

УДК 614.849

***КОМПЛЕКСНЫЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТ  
ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОЧАГОВ ЭНДОГЕННЫХ ПОЖАРОВ ПРИ  
РАЗРАБОТКЕ МОЩНЫХ ПОЛОГИХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ***

***Аксенов С.Г.***

*д-р э.н., профессор,  
ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий,  
РФ, г. Уфа*

***Фахретдинов И.С.***

*студент,  
ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий,  
РФ, г. Уфа*

**Аннотация.**

В статье рассматривается проблема возникновения эндогенных пожаров при разработке мощных пологих угольных пластов, представляющая значительную угрозу промышленной безопасности. В работе представлен комплексный способ заблаговременного определения вероятных мест возникновения очагов самовозгорания, основанный на интегральном анализе горно-геологических и технологических факторов. Также описаны этапы метода, включающие оценку склонности угля к самовозгоранию, анализ структуры массива и аэродинамической обстановки, комплексный геофизический и газовый мониторинг.

**Ключевые слова:** эндогенный пожар, самовозгорание угля, мощный пологий пласт.

***A COMPREHENSIVE METHOD FOR DETERMINING THE LOCATIONS  
OF ENDOGENOUS FIRES IN THE MINING OF THICK, LOW-SLOPING  
COAL SEAMS***

***Aksyonov S.G.***

*Doctor of Economics, Professor,*

*Ufa University of Science and Technology,*

*Ufa, Russian Federation*

***Fakhretdinov I.S.***

*Student,*

*Ufa University of Science and Technology,*

*Ufa, Russian Federation*

**Annotation.**

The article considers the problem of the occurrence of endogenous fires during the development of powerful shallow coal seams, which poses a significant threat to industrial safety. The paper presents a comprehensive method for early identification of probable places of spontaneous combustion, based on an integrated analysis of mining, geological and technological factors. The stages of the method are also described, including an assessment of the propensity of coal to spontaneous combustion, an analysis of the structure of the massif and the aerodynamic situation, and comprehensive geophysical and gas monitoring.

**Keywords:** endogenous fire, spontaneous combustion of coal, powerful shallow reservoir.

Эндогенные пожары, возникающие вследствие самовозгорания угля, представляют собой одну из наиболее сложных и опасных проблем в угольной промышленности. Данный процесс, основанный на низкотемпературном окислении угольного вещества при доступе кислорода, приводит к тяжелым последствиям: человеческим жертвам из-за отравления

токсичными газами, внезапным выбросам и взрывам метановоздушных смесей, колоссальным экономическим убыткам и длительному нарушению экологического равновесия регионов. Особую актуальность задача профилактики данных пожаров приобретает при отработке мощных пологих пластов, которые характеризуются специфическими условиями, способствующими возникновению и скрытому развитию очагов самовозгорания. К таким условиям относятся большие площади обнаженной угольной поверхности в очистном забое и выработанном пространстве, сложность обеспечения равномерной и управляемой вентиляции значительных объемов горного массива, а также наличие зон тектонических нарушений, где уголь обладает повышенной химической активностью. Существующие методы контроля, такие как температурный или визуальный, часто фиксируют уже развитые очаги, что делает борьбу с ними затратной и малоэффективной. В связи с этим разработка научно обоснованного способа заблаговременного определения вероятных мест возникновения эндогенных пожаров для данных условий является насущной необходимостью, позволяющей перейти от политики ликвидации последствий к стратегии превентивного управления рисками. Основой такого способа должен стать комплексный анализ, интегрирующий данные о свойствах угля, состоянии массива, технологических параметрах отработки и результатах мониторинга.

Первостепенным этапом разработки способа является детальная оценка склонности конкретного угольного пласта к самовозгоранию. Данная склонность не является постоянной величиной и варьируется в зависимости от петрографического состава, степени метаморфизма, естественной влажности, содержания летучих компонентов и дисперсности вещества. Как правило, бурые угли и отдельные марки каменных углей демонстрируют высокую активность, в то время как антрациты менее склонны к самонагреванию. Однако даже в пределах одного мощного пласта

химическая активность может существенно изменяться, особенно в зонах тектонического дробления, где увеличивается удельная поверхность контакта угля с кислородом воздуха. Поэтому способ должен включать в себя обязательное лабораторное тестирование проб угля, отобранных по сетке с учетом структурных особенностей пласта. Испытания направлены на определение критических параметров: температуры начала интенсивного окисления, инкубационного периода (времени от начала окисления до самовоспламенения), который может составлять от 30 до 150 суток, и динамики выделения индикаторных газов, прежде всего оксида углерода (СО). Установление фоновых и критических концентраций данных газов создает химическую основу для последующего мониторинга. Полученная карта химической активности угля в контуре пласта служит первым, фундаментальным слоем информации для прогнозной модели [1].

Вторым критически важным направлением анализа выступает исследование горно-геологических и технологических условий, создающих предпосылки для аккумуляции тепла. Процесс самовозгорания инициируется и поддерживается в тех точках массива, где скорость тепловыделения от окислительных реакций начинает превышать скорость теплоотвода в окружающие породы. При отработке мощных пологих пластов основными такими точками становятся зоны выработанного пространства (ниши за крепью, участки обрушенной породы с включениями угля), торцы очистного забоя, особенно при снижении скорости его подвигания, а также области нарушения сплошности массива — трещины, тектонические нарушения, зоны разгрузки давления. Способ должен предусматривать тщательный анализ проектной и исполнительной документации на ведение горных работ для идентификации данных потенциально опасных зон. Особое внимание уделяется анализу аэродинамической схемы шахты. Необходимо смоделировать пути фильтрации воздуха из действующих выработок в

выработанное пространство, так как именно неконтролируемая подача кислорода является главным условием развития пожара. Для мощных пластов характерно образование обширных полостей с затрудненным газообменом, где может возникать застойный режим, способствующий прогреву. Следовательно, способ должен интегрировать методы определения аэродинамической связи различных частей массива, что позволяет прогнозировать области возможного застоя воздуха и проскока кислородсодержащей струи к очагу [2,3].

Третьим компонентом разрабатываемого способа является создание системы комплексного геофизического и газового мониторинга, адаптированной к условиям мощных пластов. Поскольку прямое измерение температуры в глубине массива сложно, на первый план выходят косвенные методы. Ключевым из них является регулярный отбор и хроматографический анализ рудничной атмосферы на содержание индикаторных газов. Стойкое повышение концентрации оксида углерода (CO) при стабильных или снижающихся концентрациях метана (CH<sub>4</sub>) является классическим признаком начальной стадии самонагревания угля. Однако для точной локации требуется применение дополнительных методов. Эффективным инструментом является проведение приповерхностной газовой и температурной съемки по сети скважин, пробуренных с поверхности или из подземных выработок в направлении потенциально опасных зон. Современные тепловизоры, применяемые в горных выработках или при съемке с поверхности, позволяют фиксировать тепловые аномалии, хотя их возможности ограничены низкой теплопроводностью угля и пород [4,5].

На завершающем этапе все собранные и генерируемые в режиме реального времени данные синтезируются в рамках прогнозной математической модели. Целью моделирования является не просто констатация факта пожара, а оценка пожароопасности различных участков

пласта в динамике, с учетом изменяющихся условий ведения работ. В основу модели могут быть положены известные зависимости, описывающие сочетанное воздействие таких факторов, как химическая активность угля, удельная поверхность окисления, температура, влажность, скорость фильтрации воздуха и теплофизические свойства вмещающих пород. Для мощных пластов особую важность приобретает учет пространственной геометрии выработанного пространства и кинематики подвигания очистного забоя. Результатом работы модели является карта пожароопасности, на которой выделены зоны с высокой, средней и низкой вероятностью возникновения очага самонагревания. Данная карта регулярно актуализируется по мере поступления новых данных мониторинга и продвижения забоя. На ее основе формируются управленческие решения: интенсификация контроля в «красных» зонах, оптимизация режимов вентиляции для исключения застоя воздуха, планирование профилактических мероприятий (например, закачка инертных газов или ингибирующих составов в потенциально опасные полости), а в случае необходимости корректировка темпа ведения горных работ. Такой подход позволяет перейти от реагирования на чрезвычайные события к активному, научно обоснованному управлению эндогенной пожароопасностью.

Таким образом, разработка и внедрение описанного комплексного способа определения мест возникновения очагов эндогенных пожаров при отработке мощных пологих пластов представляет собой стратегическую задачу. Несмотря на неизбежные первоначальные инвестиции в исследования и аппаратное оснащение, экономический эффект от предотвращения даже одного крупного пожара многократно перекрывает все затраты, не говоря уже о сохранении жизни и здоровья персонала. Данный способ соответствует современной парадигме промышленной безопасности, заключающейся в приоритете превентивных мер над ликвидационными, и создает основу для

устойчивого и безопасного освоения угольных месторождений с сложными горно-геологическими условиями.

### **Библиографический список**

1. Аксенов С.Г., Ирниченко О.А. Обеспечения пожарной безопасности нефтяных и газовых скважин // Экономика строительства. 2023. № 7. С. 41-45.
2. Аксенов С.Г., Сайнашев М.Э. Анализ и оценка пожарной опасности мясоконсервного комбината // Экономика строительства. 2023. № 11. С. 86-88.
3. Каминский А.Я., Потапов П.В., Славолубов В.В., Макаров Н.В., Мансуров А.Л. Способы оценки эндогенной пожароопасности горных работ на пологих и наклонных пластах угля // Вестник Научного центра. 2008. №2. С. 8-15.
4. Муллер Р.А. Определение мульды сдвижения и скоростей деформаций земной поверхности при движущемся забое- В кн.: Сдвижение горных пород (Сборник № 98, Труды ВНИМИ). Л, ВНИМИ, 1973. - С. 13-27.
5. Мустафин М. Г. Влияние скорости подвигания очистного забоя на динамику разрушения пород кровли угольного пласта // ГИАБ. 2008. №1. С. 17-22.