

ISSN 1999-4125 (Print)

ISSN 2949-0642 (Online)

Научная статья

УДК 622.822

DOI: 10.26730/1999-4125-2026-3-121-130

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЭНДОГЕННОГО ПОЖАРА В ЗАКОНСЕРВИРОВАННОЙ ШАХТЕ, ВОЗНИКШЕГО ПОД ДЕЙСТВИЕМ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ

Портола Вячеслав Алексеевич, Бобровникова Алена Александровна,
Киренберг Евгений Александрович

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

* для корреспонденции: portola2@yandex.ru



Информация о статье

Поступила:

10 января 2026 г.

Одобрена после

рецензирования:

15 июня 2026 г.

Принята к публикации:

01 июля 2026 г.

Ключевые слова:

очаг самовозгорания,
эндогенный пожар, уголь,
законсервированная шахта,
разрез, тушение очага,
индикаторные пожарные
газы, аэродинамическая связь,
ветровой напор

Аннотация.

Развитие самовозгорания угля происходит при постоянном притоке воздуха, поэтому эндогенные пожары фиксируют в действующих шахтах, проветриваемых вентиляторами. В статье рассмотрены условия возникновения эндогенного пожара в законсервированной шахте, вызванного ведением открытых горных работ. Сближение границ шахтного поля и разреза привело к возникновению аэродинамической связи горных выработок и выработанного пространства шахты с атмосферой. Поступление воздуха в шахту обеспечивалось избыточным давлением газа, формируемым ветровым напором на борт разреза. Расчеты показали, что при скорости ветра 4 м/с избыточное давление воздуха на борту разреза составляло 10 Па. Приведены результаты измерений концентраций кислорода и индикаторных газов эндогенного пожара (оксид углерода, водород, этилен, пропилен, углекислый газ) в шахтной атмосфере. Результаты измерений показывают, что в последние годы эндогенный пожар стабилизировался, при этом режим горения испытывает небольшие автоколебания. В 2024 г. наблюдалось снижение концентрации кислорода и увеличение содержания индикаторных газов, что свидетельствовало об интенсификации горения и увеличении температуры очага. В 2025 г., напротив, отмечался небольшой рост концентрации кислорода и снижение содержания индикаторных газов из-за падения температуры разогретого угля. Для борьбы с пожаром был нанесен изолирующий слой на борт разреза, изолированы выходы горных выработок на поверхность, однако воздух продолжает поступать к очагу пожара. В связи с невозможностью активного тушения подземного пожара рекомендовано продолжать мониторинг очага самовозгорания до завершения отработки разреза.

Для цитирования: Портола В.А., Бобровникова А.А., Киренберг Е.А. Оценка состояния эндогенного пожара в законсервированной шахте, возникшего под действием открытых горных работ // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2026. № 3 (175). С. 121-130. DOI: 10.26730/1999-4125-2026-3-121-130, EDN: SQGEMJ

Введение

Условия для развития эндогенных пожаров в угольных шахтах возникают после разрушения угольного пласта. В образующихся скоплениях значительно увеличивается площадь контакта поверхности угля с окружающим воздухом. Возникающие при дроблении угля активные

центры способны реагировать с кислородом, выделяя тепло. Уменьшение размера частиц, сопровождающееся ростом площади контакта с воздухом и количества активных центров, приводит к увеличению количества поглощенного кислорода и к риску развития процесса самовозгорания. В шахтах наиболее

часто самовозгораются скопления разрыхленного угля, оставляемые в выработанном пространстве [1]. Кроме шахт, эндогенные пожары регистрируют на разрезах [2], складах угля [3] и породных отвалах [4]. Целики угля могут самовозгораться в местах растрескивания [5], где происходит фильтрация воздуха. Особенно часто эндогенные пожары возникают в зонах геологических нарушений, где наблюдается повышенная сорбционная активность угля по отношению к кислороду и сформированы пути фильтрации воздуха [6].

Сложность предотвращения эндогенных пожаров на угольных предприятиях предопределена зависимостью процесса самовозгорания от многочисленных факторов [7]. Так, существенное влияние на процесс самовозгорания угля оказывает скорость фильтрации воздуха через скопление [8]. Поток воздуха не только доставляет кислород к углю, но и выносит генерируемое тепло, поэтому существует диапазон скоростей фильтрации воздуха, оптимальных для развития процесса самовозгорания. Значительное воздействие на длительность инкубационного периода самовозгорания оказывает влажность угля [9]. На испарение влаги может расходоваться значительное количество генерируемого тепла, что замедляет рост температуры скопления [10]. Начальная температура угля и окружающей среды также оказывает влияние на опасность возникновения самовозгорания [11] и на существующие очаги эндогенных пожаров [12]. Выявлена зависимость процесса самовозгорания от химического состава угля, размера угольных частиц и др.

Для предупреждения развития очагов самовозгорания разрабатывают технологические схемы отработки угольных пластов в шахтах [13], позволяющие уменьшить потери угля в выработанном пространстве и сократить поступление воздуха к образующимся скоплениям угля. Снизить риск возникновения эндогенных пожаров позволяет обработка угля различными антипирогенами [14, 15], замедляющими сорбцию кислорода горючими компонентами. Затормозить процесс самовозгорания угля позволяет подача инертных газов [16, 17], значительно снижающих концентрацию кислорода в скоплении угля. Предотвратить и тушить очаги самовозгорания позволяет подача вспененных суспензий, изготовленных из отходов флотационного обогащения угля [18]. Пена изолирует скопления от поступления воздуха и снижает его температуру. Для обнаружения очагов подземных пожаров используют газовый анализ выделяющихся пожарных индикаторных газов [19]. С целью

локации очагов подземных пожаров проводят поверхностные радоновые съемки [20, 21].

На действующих шахтах всегда существует риск развития процесса самовозгорания в скоплениях разрыхленного угля из-за работы вентиляционных установок, подающих воздух в горные выработки и выработанное пространство. Между тем встречаются случаи развития эндогенных пожаров в законсервированных и ликвидированных шахтах. В статье рассмотрен случай формирования очага самовозгорания в законсервированной шахте под действием открытых горных работ.

Условия развития эндогенного пожара в законсервированной шахте

Эксплуатация шахты началась в 1963 г. для отработки пласта I. Через 15 лет шахтой было произведено вскрытие нижележащих трех пластов с последующими добычными работами на угольных пластах III, IV-V, VI. В феврале 2006 г. работы в шахте были остановлены из-за возникшего подземного пожара. Для ликвидации пожара был принят способ затопления с предварительной изоляцией очага, а все горные выработки, выходящие на поверхность, были изолированы взрывоустойчивыми перемычками.

При повышении уровня воды до отметки +167 м к границе шахтного поля приблизились разрез, также отрабатывающий эти угольные пласты. Для предотвращения негативного взаимного воздействия горных работ на шахте и разрезе было принято решение законсервировать шахту на период отработки запасов угля



Рис. 1. Место вскрытия бортом разреза квершлага гор. +170 м

Fig. 1. The location of the opening by the side of the crosscut section is at +170 m

разрезом. Комбинированный способ консервации предусматривал затопление шахты до уровня +167 м с изоляцией горных выработок, выходящих на поверхность. Поднятие уровня воды в шахте привело к ликвидации подземного пожара. Акт на списание эндогенного пожара оформлен в мае 2010 г.

В ходе ведения открытых горных работ разрезом были оставлены барьерные целики между открытыми горными работами и подземной отработанной частью пластов по угольным пластам III, IV-V, VI, что должно было предотвратить попадание воздуха в изолированную зону. Однако отработанная шахтой часть пласта I была полностью вскрыта бортом разреза на протяжении порядка 2 километров, что способствовало возникновению аэродинамической связи между подземной отработанной частью пластов и атмосферой. Кроме того, бортом разреза были вскрыты следующие подземные горные выработки: квершлаг гор. +170 м и главная штольня гор. +265 м (Рис. 1).

В сентябре 2012 г., через 6 лет после консервации шахты, в устьях изолированных перемычками и обвалованных горных выработок были обнаружены пожарные газы. На основании состава и динамики выделения индикаторных газов был зарегистрирован подземный эндогенный пожар. В границах пожарного участка оказались все горные выработки и выработанные пространства пластов I, III, IV-V от уровня затопления до устьев выработок, выходящих на дневную поверхность.

Для развития процесса самовозгорания угля в законсервированной шахте необходима постоянная подача воздуха к скоплениям угля, оставленным в выработанном пространстве и горных выработках. Основным механизмом, обеспечивающим поступление воздуха из атмосферы в шахту, является избыточное давление воздуха на борту разреза, формируемое атмосферным ветром. Кинетическая энергия движущегося потока воздуха переходит в

повышенное давление газа при встрече с препятствием. Наибольшее влияние на величину возникающего избыточного давления воздуха оказывают скорость ветра, удельная плотность движущегося воздуха, а также угол наклона вектора скорости ветра по отношению к плоскости встреченного препятствия. Рассчитать величину избыточного давления воздуха, возникающего на борту разреза, можно по формуле:

$$H = \sin \alpha \frac{v^2 \rho}{2}, \quad (1)$$

где: α – величина угла наклона борта разреза к земной поверхности, градус; v – скорость движения потока воздуха, м/с; ρ – плотность движущегося воздуха, кг/м³.

Величина избыточного давления воздуха, возникающая на борту разреза, будет постоянно изменяться в соответствии с колебаниями скорости ветра. Изменение величины избыточного давления воздуха на борту разреза в зависимости от скорости ветра, рассчитанное по формуле (1), приведено на Рис. 2. Плотность воздуха в потоке принята равной 1,2 кг/м³. Угол наклона борта разреза в среднем равняется 80°.

Анализ результатов расчета позволяет сделать вывод, что атмосферный ветер способен создавать на бортах разреза избыточное давление воздуха в широком диапазоне. Величина этого давления в наибольшей степени зависит от скорости ветра. Так, при средней скорости ветра 5 м/с и угле наклона борта 80° избыточное давление составляет 14,77 Па, а при скорости 10 м/с может достигать 59,1 Па.

Воздух, поступавший в законсервированную шахту под действием избыточного давления, создаваемого ветровым напором на борту разреза, окислял оставшиеся скопления угля. Преобладание количества генерируемого тепла над теплотериями в окружающее пространство создало условия для роста температуры окисляющегося угольного скопления.

Попытка потушить эндогенный пожар в шахте поднятием уровня воды оказалась

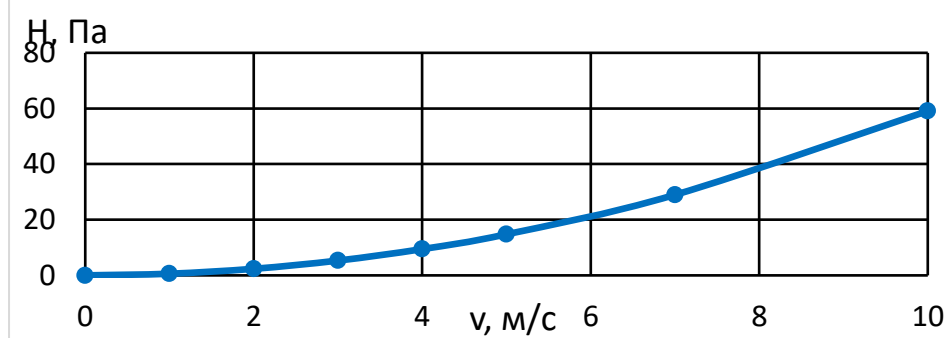


Рис. 2. Изменение величины ветрового напора на борту разреза в зависимости от скорости ветра

Fig. 2. Change in wind pressure at the side of the open-pit mine depending on wind speed

неудачной. Началось поступление воды в разрез из-за возникшей гидрологической связи между шахтой и разрезом. Уровень воды в шахте пришлось поддерживать на отметке +167 м. В 2022 г. была предпринята попытка предотвратить поступление воздуха в шахту от борта разреза. С этой целью на борт разреза был нанесен слой изолирующего материала, однако положительного эффекта эта попытка также не

дала и снижения концентрации индикаторных пожарных газов не произошло. Причиной неудачной попытки изоляции шахты явились быстрое разрушение изолирующего слоя из-за взрывных работ и погодных условий и большая проницаемость слоя материала для воздуха.

Оценка состояния очага самовозгорания в законсервированной шахте

Одним из показателей температуры очага

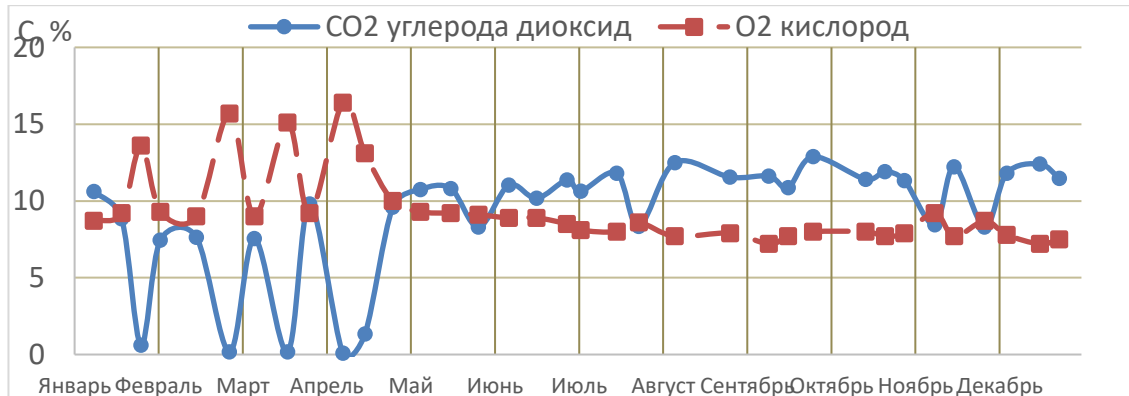


Рис. 3. Концентрации кислорода и углекислого газа в шахте за 2024 г.

Fig. 3. Oxygen and carbon dioxide concentrations in the mine for 2024

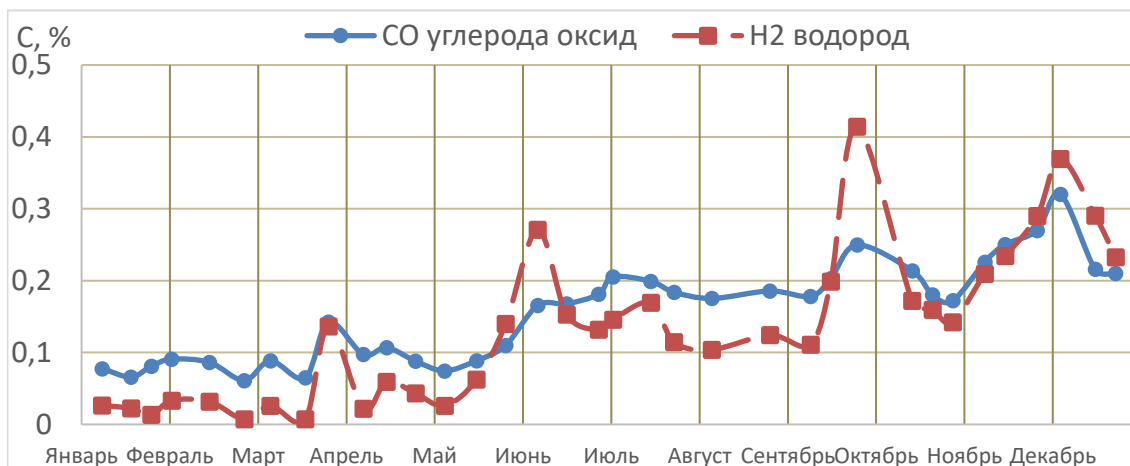


Рис. 4. Изменение содержания оксида углерода и водорода в шахте за 2024 г.

Fig. 4. Change in the content of carbon monoxide and hydrogen in the mine in 2024

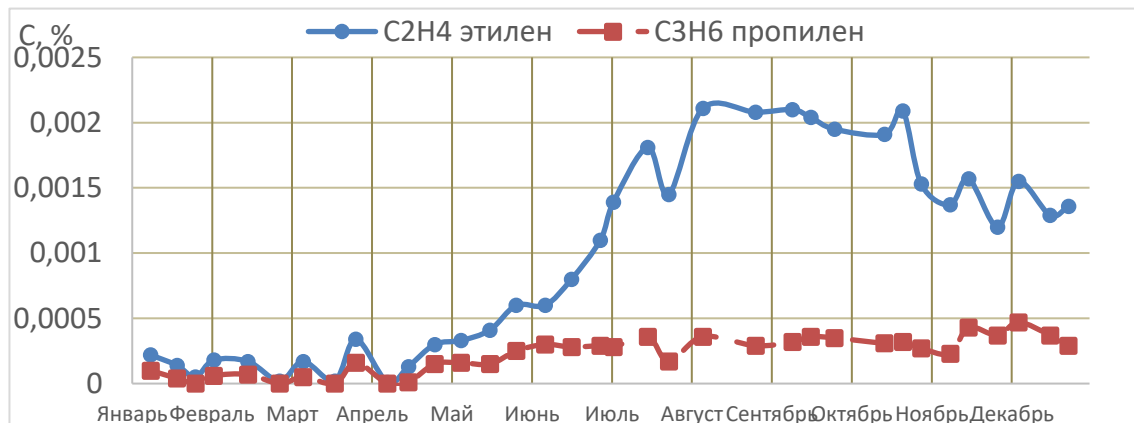


Рис. 5. Колебание концентрации этилена и пропилена в шахте за 2024 г.

Fig. 5. Ethylene and propylene concentration fluctuations in the mine in 2024

самовозгорания является концентрация кислорода и таких индикаторных газов, как оксид углерода, водород, этилен, пропилен, углекислый газ. Изменение концентраций кислорода и углекислого газа в шахтном воздухе, отобранном на шурфе склада ВМ (из-за перемычки № 749), за 12 месяцев 2024 г. приведено на Рис. 3. Концентрации оксида углерода и водорода за 2024 г. показаны на Рис.

4. Изменение содержания этилена и пропилена за 2024 г. приведено на Рис. 5.

Анализ результатов позволяет заключить, что в начале 2024 г. (с января по май) в рудничной атмосфере наблюдались резкие колебания концентраций кислорода и углекислого газа. Содержание кислорода изменялось в диапазоне от 10 до 15%, что достаточно для поддержания процесса горения в очаге. При этом

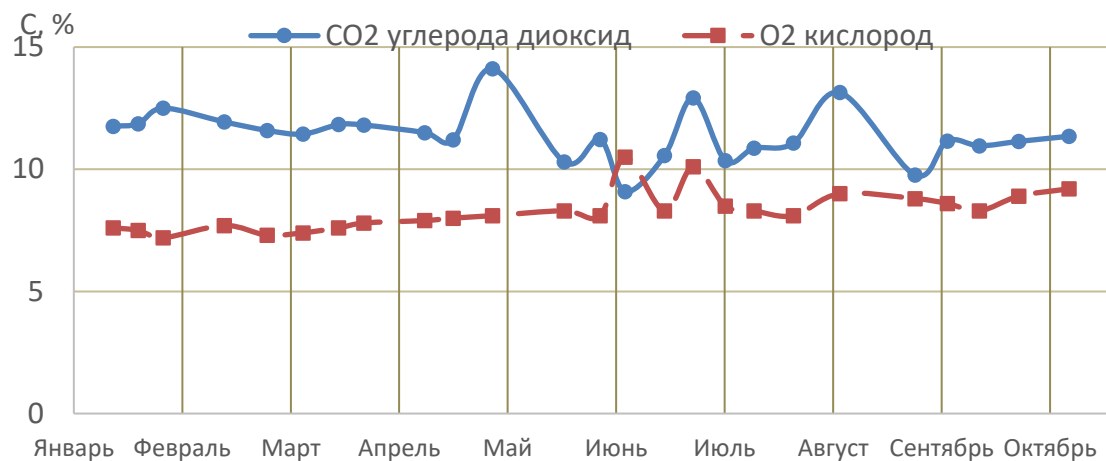


Рис. 6. Изменение концентрации кислорода и углекислого газа в шахте за 2025 г.

Fig. 6. Change in the concentration of oxygen and carbon dioxide in the mine in 2025

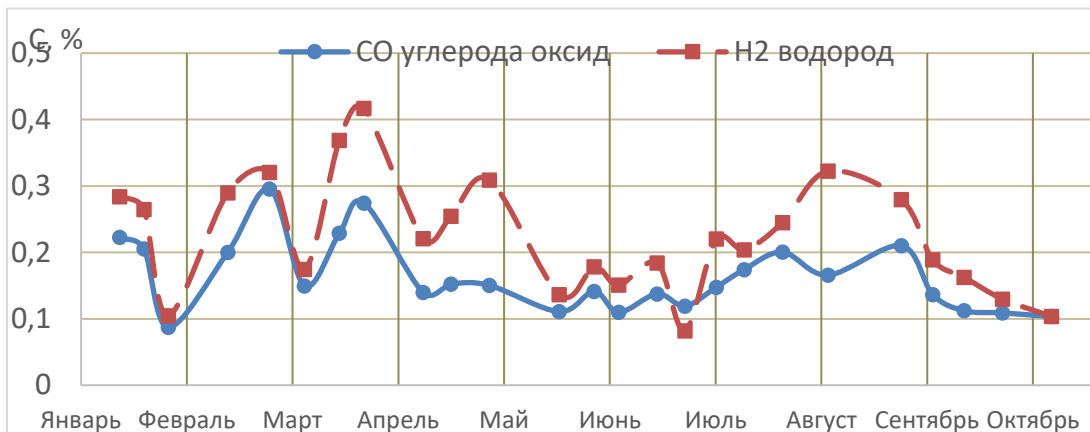


Рис. 7. Колебания содержания оксида углерода и водорода в шахте за 2025 г.

Fig. 7. Carbon monoxide and hydrogen emissions fluctuations in the mine in 2025

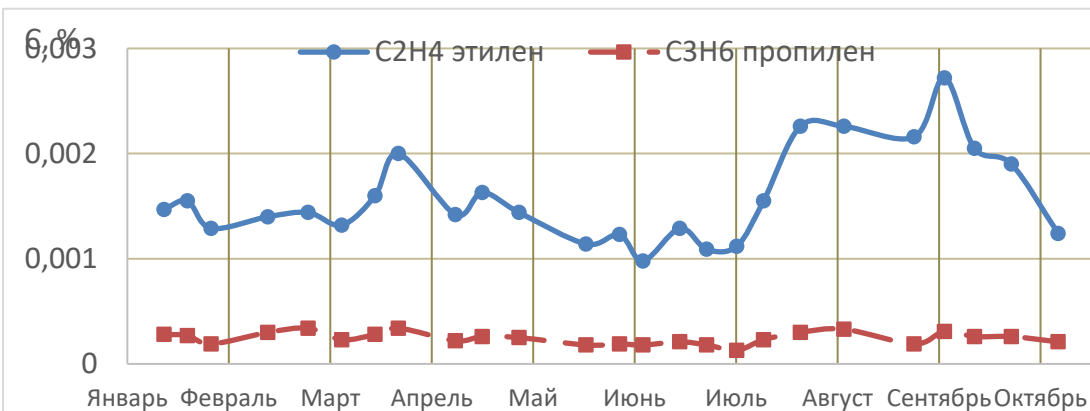


Рис. 8. Изменение концентрации этилена и пропилена в шахте за 2025 г.

Fig. 8. Change in the concentration of ethylene and propylene in the mine in 2025

концентрации индикаторных газов (оксид углерода, водород, этилен, пропилен) в этот период оставались на стабильном уровне.

С мая до конца 2024 г. резкие колебания содержания кислорода и углекислого газа прекратились. Наблюдался устойчивый тренд: медленное снижение концентрации кислорода до 7-8% при одновременном росте содержания CO₂. Эта тенденция может свидетельствовать об активизации процесса горения. Данный вывод подтверждается медленным ростом концентраций оксида углерода и водорода в рудничной атмосфере. Пропилен незначительно вырос к концу года, а содержание этилена резко возросло с мая по август, а затем постепенно снижалось до конца года.

Изменение концентраций кислорода и углекислого газа в шахтном воздухе, отобранном на шурфе склада ВМ (из-за перемычки № 749), за 10 месяцев 2025 г. приведено на Рис. 6. Содержание оксида углерода и водорода за 2025 г. показано на Рис. 7. Изменение концентрации этилена и пропилена за 2025 г. приведено на Рис. 8.

По результатам замеров видно, что за период наблюдения в 2025 г. происходило медленное повышение концентрации кислорода в рудничной атмосфере. Содержание углекислого газа незначительно уменьшилось. Резкие колебания содержания этих газов происходили в летние месяцы. Тенденция поведения этих газов может свидетельствовать о снижении интенсивности горения очага эндогенного пожара.

В течение года происходило резкое колебание содержания оксида углерода и водорода (Рис. 7), причем синхронное, с общей тенденцией снижения концентрации этих индикаторных пожарных газов в рудничной атмосфере. Заметное повышение содержания оксида углерода и водорода отмечено в июле-августе. Поведение этих газов также подтверждает тенденцию к падению температуры очага самовозгорания. Содержание пропилена в рудничной атмосфере также медленно, без резких колебаний, снижалось в течение 2025 г. Концентрация этилена в шахте существенно колебалась с медленным понижением по июль. В августе-сентябре его содержание выросло более чем в два раза, а в начале ноября вновь уменьшилось.

Обсуждение результатов

Таким образом, из результатов замера содержания индикаторных газов в шахтной атмосфере можно сделать вывод, что в изолированном эндогенном пожаре происходят незначительные колебания температуры в течение последних лет. Сопоставимые концентрации индикаторных газов наблюдались в 2021 и 2022 г. Для борьбы с очагом

эндогенного пожара применялся метод изоляции, снижающий поступление воздуха в выработанное пространство и горные выработки шахты. Так, была проведена изоляция бортов разреза специальным составом. Были изолированы и горные выработки шахты, выходящие на земную поверхность, однако проведенные мероприятия не позволили предотвратить проникновение атмосферного воздуха в рудничную атмосферу.

Проведенные исследования показали, что сближение границ шахтного поля и разреза может спровоцировать возникновение эндогенного пожара в законсервированной шахте. Ключевым фактором, обеспечивающим поступление воздуха в выработки, является избыточное давление, возникающее на борту разреза под действием ветрового напора.

Анализ выполненных мероприятий по ликвидации действующего эндогенного пожара и результатов контроля состояния очага за период наблюдения позволяет сделать вывод, что в очаге эндогенного пожара продолжается горение. Взаимодействие системы очага пожара и внешней среды обеспечивает режим автоколебания процесса горения угля и температуры разогретого угольного скопления, что проявляется в изменении во времени концентрации выделяющихся индикаторных пожарных газов. Так, в 2024 г. наблюдалась тенденция повышения температуры очага, что проявилось в понижении концентрации кислорода и росте содержания таких индикаторных газов, как оксид углерода, водород, этилен, пропилен, углекислый газ. В 2025 г. наблюдается обратный процесс с понижением температуры очага. Происходило увеличение концентрации кислорода и наблюдалась тенденция к падению содержания индикаторных пожарных газов в шахте.

Выводы

Основными причинами длительного существования эндогенного пожара являются:

- 1) невозможность активного тушения водой из-за риска затопления действующего разреза;
- 2) постоянный приток воздуха в шахту с борта разреза. Этот приток поддерживается как тепловой депрессией, создаваемой самим очагом, так и ветровым напором, генерирующим избыточное давление на борту.

Попытка нанести изолирующий слой на борт разреза не принесла желаемого результата. Нанесение достаточного слоя глины или суглинка на борт в настоящее время невозможно из-за работы разреза.

В сложившейся ситуации предусмотрено проводить мониторинг за пожарным участком с поддержанием уровня затопления горных выработок шахты не выше отметки гор. +167 м до завершения производства горных работ

разрезом. Мониторинг предусматривает контроль за появлением трещин и провалов, образовавшихся на поверхности от ведения горных работ, и замеры индикаторных пожарных газов с периодичностью два раза в месяц.

После завершения горных работ разрезом предусматривается активное тушение эндогенного пожара путем затопления горных выработок шахты до отметки гор. +220 м.

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 ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скочинский А. А., Огиевский В. М. Рудничные пожары. М. : Издательство «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2011. 375 с.
2. 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.
3. Brooks K., Glasser D. A simplified model of spontaneous combustion in coal stockpiles // Fuel. 1986. Vol. 65. Iss. 8. Pp. 1035–1041.
4. Гузеев О. А., Понамарева Е. А., Борисенко Э. В. Физическое моделирование динамики температурного поля насыпи углепородных отвалов Донбасса // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. 2025. № 3. С. 172–182.
5. Калайгорода В. В., Никулин Н. Ю., Простов С. М., Шабанов Е. А., Крупина Н. В. Мониторинг зоны самовозгорания породуугольного массива георадиолокационным методом // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2022. № 3. С. 95–103.
6. Греков С. П., Головченко Е. А. Динамика адсорбции кислорода углем в зонах геологических нарушений и температура его самонагрева // Научный вестник НИИГД «Респиратор». 2023. № 2 (60). С. 33–40.
7. Kuan Wu, Qi Yao, Yong Chen, Pengtao Zhao, Chaozhuang Xi, Yun Zhao, Qiao Wang. Dependence evaluation of factors influencing coal spontaneous ignition // Energy Science & Engineering. 2023. № 11(10). Pp. 3738–3750.
8. Lin Q., Wang S., Song S., Liang Y., Ren T. Analytical prediction of coal spontaneous combustion tendency: Velocity range with high possibility of self-ignition // Fuel Processing Technology. 2017. № 159. Pp. 38–47.
9. Beamish B. B., Hamilton G. R. Effect of moisture content on the R₇₀ self-heating rate of Callide coal // International Journal of Coal Geology. 2005. Vol. 64. Iss. 1–2. Pp. 133–138.
10. Портола В. А., Храмцов В. И., Кириенберг Е. А. Оценка эффективности применения способа увлажнения для предупреждения самовозгорания угля // Уголь. 2025. № 4. С. 89–94.
11. Чемезов Е. Н., Федоров К. К. Самовозгорание углей в условиях криолитозоны // Вестник Забайкальского государственного университета. 2022. Т. 28. № 2. С. 29–35.
12. 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.
13. Анферов Б. А., Кузнецова Л. В. Технологические схемы подземной разработки угольных пластов, склонных к самовозгоранию // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2023. № 1 (155). С. 95–101.
14. Moshood O., Bekir G., Abisola R., Andrew M., Thapelo N. Influence of antioxidants on spontaneous combustion and coal properties // Process Safety Environ Protect. 2021. № 148. Pp. 1019–1032.
15. Корольченко Д. А., Халиков Р. В. Исследование локализации эндогенных пожаров в угольных шахтах комплексными ингибиторами // Безопасность труда в промышленности. 2025. № 11. С. 65–72.
16. Semenova S. A., Patrakov Yu. F., Yarkova A. V., Zakharov N. S., Lyrshchikov S. Yu. The effect of treatment of fusainized coal with gaseous media on the initial stages of oxidation in an air environment // Solid Fuel Chemistry. 2025. T. 59. № 5. С. 337–344.
17. Semenova S. A., Patrakov Yu. F., Yarkova A. V. Influence of gases on the thermal destruction of coal // Coke and Chemistry. 2025. T. 68. № 2. С. 102–107.
18. Portola V. A., Bobrovnikova A. A., Kirenberg E. A. Potential of foam from flotation waste for preventing spontaneous coal combustion in mines // Coke and Chemistry. 2025. № 68. № 7. Pp. 596–600.
19. Guo J., Wen H., Zheng X., Liu Y., Cheng X. A method for evaluating the spontaneous combustion of coal by monitoring various gases // Process Safety Environ Protect. 2019. № 126. Pp. 223–231.
20. Коршунов Г. И., Мироненкова Н. А., Чижов О. В., Полещук А. А. Анализ результатов проведения поверхностной радоновой съемки на примере шахты кузнецкого угольного бассейна // Безопасность труда в промышленности. 2025. № 11. С. 81–86.
21. Leshukov T. V., Larionov A. V., Nastavko E. V., Kaizer F. Yu., Legoshchin K. V. Features of degassing from overburden rock massifs: a case study using radon // Earth. 2024. T. 5. № 1. Pp. 1–19.

© 2026 Авторы. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Портола Вячеслав Алексеевич, доктор техн. наук, профессор, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), e-mail: portola2@yandex.ru

Бобровникова Алена Александровна, канд. хим. наук, доцент, Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), e-mail: baa.htnv@kuzstu.ru

Киренберг Евгений Александрович, магистрант, Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева (650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28), e-mail: Omega440@yandex.ru

Заявленный вклад авторов:

Портола Вячеслав Алексеевич – научный менеджмент, обзор соответствующей литературы, концептуализация исследования.

Бобровникова Алена Александровна – постановка исследовательской задачи, научный менеджмент, сбор и анализ данных, выводы, написание текста.

Киренберг Евгений Александрович – обзор литературы, сбор и анализ данных, выводы, оформление текста.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

ASSESSMENT OF THE STATE OF AN ENDOGENOUS FIRE IN A MORTIFIED MINE THAT ARISEN UNDER THE INFLUENCE OF OPEN-MINING

Vyacheslav A. Portola, Alena A. Bobrovnikova, Evgeny A. Kirenberg

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

* for correspondence: portola2@yandex.ru



Article info

Received:

10 January 2026

Accepted for publication:

15 June 2026

Accepted:

01 July 2026

Keywords: spontaneous combustion source, endogenous fire, coal, mothballed mine, open pit, fire extinguishing, fire indicator gases, aerodynamic coupling, wind pressure

Abstract.

Spontaneous coal combustion occurs with a constant air flow, which is why endogenous fires are recorded in active mines ventilated by fans. This article examines the conditions for the occurrence of an endogenous fire in a mothballed mine caused by open-pit mining. The convergence of the mine field and open-pit boundaries resulted in an aerodynamic connection between the mine workings and the mined-out space of the mine and the atmosphere. Air flow into the mine was ensured by excess gas pressure generated by wind pressure on the open-pit side. Calculations showed that at a wind speed of 4 m/s, the excess air pressure on the open-pit side was 10 Pa. The article presents the results of measurements of the concentrations of oxygen and indicator gases of endogenous fire (carbon monoxide, hydrogen, ethylene, propylene, and carbon dioxide) in the mine atmosphere. The results of the measurements indicate that in recent years, the endogenous fire has stabilized, although the combustion regime experiences slight self-oscillations. In 2024, a decrease in oxygen concentration and an increase in tracer gas levels were observed, indicating intensification of the fire and an increase in the fire's temperature. In 2025, by contrast, a slight increase in oxygen concentration and a decrease in tracer gas levels were observed due to a drop in the temperature of the heated coal. To combat the fire, an insulating layer was applied to the side of the open pit, and the mine openings to the surface were sealed. However, air continues to flow to the fire. Due to the impossibility of actively extinguishing the underground fire, it is recommended to continue monitoring the spontaneous combustion source until the completion of open pit mining.

For citation: Portola V.A., Bobrovnikova A.A., Kirenberg E.A. Assessment of the state of an endogenous fire in a mortified mine that arisen under the influence of open-mining. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2026; 3(175):121-130. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1999-4125-2026-3-121-130, EDN: SQGEMJ

REFERENCES

1. Skochinsky A.A., Ogievsky V.M. Mine Fires. Moscow: Izdatelstvo "Mining Business" LLC "Kimmeriyskiy Tsentr"; 2011. 375 p.
2. Kalaygoroda V.V., Prostov S.M., Shabanov E.A. Instrumental Monitoring during Location of Endogenous Fires in the Side of an Open-Pit Coal Mine. *News of Higher Educational Institutions. Mining Journal*. 2023; 2:124-135.
3. Brooks K., Glasser D. A simplified model of spontaneous combustion in coal stockpiles. *Fuel*. 196; 65(8):1035-1041.
4. Guzeev O.A., Ponomareva E.A., Borisenko E.V. Physical Modeling of the Temperature Field Dynamics of the Donbass Coal Dump Embankment. *Physical and Technical Problems of Mineral Resource Development*. 2025; 3:172-182.
5. Kalaygoroda V.V., Nikulin N.Yu., Prostov S.M., Shabanov E.A., Krupina N.V. Monitoring the Spontaneous Combustion Zone of a Coal Massif Using the Ground-Purifying Radar Method. *News of Higher Educational Institutions. Mining Journal*. 2022; 3:95-103.
6. Grekov S.P., Golovchenko E.A. Dynamics of Oxygen Adsorption by Coal in Zones of Geological Disturbances and Its Self-Heating Temperature. *Scientific Bulletin of the Research Institute of Mining and Rock Respirator*. 2023; 2(60):33-40.
7. Kuan Wu, Qi Yao, Yong Chen, Pengtao Zhao, Chaozhuang Xi, Yun Zhao, Qiao Wang. Dependence evaluation of influencing factors coal spontaneous ignition. *Energy Science & Engineering*. 2023; 11(10):3738-3750.
8. Lin Q., Wang S., Song S., Liang Y., Ren T. Analytical prediction of coal spontaneous combustion tendency: Velocity range with high possibility of self-ignition. *Fuel Processing Technology*. 2017; 159:38-47.
9. Beamish B.B., Hamilton G.R. Effect of moisture content on the R70 self-heating rate of Callide coal. *International Journal of Coal Geology*. 2005; 64(1-2):133-138.
10. Portola V.A., Khramtsov V.I., Kirenberg E.A. Evaluation of the efficiency of applying the humidification method to prevent spontaneous coal combustion. *Coal*. 2025;(4):89-94.
11. Chemezov E.N., Fedorov K.K. Spontaneous combustion of coal in the cryolithozone. *Bulletin of the Transbaikal State University*. 2022; 28(2):29-35.
12. Protasov S.I., Portola V.A., Seregin E.A. The influence of seasonal fluctuations in atmospheric temperature on the centers of spontaneous combustion of rock dumps. *Physical and Technical Problems of Mineral Resource Development*. 2025; 2:100-110.
13. Anferov B.A., Kuznetsova L.V. Technological schemes for underground mining of coal seams prone to spontaneous combustion. *Bulletin of Kuzbass State Technical University*. 2023; 1(155):95-101.
14. Moshood O., Bekir G., Abisola R., Andrew M., Thapelo N. Influence of antioxidants on spontaneous combustion and coal properties. *Process Safety Environ Protect*. 2021; 148:1019-1032.
15. Korolchenko D.A., Khalikov R.V. Study of endogenous fire localization in coal mines using complex inhibitors. *Occupational Safety in Industry*. 2025; 11:65-72.
16. Semenova S.A., Patrakov Yu.F., Yarkova A.V., Zakharov N.S., Lyrshchikov S.Yu. The effect of treatment of fusainized coal with gaseous media on the initial stages of oxidation in an air environment. *Solid Fuel Chemistry*. 2025; 59(5):337-344.
17. Semenova S.A., Patrakov Yu.F., Yarkova A.V. Influence of gases on the thermal de-struction of coal. *Coke and Chemistry*. 2025; 68(2):102-107.
18. Portola V.A., Bobrovnikova A.A., Kirenberg E.A. Potential of foam from flotation waste for preventing spontaneous coal combustion in mines. *Coke and Chemistry*. 2025; 68(7):596-600.
19. Guo J, Wen H, Zheng X, Liu Y, Cheng X. A method for evaluating the spontaneous combustion of coal by monitoring various gases. *Process Safety Environ Protect*. 2019; 126:223-231.
20. Korshunov G.I., Mironenkova N.A., Chizhov O.V., Poleshchuk A.A. Analysis of the results of a surface radon survey using a mine in the Kuznetsk coal basin as an example. *Occupational Safety in Industry*. 2025; 11:81-86.
21. Leshukov T.V., Larionov A.V., Nastavko E.V., Kaizer F.Yu., Legoshchin K.V. Features of degassing from overburden rock massifs: a case study using radon. *Earth*. 2024; 5(1):1-19.

© 2026 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The authors declare no conflict of interest.

About the authors:

Vyacheslav A. Portola, Doctor of Engineering. Sciences, Professor, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (650000, Russia, Kemerovo, Vesennaya st., 28), e-mail: portola2@yandex.ru

Alena A. Bobrovnikova, Ph.D. chem. Sciences, Associate Professor, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (650000, Russia, Kemerovo, Vesennaya st., 28), e-mail: baa.htnv@kuzstu.ru

Evgeny A. Kirenberg, Master's student, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University (650000, Russia, Kemerovo, Vesennaya St., 28), e-mail: Omega440@yandex.ru

Contribution of the authors:

Vyacheslav A. Portola – scientific management, literature review, and research conceptualization.

Alena A. Bobrovnikova – research problem formulation, scientific management, data collection and analysis, conclusions, and writing.

Evgeny A. Kirenberg – literature review, data collection and analysis, conclusions, and writing.

All authors have read and approved the final manuscript.

