; ООО «Киммерийский центр»; 2011. 375 с.
6. Liang Y., Zhang J., Wang L., Luo H., Ren T. Forecasting spontaneous combustion of coal in underground coal mines by index gases: A review. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2019;57:208–222. <https://doi.org/10.1016/j.jlpi.2018.12.003>
7. 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):47–52. <https://doi.org/10.24000/0409-2961-2022-4-47-52>
8. 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):47–52. <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2021-5-47-52>

9. Ли Хи Ун, Черданцев С.В., Попов В.Б., Шлапаков П.А., Ерастов А.Ю. Опыт применения шахтной электроразведки для обнаружения очага самонагрева угля на шахте «Ольжерасская-Новая». *Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых*. 2017;(1):182–188.

10. 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):65–70. <https://doi.org/10.24000/0409-2961-2021-8-65-70>

References

1. Akbarov T.G., Israilov M.A., Makhmudov D.R. Analysis and prevention of spontaneous combustion of Angren coal. *Mining Information and Analytical Bulletin*. 2021;(1):170–177. (In Russ.) <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2021-1-0-170-177>
2. Zhang Y., Liu Y., Shi X., Yang C., Wang W., Li Y. Risk evaluation of coal spontaneous combustion on the basis of auto-ignition temperature. *Fuel*. 2018;233:68–76. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.06.052>
3. Onifade M., Genc B. Spontaneous combustion of coals and coal-shales. *International Journal of Mining Science and Technology*. 2018;28(6):993–940. <https://doi.org/10.1016/j.ijmst.2018.05.013>
4. Rodionov V.A., Tursenev S.A., Skripnik I.L., Ksenofontov Y.G. Results of the study of kinetic parameters of spontaneous combustion of coal dust. *Journal of Mining Institute*. 2020;246:617–622. <https://doi.org/10.31897/PMI.2020.6.3>
5. Skochinsky A.A., Ogievsky V.M. *Mine fires*. Moscow: Gornoe delo; Kimmeriisky tsentr; 2011. 375 p. (In Russ.)
6. Liang Y., Zhang J., Wang L., Luo H., Ren T. Forecasting spontaneous combustion of coal in underground coal mines by index gases: A review. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*. 2019;57:208–222. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2018.12.003>
7. Portola V.A., Bobrovnikova A.A., Sin S.A., Iqishev V.G. Special features of the release of indicator fire gases at the nitrogen supply to the foci of coal spontaneous combustion. *Occupational Safety in Industry*. 2022;(4):47–52. (In Russ.) <https://doi.org/10.24000/0409-2961-2022-4-47-52>
8. Portola V.A., Tailakov O.V., Lee Hee Un, Sobolev V.V., Bobrovnikova A.A. Detection, location and assessment of underground fires using radon anomalies on the day surface. *Ugol'*. 2021;(5):47–52. (In Russ.) <https://doi.org/10.18796/0041-5790-2021-5-47-52>
9. Un L.K., Cherdantsev S.V., Popov V.B., Shlapakov P.A., Erastov A.Y. Electrical prospecting to detect places of spontaneous heating in Olzherasskaya-Novaya coal mine: case study. *Journal of Mining Science*. 2017;53(1):191–196. <https://doi.org/10.1134/S1062739117012018>
10. Protasov S.I., Seregin E.A., Portola V.A., Bobrovnikova A.A. Investigation of the centers of endogenous fires at the rock dumps of the coal enterprises. *Occupational Safety in Industry*. 2021;(8):65–70. (In Russ.) <https://doi.org/10.24000/0409-2961-2021-8-65-70>

Информация об авторах

Портола Вячеслав Алексеевич – доктор технических наук, профессор, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово, Российская Федерация; e-mail: portola2@yandex.ru

Черских Олег Иванович – кандидат технических наук, директор, ООО «Солнцевский угольный разрез», г. Шахтерск, Российская Федерация; e-mail: cherskikhoi@eastmining.ru

Протасов Сергей Иванович – кандидат технических наук, директор, Новационная фирма «КУЗБАСС-НИИОГР», г. Кемерово, Российская Федерация; e-mail: protasov@kuzbass-niiogr.ru

Серегин Евгений Алексеевич – главный инженер, Новационная фирма «КУЗБАСС-НИИОГР», г. Кемерово, Российская Федерация; e-mail: eugene_s1976@mail.ru

Шваков Игорь Анатольевич – начальник участка, ООО «Солнцевский угольный разрез», г. Шахтерск, Российская Федерация; e-mail: shvakovia@eastmining.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 22.12.2022

Поступила после рецензирования: 19.01.2023

Принята к публикации: 23.01.2023

Information about the authors

Vyacheslav A. Portola – Dr. Sci. (Eng.), Professor, T. F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, Russian Federation; e-mail: portola2@yandex.ru

Oleg I. Cherskikh – Cand. Sci. (Eng.), Director, Solntsevsky Coal Mine LLC, Shakhtersk, Russian Federation; e-mail: cherskikhoi@eastmining.ru

Sergey I. Protasov – Cand. Sci. (Eng.), Director, KUZBASS NII-OGR Innovation Company, Kemerovo, Russian Federation; e-mail: protasov@kuzbass-niiogr.ru

Evgeny A. Seregin – Director, KUZBASS NIIOGR Innovation Company, Kemerovo, Russian Federation; e-mail: eugene_s1976@mail.ru

Igor A. Shvakov – Site Supervisor, Solntsevsky Coal Mine LLC, Shakhtersk, Russian Federation; e-mail: shvakovia@eastmining.ru

Article info

Received: 22.12.2022

Revised: 19.01.2023

Accepted: 23.01.2023