

АО «Гипроруда»

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Тема проекта: «Снижение пожароопасности буроугольных разрезов на примере Коркинского
и Харанорского»

**Исполнитель: главный специалист по экологии отдела открытых горных работ,
транспорта и генплана Холоднякова Вера Алексеевна**

Санкт-Петербург
2019

Оглавление

Введение	3
1. Анализ пожароопасности разрезов	4
2. Снижение пожароопасности разрезов	16
3. Тушение эндогенных пожаров	26
4. Прогнозирование эндогенных пожаров.....	28
Выводы и рекомендации	28
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	30

Введение

Одной из важнейших задач угольной промышленности в соответствии с «Основными направлениями экономического и социального развития» является решение ряда проблем, связанных с улучшением условий труда, повышением безопасности технологических процессов и эффективности мероприятий по охране окружающей среды.

Развитие угольной промышленности осуществляется в основном путем интенсификации добычи угля открытым способом. При этом особое внимание уделяется районам, где создаются мощные топливно-энергетические комплексы.

Однако нормальная, безопасная работа разрезов отрасли во многих случаях осложняется эндогенными пожарами, число которых в настоящее время на некоторых разрезах составляет 70-80 (до 300) в год и продолжает возрастать с увеличением общего фронта горных работ, общей площади обнажения вскрытых пластов и прекращения работы разрезов. Эндогенные пожары не только наносят значительный материальный ущерб (затраты на ликвидацию последствий одного пожара составляют в среднем до 8 млн руб.), но и ухудшают санитарно-гигиенические условия труда не только рабочих, но и жителей близлежащих районов, наносит вред растительному и животному миру. Кроме того, выделяющиеся при пожарах огромные количества продуктов горения и окисления загрязняют атмосферу разрезов, прилегающих поселков и городов. Все это обуславливает необходимость конкретных и радикальных мер в области охраны окружающей среды, повышения безопасности и улучшения санитарно-гигиенических условий.

Важной задачей остается предотвращение самопроизвольного окисления углей и углистых пород, сопровождающегося самонагреванием и самовозгоранием.

Многочисленные попытки объяснить причины самовозгорания угля и руды, начало которым было положено еще в прошлом столетии, привели к возникновению ряда гипотез и теорий, однако эта проблема до сих пор не решена.

Трудность изучения этого явления связана с его многофакторностью и сложностью, на что впервые указали А.А. Скочинский и Г.Л. Стадников. Действительно, угольные и породноугольные скопления в процессе добычи, хранения и транспортирования подвергаются воздействию кислорода, влаги, атмосферных осадков, резкого перепада температуры, давления, солнечной радиации и т.п. Именно поэтому, как подчеркивал Г.Л. Стадников, оценка пожароопасности самовозгорающихся углей и углистых пород должна быть комплексной, а экспериментальную проверку разработанных методов следует проводить в природных условиях.

В настоящее время характерные особенности процесса окисления подавляющего большинства различных по структуре органических гомогенных соединений достаточно

хорошо изучены, чего нельзя сказать о таких многокомпонентных (гетерогенных) соединениях, как природные угли.

Вследствие большого разнообразия оценок этого сложного многофакторного природного явления, несмотря на огромный объем работ, посвященных изучению процессов автоокисления и самовозгорания угля, предприятия угольной промышленности (особенно разрезы) до сих пор не располагают надежными экономичными и технологичными средствами борьбы с эндогенными пожарами.

В последние годы предприняты успешные попытки комплексного исследования изменений органического материала и минеральной части твердых топлив в процессе окисления в естественных условиях с учетом результатов ранее выполненных работ и многообразия внешних факторов. Именно поэтому возникла необходимость в обобщении накопленных за последние годы экспериментальных и теоретических данных об эндогенной пожароопасности разрезов.

Эта актуальная проблема рассматривалась на заседаниях секций различных конкурсах и комиссий.

Были рассмотрены вопросы производственной деятельности угледобывающих предприятий отрасли и целый комплекс проблем, связанных со всевозрастающей эндогенной пожароопасностью разрезов. Отмечено, что на разрезах в основном ведется борьба с уже возникшими пожарами, мало внимания уделяется вопросам их профилактики. Слабо осуществляется контроль производственных объединений за внедрением «Временного руководства по профилактике и тушению эндогенных пожаров на разрезах» (более того, оно еще не везде проработано и изучено).

В настоящее время выработан ряд конкретных рекомендаций, направленных на усиление работ по созданию и внедрению средств и способов противопожарной защиты на разрезах. Рекомендуется проанализировать причины и условия возникновения эндогенных пожаров на разрезах отрасли и разработать практические рекомендации по их предупреждению.

1. Анализ пожароопасности разрезов

Самовозгорание угля и углистых пород представляет собой физико-химический процесс, для возникновения и развития которого кроме склонности к самовозгоранию, то есть способности вступать в реакцию с кислородом воздуха и другими окислителями, необходимы внешние условия - приток воздуха и возможность аккумулировать тепло, выделяющееся при окислении. Внешние благоприятные условия для самовозгорания в основном имеют место в разрыхленных скоплениях угля, а также в угольных пластах при

нарушении целостности массива. В таблице 1 представлены статистические данные по двум разрезам о числе возникающих эндогенных пожаров и распределении их по местам возникновения. Выбор разрезов определялся их наибольшей изученностью с точки зрения эндогенной пожароопасности и тем, что они являются наиболее типичными для разных угледобывающих регионов страны. В таблице приведены примерные средние данные (изменение числа пожаров по годам нередко бывает очень значительным), так как должного учета и классификации возникающих пожаров на разрезах не проводится. [1]

Таблица 1. Численность пожаров на угольных разрезах за 2010 год

Разрезы	Число пожаров в среднем за год										
	В целиках из-за						В осыпях	В навалах и взорванных блоках	На резервных складах и складах разубоженного угля	Во внутренних отвалах	Всего
	Оползней	Тектонических нарушений	Нарушений вследствие буровзрывных работ и метеорологических условий	Подземных горных выработок	Распространения очага с других объектов	Проведения взрывных работ					
Харанорский	3	4	15	-	21	-	7	30	16	-	96
Коркинский	5	7	2	1 1	-	-	13	21	10	-	69

Несмотря на то, что каждый конкретный эндогенный пожар на разрезе возникает в результате воздействия какого-то превалирующего фактора, эндогенная пожароопасность разрезов в целом определяется суммарным воздействием целого ряда факторов. Исследованиями причин возникновения и развития эндогенных пожаров установлено, что сочетание факторов, вызвавших пожар, и степень их воздействия в каждом случае могут быть разными. Действие одних факторов имеет ярко выраженный характер, другие отличаются скрытой формой воздействия и сами по себе не приводят к возникновению пожаров, но они либо ускоряют процесс развития, либо создают условия, благоприятные для возникновения пожаров.

Для обоснованного выбора способов и средств борьбы с эндогенными пожарами на разрезах необходимо знать факторы, определяющие эндогенную пожароопасность разрезов, а также механизм и степень их проявления. Эти факторы можно разделить на три группы: горно-геологические, горнотехнические и климатические.

Горно-геологические условия определяются химическими и физико-механическими свойствами угля (органическая и минеральная составляющие) и углистых пород, а также геологическим строением месторождения. Горнотехнические факторы преимущественно являются результатом производственной деятельности; применяемой системы разработки, ее технических параметров и типа добычного оборудования. Рассмотрим механизм и степень воздействия этих факторов на эндогенную пожароопасность разрезов.

Горно-геологические факторы. К этим факторам в первую очередь относится склонность к самовозгоранию - одна из основных причин, вызывающих самовозгорание угля и углистых пород. Она служит показателем того, в какой мере данный вид горючего ископаемого способен к взаимодействию с кислородом или другими окислителями в физико-химических (сорбционных и окислительно-гидролитических) процессах, сопровождающихся выделением тепла. Чем выше склонность углей и углесодержащих пород к самовозгоранию, тем меньше период самонагревания, то есть период возрастания температуры до критической величины, при превышении которой процесс самонагревания приобретает необратимый характер.

На продолжительность инкубационного периода самонагревания угля, кроме склонности угля к самовозгоранию, значительное воздействие (как в сторону увеличения, так и уменьшения) оказывают и остальные пожароопасные факторы, определяющие (в сумме) категорию пожароопасности разрезов. На разрезах с различной пожароопасностью инкубационный период колеблется в широких пределах (табл. 2).

Таблица 2. Инкубационные периоды угля по категориям пожароопасности

Потенциально пожароопасные объекты	Инкубационный период при категории пожароопасности, сут.					
	I	II	III	IV	V	VI
Ненарушенные целики	Не горят	Не горят	360	360	360	360
Целики, нарушенные взрывными работами	То же	360	210-270	150-210	120-150	90-120
Целики с геологическими нарушениями или оползнями	-	360	150-180	120-180	90-120	45-90
Целики со вскрытыми подземными выработками, склады и блоки взорванного, навалы и осыпи объемом более 200 м ³	-	360	120-180	60-180	45-90	20-60

Критическая температура для углей 65~85 град. Среди метаморфизованных углей наибольшей склонностью к самовозгоранию и наименьшей критической температурой самонагрева (и, следовательно, наименьшим инкубационным периодом) обладают бурые угли, что при прочих равных условиях в значительной степени предопределяет высокую эндогенную пожароопасность разрезов, разрабатывающих эти угли. Характерными примерами могут служить разрезы «Харанорский» и «Коркинский», из которых особенно выделяется разрез «Харанорский» как склонностью углей к самовозгоранию, так и числом возникающих эндогенных пожаров. С увеличением степени метаморфизма склонность углей к самовозгоранию уменьшается. [2]

Повышенная активность углей различной степени метаморфизма объясняется присутствием в них природных катализаторов, способных инициировать процесс автоокисления. В качестве последнего выступает железо в восстановленной форме. Исследованиями установлено наличие количественной связи между содержанием железа во внутренней золе углей ряда месторождений и их склонностью к самовозгоранию, а также закономерности между содержанием железа в угольных пластах и фактической пожароопасностью объектов. С повышением содержания железа наибольшая активность наблюдается у углей с низкой степенью углефикации.

При анализе фактической пожароопасности пластов в пределах месторождения было замечено, что наиболее пожароопасны те пласты или их зоны, минеральная часть угля которых содержит больше соединений железа. Так, в пласте угля, где железа содержится в 6 раз больше, чем в другом пласте, пожаров возникает в 2 раза больше. Аналогичная закономерность наблюдается на различных разрезах.

На склонность углей и углистых пород к самовозгоранию, кроме химического состава их органической и минеральной частей, существенное влияние оказывают физико-механические свойства углей - пористость, влажность, газоносность, фракционный состав.

Особое внимание следует обращать на газоносность угольных пластов. Имеют место случаи возгорания угольных блоков, подготовленных к выемке взрывным способом, по истечении 2-5 суток после взрыва. Место возникновения таких пожаров, как правило, приурочено к зонам повышенной метаноносности (например, Экибастузское месторождение).

Метан сам по себе по отношению к активным органическим, органоминеральным и минеральным соединениям является инертным (нейтральным) газом, и пока им заполнены микро- и макротрещины угольного ненарушенного массива, все активные компоненты находятся в инертном, законсервированном состоянии. При нарушении целостности угольного массива (например, взрывными работами) происходит замещение метана

воздухом (вследствие значительной разности их плотности), содержащиеся в нем кислород и водяные пары вступают во взаимодействие с активными компонентами по всей площади обнажившейся поверхности разрыхленного породно-угольного блока. При этом возможно разовое образование большого количества тепловой энергии.

Однако вопрос о том, достаточно ли количество образовавшейся энергии для самопроизвольного возгорания угля на 2-5-й день после взрыва или возгорание является результатом неполной детонации основного заряда ВВ, приводящего к выгоранию его с последующим возгоранием угля, остается открытым. Зарегистрированные случаи возникновения пожаров такого рода пока не имеют научного объяснения, так как нет данных о динамике температурно-газового режима во взорванном блоке.

Углистые породы, как и уголь, при благоприятных внешних условиях способны самовозгораться. Это указывает на то, что их образование происходило при определенных фациальных условиях, которые способствовали накоплению в них активных органических и минеральных составляющих, оказывающих катализирующее действие на процесс автоокисления.

Активные углистые аргиллиты способны за короткий срок поглощать большое количество кислорода, который аккумулируется в них в виде органических перекисей, и отдавать его углистой массе в виде атомарного кислорода после распада перекисей, обеспечивая этим интенсивное окисление всей углистой массы.

Кроме того, повышенная активность углистых аргиллитов объясняется присутствием в них восстановленных форм железа - смеси металлического железа с различными низшими окислами так называемых субоксидов. Образование последних возможно только в условиях протекания восстановительных процессов. Субоксиды железа ускоряют не только процессы окисления, но и процессы восстановления органической массы; можно сказать, что они являются катализатором окислительно-восстановительных процессов.

Углистые породы обладают большей пожароопасностью, чем уголь. Это наиболее характерно для месторождений каменных углей. Так, продолжительность процесса самовозгорания угля в штабелях объемом более 20 тыс. м составляет 1-8 месяцев, в то время как углистые аргиллиты самовозгораются через 3~5 месяцев.

Характерной особенностью породно-угольных скоплений является различная степень пожароопасности в зависимости от соотношения их составляющих (угля и углистых пород). Результаты лабораторных исследований, выполненных с использованием углей и углистых пород, показывают, что наибольшей способностью к окислению обладает смесь "уголь-углистый алевролит" в соотношении 2:1. При таком соотношении компонентов породно-угольные скопления способны самовозгораться через 2-3 месяца. Подавляющее большинство

пожаров эндогенного (и экзогенного) происхождения связано с наличием на разрезах породно-угольных скоплений (осыпи, навалы, внутренние отвалы, автотракторные съезды и т.д.).

Эндогенная пожароопасность разрезов значительно возрастает при попадании в зону отработки пластов нерабочей мощности, так как они вместе с углистыми породами отсыпаются во внутренние или внешние отвалы, где, как правило, самовозгораются. Особенно сильно этот фактор проявляется там, где между пластами залегают углистые породы с высоким содержанием углерода и соединений железа и пласты нерабочей мощности.

Влияние геологических нарушений и оползней проявляется в снижении сопротивляемости угольного массива проникновению воздуха, увеличении реагирующей поверхности угля и создании благоприятных условий для накопления тепла.

Известно немало примеров самовозгорания угля в целиках, имеющих нарушения геологического характера. При этом имеют место случаи, когда при выемке очередной заходки экскаватора в зоне очага самонагревания (пожара) наблюдается опережающий нагрев целика угля, свидетельствующий о хорошей воздухопроницаемости угля в зоне геологических нарушений (разрез «Харанорский»).

Местом возникновения эндогенных пожаров часто служат оползневые участки, на которых нарушение целостности породно-угольного или угольного массива происходит в процессе вскрытия или выемки пласта. Такие участки различаются степенью разрушения массива: от образования трещин и заколов, в которых накапливается разнородный по своему составу разрыхленный материал, до его полного разрушения. Очаги самовозгорания возникают на деформированных участках уступов еще до полного их разрушения, при появлении трещин и заколов. Так, маркшейдерской службой разреза "Коркинский", где этот фактор получил наиболее яркое проявление, установлено, что при ширине раскрытия трещин 0,4-0,5 м пожары, как правило, возникают через 25-30 дней, а при ширине трещин более 0,5 м - через 10-20 дней (то же и при полном нарушении уступа).

В результате деформаций, возникающих вокруг подземных горных выработок, уголь и вмещающие породы в этой зоне сильно разрушены. Кроме того, обрушение пород, лежащих над выработками, приводит к образованию в них трещин и разломов, обеспечивающих фильтрацию воздуха с дневной поверхности к выработкам. Это может вызвать возникновение эндогенных пожаров еще до вскрытия подземных горных выработок открытыми работами. После вскрытия выработок за счет улучшения аэрации создаются благоприятные условия для развития и интенсификации процесса самовозгорания. Такие пожары существуют длительное время, распространяясь в глубину массива вдоль выработки,

создают опасность обрушения вышележащих пород, являются источником возникновения экзогенных пожаров вследствие осыпания горящего материала в основание уступа. По этой причине экзогенная пожароопасность возрастает, особенно на сдвоенных и строенных уступах, а ликвидация пожаров сопряжена с большими трудностями. Такое положение характерно, например, для разреза «Коркинский». Несмотря на принимаемые меры, на этом разрезе продолжают возникать эндогенные пожары во вскрытых подземных выработках или барьерных целиках, разделяющих шахтное и карьерное поля.

С увеличением угла падения пласта возрастают потери угля, оставляемого в почве пласта при образовании рабочих площадок для обеспечения нормального перемещения экскаваторов. Оставляемый целик разрушается под действием буровзрывных работ, что, как правило, приводит к возникновению очагов самонагрева и самовозгорания. В наибольшей степени этот фактор влияет при углах падения 12-25°.

Под действием атмосферных осадков и сейсмических колебаний, возникающих при производстве взрывных работ, в пластах угля небольшой крепости сначала образуются макро- и микротрещины, способствующие проникновению воздуха в глубь целика. Затем осыпается разрушенная часть откоса, и у его основания образуются осыпи. Объем осыпей увеличивается за счет верхнего слоя угля, снимаемого бульдозером при зачистке пласта.

При большой крепости вмещающих пород скважины в кровле пласта для лучшего дробления пород бурят с перебуром; таким образом, при взрывании верхняя часть угольного пласта разрушается.

Горно-геологические факторы. Согласно "Правилам безопасности при разработке полезных ископаемых открытым способом" допускается (при соблюдении определенных требований) отрабатывать уступы высотой, превышающей максимальную высоту черпания экскаватора. Это приводит к тому, что экскаватор не обеспечивает качественной отработки своим рабочим органом верхней части уступа, нарушенной взрывными работами. Вследствие этого при разработке углей, склонных к самовозгоранию, в верхней части уступа нередко возникают очаги эндогенных пожаров. Большая высота уступов значительно осложняет (практически делает невозможным) проведение любых технических мероприятий по борьбе с эндогенными пожарами: отгрузку горной массы, засыпку очагов инертными породами, обработку пожароопасных объектов профилактическими составами. Наиболее сильно это проявляется на разрезах, разрабатывающих пласты большой мощности (разрезы «Коркинский», «Харанорский» и др.). Из-за отставания вскрышных работ на рабочем борту (аналогичная картина наблюдается и на выездных траншеях), как правило, образуются сдвоенные и строенные уступы, разделенные предохранительными бермами шириной 2-3 м или даже без них. Очаги самовозгорания, возникающие на таких уступах, оказываются

недоступными для подручных средств борьбы с эндогенными пожарами.

Большая высота угольных или смешанных уступов нередко является причиной резкого увеличения их деформации под действием сил тяжести, приводящей к частичному или полному разрушению уступов. Это явление чаще всего наблюдается при совпадении плоскости откосов уступов с напластованием угольных пластов и вмещающих пород (углом падения). Прочностные свойства уступа еще более снижаются, если он состоит из неоднородных пачек, что, например, имеет место на разрезах ПО «Экибастууголь». Пожароопасное значение фактора снижается с увеличением угла между плоскостями откоса уступа и напластования (с уменьшением угла падения пластов).

Кроме того, при работе на высоких уступах образуются большие объемы разрыхленной породно-угольной массы в виде автотракторных съездов, искусственно возводимых и сохраняемых в течение всего периода отработки уступа, являющихся потенциально-пожароопасными объектами.

Эндогенная пожароопасность разрезов находится в прямой зависимости от площади угольных обнажений, так как с увеличением суммарной площади угольных обнажений (общей длины фронта работ) возрастает вероятность возникновения очагов самовозгорания. Например, на крупнейших разрезах ПО "Экибастууголь", разрабатывающих каменные угли со сравнительно невысокой склонностью к самовозгоранию возникает большое количество пожаров эндогенного происхождения.

Во много раз возрастает значимость этого фактора на разрезах, разрабатывающих угли, склонные и весьма склонные к самовозгоранию. На разрезе "Харанорский", разрабатывающем бурые угли, весьма склонные к самовозгоранию, при увеличении общей длины фронта работ в 1,5 раза число пожаров в год возросло в 3-4 раза.

Эндогенная пожароопасность на разрезах зависит от вида применяемого технологического транспорта. На разрезе на участках с железнодорожным транспортом число пожаров в 2-5 раз меньше, чем на участках с автотранспортом.

Повышенная пожароопасность на участках с автотранспортом объясняется особенностью развития горных работ на рабочих горизонтах (уступах). Выборочный порядок отработки угольных и породных блоков, отставание вскрышных работ и отсутствие достаточных объемов подготовленных к выемке запасов угля приводят к образованию уступов суммарной высотой более 30 м, разделенных предохранительными бермами шириной 2-3 м. При выемке слоев в нисходящем порядке на нижнем горизонте накапливается осыпь, которая остается до выемки последнего слоя. Пополнение осыпи происходит за счет сбрасывания части взорванного блока, лежащей у откоса, уступа, в процессе его выемки, зачистки бульдозером почвы рабочего горизонта, разрушения и

осыпания горной массы под действием буровзрывных работ и метеорологических условий.

Оставляемые предохранительные бермы не могут вместить всю разрыхленную горную массу, которая, накапливаясь, перекрывает иногда нижележащие уступы. При длительном воздействии внешних факторов такие породно-угольные скопления нагреваются и самовозгораются.

При селективной отработке сложноструктурных угольных пластов в целях уменьшения разубоживания угля прилегающая к вмещающим породам часть пласта угля (в почве - при горизонтальном или слабонаклонном залегании, в кровле - при крутом залегании пластов) не извлекается, а оставляется в разрыхленном состоянии вместе с породами, что приводит к увеличению пожароопасности.

На разрезах ПО «Экибастууголь», разрабатывающих угольные пласты, состоящие из большого количества пачек различной зольности, уголь зольностью, превышающей допустимую, отсыпается вдоль нижней бровки уступа или вдоль железнодорожных путей. В зависимости от строения обрабатываемых уступов такие навалы иногда достигают значительных размеров и самовозгораются, так как сроки их отгрузки нередко превышают инкубационный период самовозгорания.

Одним из объектов самовозгорания на разрезах ПО "Экибастууголь" являются угольные целики, оставляемые между двумя параллельными экскаваторными заходками; при проведении взрывных работ в боковых заходках целики сильно разрушаются и при длительном стоянии самовозгораются.

Цикл обновления угольных уступов зависит от числа и мощности угольных пластов, порядка их отработки, количества и типа применяемого на разрезе горного оборудования и оказывает существенное влияние на эндогенную пожароопасность разрезов. Если угольный уступ длительное время не обновляется, то под воздействием атмосферных условий и сейсмических колебаний при взрывных работах происходит разрушение его поверхности, способствующее проникновению воздуха внутрь целика и его самовозгоранию при превышении инкубационного периода. Воздействие этого фактора значительно возрастает в зонах с геологическими нарушениями, где пожары возникают так же часто, как и в скоплениях угля, вследствие беспрепятственного прохождения воздуха. На большинстве разрезов страны время обновления угольных уступов значительно превышает инкубационный период их самовозгорания.

На рабочих площадках угольных уступов эндогенные пожары возникают при некачественной их зачистке, в просыпях угля у бровки уступов, при выемке угля или в скоплениях, образующихся при зачистке площадок бульдозером. На откосах уступов эндогенные пожары возникают в случае, если ширина взорванного блока превышает ширину

заходки экскаватора, а также при плохой обработке откоса ковшем экскаватора. При этом из разрушенного и осыпавшегося угля образуется осыпь у основания уступа.

Размещение углистых пород и угля из пластов нерабочей мощности во внутренних отвалах без принятия мер по предотвращению их самовозгорания приводит к тому, что значительные площади внутренних отвалов подвергаются горению. Следствием этого является загазованность атмосферы разрезов и возгорание угольных целиков в результате прямого контакта их с горящими отвалами или через осыпи и навалы.

Породно-угольные скопления представляют собой объекты повышенной пожароопасности, так как создают наиболее благоприятные условия для возникновения эндогенных пожаров и характеризуются небольшой продолжительностью инкубационного периода. Как показывают статистические данные, подавляющее большинство пожаров эндогенного происхождения возникает в породно-угольных скоплениях: навалах, осыпях, внутренних и внешних отвалах и штабелях угля. Их удельный вес в общем количестве пожаров по разрезам составляет 30-80%. Пожары, возникающие в скоплениях разрыхленного угля, часто являются причиной пожаров в целиках. Практически на всех разрезах страны не проводится никаких мероприятий по своевременному удалению скоплений или профилактике их самовозгорания. Они отгружаются только по мере общего развития фронта горных работ, то есть в течение времени, которое, как правило, превышает инкубационный период самовозгорания скоплений.

На многих разрезах страны имеют место случаи, когда по различным причинам взорванный угольный блок не отрабатывается или, что бывает чаще, отрабатывается не полностью и часть его остается на длительное время, что приводит к возникновению в ней очагов эндогенных пожаров (по аналогии с породно-угольными скоплениями).

Наблюдения, проведенные на ряде разрезов, показали, что очень часто возникают пожары в угольных блоках, взорванных с применением игданита или ВВ с большим отрицательным кислородным балансом.

Игданит изготавливается непосредственно на разрезе при помощи зарядно-смесительной машины, однако из-за ее конструктивных недостатков не всегда обеспечивается необходимое соотношение между компонентами ВВ (ДТ и селитра). Кроме того, имеют место случаи, когда основной заряд ВВ взрывается без промежуточного заряда или используется недостаточно сильный заряд. Во всех этих случаях происходит неполная детонация ВВ, а остаточные горючие компоненты выгорают с выделением большого количества тепла. То же самое происходит и при применении ВВ с большим отрицательным кислородным балансом. В результате выгорания ВВ температура угля повышается, что значительно ускоряет развитие процесса самовозгорания во взорванной горной массе.

Опасность возгорания угля при производстве взрывных работ значительно возрастает на участках с повышенной газоносностью.

При взрывании вскрышных пород, контактирующих с пластом угля, верхняя часть пласта разрушается. Воздействие этого фактора усиливается при перебуре скважин и увеличении мощности заряда ВВ. Возможно также частичное разрушение угля в верхней части нижележащего уступа при отработке мощного пласта слоями с рыхлением его буровзрывным способом.

Нередко при взрывании угольного блока происходит разрушение не только угля, подлежащего экскавации, но и угля последующей заходки (если ширина взорванного блока превышает ширину экскаваторной заходки).

Во всех описанных случаях наблюдается образование скоплений разрыхленного угля и нарушенных взрывом целиков объектов повышенной пожароопасности.

Метеорологические факторы. На частоту и периодичность возникновения эндогенных пожаров, кроме состава и свойств угля и углистых пород, геологических и технологических условий, существенное влияние оказывает целый ряд атмосферных факторов (условий): относительная влажность воздуха, количество атмосферных осадков, изменение барометрического давления, температура воздуха и скорость ветра, параметры которых крайне непостоянны. Установлено, например, что с увеличением относительной влажности воздуха (особенно после длительного сухого периода) число эндогенных пожаров возрастает. По относительной влажности воздуха, количеству атмосферных осадков и изменению барометрического давления можно с достаточной достоверностью (при наличии данных длительного прогноза) оценивать ожидаемую пожароопасность.

Из указанных факторов особое значение имеют два: скорость ветра и температура воздуха.

Очаги эндогенных пожаров часто возникают на той стороне угольных и породно-угольных скоплений, которая подвержена воздействию господствующего ветра. Это объясняется тем, что постоянный или пульсирующий динамический напор облегчает доступ достаточного количества кислорода к реагирующим компонентам, находящимся в зоне наиболее интенсивного автоокисления (зона с наиболее благоприятными условиями для генерации тепла и развития процесса самонагревания и самовозгорания). Сильные ветры содействуют ускорению возгорания, обеспечивая усиленный приток воздуха на завершающей стадии.

Ветры со скоростью свыше 20 м/с представляют собой серьезную опасность при наличии очагов открытого огня, способствуя быстрому распространению их по угольным обнажениям. Наибольшую значимость этот фактор имеет для месторождений,

разрабатывающих бурые угли высокой влажности, с большим содержанием фюзенитовых образований, хорошо разлагающиеся на открытом воздухе до пылевидного состояния (разрез «Харанорский»).

Известно, что при нагревании угля повышается его химическая активность. На тепловой баланс самонагревающегося угля существенное влияние оказывает температура окружающей среды. С понижением температуры ослабевает химическая активность угля, возрастают конвективный вынос тепла и потеря его за счет теплопроводности. Соответственно должна снижаться интенсивность окисления органической массы.

Однако, как показывают статистические данные, в условиях открытой угледобычи даже при значительных колебаниях температуры воздуха (+30 град. — -30 град.) частота возникновения эндогенных пожаров в летний и зимний периоды почти одинакова. Действие температуры, как и скорости ветра, проявляется только на определенных стадиях развития процесса самовозгорания: в летнее время повышенная температура лишь ускоряет окислительные процессы в начальной стадии.

Пожары, вызванные тепловыми источниками. Анализ причин возникновения пожаров показывает, что на ряде разрезов («Харанорский», «Коркинский») значительное число их носит экзогенный характер, так как они вызваны воздействием на уголь внешних тепловых источников (очаги самовозгорания, взрывные и сварочные работы, костры, искры от локомотивов, автосамосвалов и бульдозеров, окурки и др.).

Воздействие перечисленных и других внешних тепловых источников на разрезах отрасли неоднозначно: на одних разрезах скорость распространения очагов открытого огня по угольным обнажениям незначительна (разрез «Коркинский» и др.), в то время как на других они могут носить характер стихийного бедствия (разрез «Харанорский»).

Характерной особенностью бурых углей разреза «Харанорский» и ему подобных месторождений является их высокая природная влажность (до 43%) и преобладание в них фюзенитового материала. При испарении влаги такие угли способны быстро разрушаться с образованием сажистой, тонкодисперсной пыли, которая легко воспламеняется от любых, даже имеющих кратковременный импульс, внешних тепловых источников (например, при детонации детонирующего шнура) и представляет собой серьезную потенциальную опасность: осевшая на поверхности угольных обнажений тонким слоем пыль способствует быстрому распространению открытого огня на большие площади.

В значительной степени этому быстрому распространению очагов открытого огня способствуют сильные ветры, которые весьма характерны для региона Харанорского месторождения. О том, насколько серьезны последствия пожаров, возникающих в результате действия описанных выше факторов, свидетельствуют следующие факты. В результате

возникших на разрезе пожаров площадь распространения открытого огня составляла от нескольких десятков до нескольких сотен тысяч квадратных метров, а материальный ущерб только от одного пожара - 8 млн руб.

Большое число экзогенных пожаров на разрезах отрасли возникает в ненарушенных целиках угля на контакте с горящими породными отвалами, отсыпанными по бестранспортной системе, следствием этих пожаров являются значительные потери угля от выгорания.

Экзогенные пожары, вызванные другими причинами, свидетельствуют о явном нарушении правил техники безопасности и недостаточном выполнении противопожарных мероприятий.

2. Снижение пожароопасности разрезов

Необходимость и эффективность мероприятий по снижению эндогенной и экзогенной пожароопасности разрезов определяется наличием и степенью влияния пожароопасных факторов. Анализ механизма действия этих факторов показывает, что не все из них являются объективным следствием условий разработки месторождений. Часть из них обусловлена различными нарушениями при выполнении отдельных технологических процессов. Очевидно, что эти факторы должны устраняться путем соблюдения комплекса требований, предъявляемых к технологическим процессам, выполнение которых на начальных стадиях развития процесса самонагревания является более эффективным и менее трудоемким по сравнению с тушением пожаров и ликвидацией их последствий. И только в тех случаях, когда мероприятия технологического характера не дают желаемых результатов, предусматривается применение специальных профилактических мероприятий.

Исходя из условий самовозгорания все профилактические мероприятия должны быть направлены на:

- устранение условий возникновения процессов самонагревания и аккумуляции тепла;
- снижение окислительной способности угля;
- уменьшение притока воздуха.

На практике это достигается либо путём проведения технологических мероприятий, сводящихся к недопущению или устранению нарушений целостности угольного массива и образования породно-угольных скоплений при помощи имеющегося горнотранспортного оборудования, либо выполнением мероприятий с использованием специального оборудования и средств профилактики.

Анализ эндо- и экзогенной пожароопасности разрезов, состоящий в определении наличия и степени проявления факторов, показывает, что на ряде разрезов страны

проведение комплекса, технологических мероприятий позволяет свести к минимуму число возникающих эндогенных пожаров.

Таким образом, технологические мероприятия по устранению условий самовозгорания должны проводиться в первую очередь, так как они более экономичны и менее энерго- и трудоемки. Это относится ко всем разрезам, где наблюдаются случаи самовозгорания угля или углистых пород.

В таблице 3 представлен в общем виде комплекс мероприятий по устранению условий возникновения очагов самовозгорания.

Таблица 3. Мероприятия по ликвидации пожаров в зависимости от различных факторов

Факторы пожароопасности	Технологические мероприятия
Склонность угля к самовозгоранию	Применение антипирогенов.
Наличие углистых пород и угольных пластов нерабочей мощности	1. Технология отвалообразования, обеспечивающая возможность изоляции углесодержащей горной массы инертными породами. 2. Своевременное устранение породно-угольных скоплений из разреза или планировка их с последующим уплотнением бульдозером.
Геологические нарушения и оползни	1. Обновление угольных уступов в сроки, не превышающие инкубационный период. 2. Предотвращение возникновения оползней: уменьшение высоты уступа; укрепление опасного участка в целях исключения его оползания. 3. На участках, нарушенных оползнем, - своевременные отгрузка разрыхленной горной массы и нарезка новых уступов.
Вскрытые подземные выработки	Изоляция инертными породами, заиливание; песчано-глинистой пульпой.
Угол падения пластов	После отработки экскаваторной заходки тщательная зачистка, планировка и уплотнение оставленного в основании рабочих площадок угля.
Крепость угля и вмещающих пород	1. Тщательная зачистка угольных уступов. 2. Планировка бульдозером осыпей, образовавшихся при обрушении откосов, зачистка рабочих площадок уступов. 3. Бурение по покрывающим угольные уступы породам без перебура.
Высота угольных уступов	1. На разрезах, где были эндогенные пожары в угольных уступах, - ограничение высоты отрабатываемого уступа величиной, не превышающей высоту черпания экскаватора. 2. Оставление берм безопасности шириной, достаточной для размещения горнотранспортного и специального

Факторы пожароопасности	Технологические мероприятия
	<p>оборудования.</p> <p>3. формирование автотранспортных съездов полностью из инертных пород или проведение специальных мероприятий при их формировании.</p>
Площадь угольных обнажений	<p>1. Концентрация добычных работ на возможно меньшей площади, исключение необоснованного вскрытия новых участков или пластов.</p> <p>2. Своевременное обновление угольных уступов.</p> <p>3. На разрезах IV-VI категорий пожароопасности - более строгий контроль за полнотой выемки угля.</p>
Способ отработки угольных уступов (пластов)	<p>1. На разрезах IV-VI категорий пожароопасности - исключение образования сдвоенных и строенных уступов; оставление предохранительных берм шириной, достаточной для выполнения профилактических работ.</p> <p>2. Своевременная отгрузка с породами вскрыши или специальная зачистка пачек угля, оставляемых при селективной отработке сложноструктурных пластов.</p> <p>3. Своевременная отгрузка разубоженного угля или планировка его бульдозером и последующее уплотнение.</p> <p>4. Исключение сближенных параллельных экскаваторных заходок.</p>
Цикл обновления угольных уступов	Обновление угольных уступов в сроки, не превышающие инкубационный период самовозгорания.
Частота зачистки угольных уступов	<p>1. Тщательная обработка откосов уступов экскаваторами, зачистка рабочих площадок бульдозерами. Тщательная планировка (до получения тонкого слоя) зачищаемого угля для последующей отгрузки его или отгрузка этого угля одновременно с отработкой блока.</p> <p>2. Ограничение ширины взорванного блока величиной, не превышающей ширину экскаваторной заходки.</p>
Наличие внутренних отвалов	Отсыпка горючей горной массы на отвале тонким слоем. Размещение горящей горной массы в определенном месте отвала (на породах, не содержащих горючих компонентов); принятие мер по ее тушению.
Время отгрузки породно-угольных скоплений	<p>1. Удаление породно-угольных скоплений в сроки, не превышающие инкубационный период, или планировка их тонким слоем с последующим уплотнением.</p> <p>2. Полная отработка взорванного угольного</p>

Факторы пожароопасности	Технологические мероприятия
	или породно-угольного блока. 3. Выбор длины взрываемого угольного или породно—угольного блока с учетом производительности экскаватора, с тем чтобы время его отработки не превышало инкубационный период самовозгорания.
Технология ведения взрывных работ	1. Совершенствование конструкций зарядно-смесительных машин. 2. Обязательное применение промежуточного заряда достаточной мощности. 3. Отказ от использования ВВ с большим отрицательным кислородным балансом в сухих угольных скважинах. 4. При появлении признаков самовозгорания - максимальное ускорение отработки блока.
Взрывание вмещающих пород и угля	1. Бурение скважин в покрывающих породах без перебура. 2. Тщательная зачистка рабочих площадок угольных уступов. 3. Тщательная обработка ковшом экскаватора откосов вновь нарезаемых угольных уступов.
Метеорологические факторы	1. В периоды резких колебаний атмосферных условий - усиление наблюдений за потенциально пожароопасными участками. 2. На разрезах V и VI категорий пожароопасности - проведение комплекса профилактических мероприятий до наступления наиболее пожароопасного периода.

Значительные успехи в борьбе с эндогенными пожарами были достигнуты в последние годы на ряде разрезов при осуществлении комплекса мероприятий, направленных на устранение условий зарождения очагов самовозгорания (необъективных факторов). [3]

При этом на разрезах особенно тщательно должна осуществляться подготовка к наиболее опасному - весеннему периоду, характеризующемуся сухой погодой с сильными ветрами. К этому времени из разреза удаляются все угольные и породно-угольные скопления, почва пласта, горизонтальные площадки рабочих уступов, угольные откосы в местах геологических нарушений засыпаются тонким (10-15 см) слоем инертной породы, уголь и порода из очагов самовозгорания отгружаются и вывозятся за пределы разреза.

В связи с предварительным планированием и осуществлением рекомендаций "Временного руководства по профилактике и тушению эндогенных пожаров на разрезах" возрастут затраты на засыпку инертной породой угольных обнажений в целях профилактики потенциально пожароопасных участков. В результате своевременного выполнения профилактических мероприятий эндогенная пожароопасность разреза снизится в 3 раза,

исключены крупные пожары с быстрым распространением очагов открытого огня на большие площади.

Из-за объективных причин мероприятий только технологического характера на разрезах III-VI категорий пожароопасности оказывается недостаточно. В таких случаях целесообразно дополнительное применение специальных способов и средств профилактики и тушения с использованием антипирогенов и инертных пород. К разрезам с повышенной пожароопасностью прежде всего относятся разрезы, разрабатывающие бурогольные месторождения, а также месторождения каменных углей марок Д и Г.

Особое место занимает другая причина недостаточности только технологических мероприятий, которая в ряде случаев исключает целесообразность их применения. Она заключается в том, что мероприятия проводятся на разрезах, технические проекты которых разработаны без учета эндо- и экзогенной пожароопасности месторождений.

Эффективность мероприятий технологического характера (несмотря на их обязательное выполнение всеми разрезами отрасли) различна.

Она зависит прежде всего от принятых в соответствии с техническим проектом способов вскрытия и разработки угольных пластов, общей протяженности горных работ, взаимного расположения фронтов вскрышных и добычных работ, используемого горнотранспортного оборудования и т.д.

Качественная зачистка всех элементов угольных уступов и рассредоточение угольных скоплений позволит практически полностью исключить возникновение эндогенных пожаров в зоне ведения добычных работ, так как пожароопасные факторы, вызывающие нарушение целостности угольных целиков и образование породно-угольных скоплений, на этом разрезе влияют в меньшей мере, и для их устранения не требуется больших затрат времени.

Данный вывод подтверждается статистическими данными, причем большинство пожаров экзогенного характера и возникает из-за распространения очагов пожаров с внутренних отвалов через осыпи и навалы или при прямом контакте. Сложнее предотвратить самовозгорание угольных обнажений во въездных траншеях, так как здесь вступает в силу фактор времени, и требуется проведение специальных мероприятий. Технологически можно решить и основную проблему на разрезе - предотвращение самовозгорания складированных во внутренний отвал углистых пород и угля в пласте, имеющем нерабочую мощность. Для этой цели было предложено отрабатывать наиболее пожароопасные породы по бестранспортной схеме, размещать их во внутреннем отвале с последующей изоляцией инертными породами, снижающими приток воздуха до безопасных пределов.

Обязательное проведение технологических мероприятий позволит устранить ряд пожароопасных факторов, в основном тех, которые вызваны нарушениями технологических

процессов вскрышных и добычных работ. Однако из-за большей площади угольных обнажений возможность применения и эффективность этих мероприятий ниже.

Рассмотрим некоторые особенности проведения технологических мероприятий на разрезе.

Одной из таких особенностей, объясняющих недостаточность проведения только технологических мероприятий, является наличие нерабочих бортов, включающих в себя угольные уступы с расположенными на них стационарными железнодорожными путями и станциями. Даже при качественной зачистке всех элементов таких уступов длительное стояние их в сочетании с большой высотой уступов и совпадением на ряде участков откосов уступов с напластованием приводит к их частичному разрушению. Возникновение эндогенных пожаров в таких законсервированных уступах сопряжено с большой опасностью последующего серьезного нарушения работы железнодорожного транспорта.

Малоэффективно также проведение только технологических мероприятий и на участках с тектоническими нарушениями, так как сроки обновления угольных уступов на этих участках находятся в зависимости от общей протяженности и скорости развития фронта горных работ и нередко превышают инкубационный период самовозгорания угля.

Проведение технологических мероприятий для предотвращения самовозгорания автотранспортных съездов, находящихся на угольных уступах большой высоты, связано со значительными затратами, поэтому в данном случае они нецелесообразны. Другие технологические мероприятия (например, обновление угольных уступов) не всегда обеспечивают снижение пожароопасности разреза в достаточной степени. В связи с этим необходимо разработать специальные способы и средства профилактики эндогенных пожаров в условиях разреза.

Наиболее перспективным из таких способов является применение антипирогенов, позволяющих снизить скорость окислительно-восстановительных реакций и полностью предотвратить самонагревание и самовозгорание защищаемого угля.

Впервые в нашей стране исследования антипирогенов проводились под руководством акад. А.А. Скочинского. В результате исследований был сделан вывод, что целесообразно стремиться не к полному устранению процессов окисления, а к доведению их до такого состояния, при котором они не будут представлять никакой опасности в отношении развития самовозгорания угля.

Работы по исследованию эффективности действия антипирогенов на процесс самонагревания угля ведутся давно, однако выбор антипирогенов для каждого месторождения до настоящего времени производился эмпирически. Трудность подбора антипирогенов состоит в том, что в зависимости от вещественного состава и свойств

угля одни и те же антипирогены могут быть как катализаторами, так и ингибиторами. Кроме того, свойства антипирогенов существенно меняются в зависимости от их концентрации и взаимовлияния друг на друга при применении многокомпонентной смеси.

По принципу действия антипирогены (органические и минеральные) делятся на механические, химические и химико-механические; они могут находиться в различных агрегатных состояниях (твердое, жидкое, газообразное).

Антипирогенными свойствами обладают отходы химической, нефтехимической, металлургической промышленности. К настоящему времени найдено большое число веществ, обладающих антипирогенными свойствами, но практическое применение нашли только некоторые из них. На ряде разрезов страны испытан и рекомендован к применению для профилактики самовозгорания нейтрализованный черный контакт (НЧК), основой которого являются отходы переработки нефти с добавлением хлористого кальция.

Проводилась проверка антипирогенных свойств известкового шлама (отходы азотно-тукового производства). Испытания указанных антипирогенов (особенно последнего) выявили не только их эффективность, но и ряд недостатков (слабые антипирогенные свойства, вымывание водой и др.).

Обзор патентов России, США, Великобритании, Германии, Франции, Японии и др. показал, что наибольшее распространение получают пленкообразующие составы - жидкое стекло, смолы с различными добавками (хлориды, ПВА, ПАВ и др.), а также составы ингибирующего действия фосфатсодержащие соединения и др. с добавлением ПАВ).

Выбор антипирогенных составов для каждого разреза осуществляется с учетом свойств угля; место их применения, а также способ и кратность обработки зависит от категории пожароопасности разреза, определяемой в соответствии с «Временным руководством по профилактике и тушению эндогенных пожаров на разрезах». На разрезах III категории пожароопасности и выше профилактической обработке антипирогенами подлежат угольные уступы рабочего борта, имеющего геологические нарушения, или уступы, нарушенные буровзрывными работами, сроки отработки которых превышают инкубационный период их самовозгорания; угольные и породно-угольные скопления небольших объемов, используемые под автотранспортные съезды, насыпи для временных железнодорожных путей и конвейерные линии.

Основные объемы профилактических работ с применением антипирогенов рекомендуется выполнять в теплое и сухое время года. В отдельных случаях эти сроки регламентируются наиболее часто повторяющимися опасными ситуациями, характерными для региона месторождения.

Обработку угольных целиков в зависимости от их состояния следует производить

методом орошения, а в отдельных случаях - путем нагнетания профилактической жидкости в угольный массив через скважины. Орошению подлежат участки откосов уступов с геологическими нарушениями, участки, консервируемые на срок, превышающий инкубационный период, а на разрезах VI категории пожароопасности - и рабочие площадки угольных уступов в местах геологических нарушений и производства взрывных работ.

Орошение рекомендуется осуществлять путем однократного (или двукратного с интервалом в одну неделю) нанесения антипирогена на обрабатываемую поверхность при помощи пожарных, поливочных машин или специально переоборудованные машины на базе автомобилей БелАЗ-540, оснащенных баками, насосами, мониторами и др. При первичной обработке нанесение антипирогена должно производиться равномерно по всей площади (при расходе 5-8 л/м²); при повторном нанесении состава удельный расход антипирогена уменьшается до 4-5 л/м².

Для предотвращения воспламенения угольной пыли под действием высокой температуры взрыва при производстве взрывных работ на угольном уступе на разрезах VI категории пожароопасности перед взрывом рекомендуется производить предварительное увлажнение верхней горизонтальной площадки подготовленного к взрыву блока (как это практикуется на разрезе «Харанорский»). При низкой смачиваемости углей для этих целей целесообразно использовать ПАВ (например, НЧК). Более эффективен новый пенообразователь ПО-6К (при концентрации рабочего раствора до 6%). Он обладает пламегасящими свойствами и предназначен для тушения нефтепродуктов и твердых материалов, наиболее доступен и дешев. При неоднократном замерзании и оттаивании пенообразователь не теряет своих свойств, не обладает раздражающим и вредным воздействием на организм человека.

При недостаточно эффективном воздействии поверхностного орошения на разрезах V, VI категорий пожароопасности производится нагнетание антипирогена в угольный массив через скважины. Порядок работ и параметры нагнетания регламентированы "Временным руководством по профилактике и тушению эндогенных пожаров на разрезах".

Однако все химические вещества, предназначенные для профилактики самонагрева и самовозгорания, не способны длительное время сохранять огнезащитные свойства или совсем не обладают ими: они не обеспечивают защиты обнаженной поверхности угольных уступов от воздействия внешних тепловых источников распространения по ним очагов открытого огня.

Огнезащитная профилактика достигается тем, что в качестве антипирогенов используется раствор жидкого стекла (концентрация 25-30%) и смесь сульфидно-спиртовой барды (ССБ), хлористого кальция и глицерина в соотношении от 7,5:10:1 до 10:12,5.

На поверхность защищаемого объекта сначала наносят раствор жидкого стекла, а после его высыхания и образования пленки наносят смесь ССБ, хлористого кальция и глицерина, образующих вторую пленку. Описанный способ позволяет предотвратить возгорание твердых горючих ископаемых под воздействием внешних источников тепла, а также распространение очагов открытого огня. Кроме того, пленки, образующиеся от последовательно нанесенных антипирогенов, обладают хорошими воздухоизоляционными свойствами, поэтому процесс самонагрева в защищаемом объекте замедляется.

Разработан также состав для огнезащиты твердых горючих ископаемых, представляющий собой водный раствор смеси Б (15-20%), диаммонийфосфата (15-20%) и воды.

Эффективность огнезащиты и прилипаемость (адгезия) состава обусловлена взаимодействием диаммонийфосфата с минеральной частью углей, образованием фосфатной пленки и разложением при высоких температурах до однозамещенного фосфата аммония и аммиака. Выделяющийся аммиак способствует вспениванию огнезащитного состава (сгорающей ССБ) на поверхности защищаемого объекта с образованием прочной обуглероженной пленки, препятствующей возгоранию объекта, а также распространению открытого огня.

Простота технологии получения состава и нанесения его на защищаемый объект (смесь наносится в один прием) значительно снижает трудоемкость работ.

Профилактическая обработка антипирогенами угольных и породно-угольных скоплений в зависимости от их состояния производится либо путем нагнетания состава через перфорированные трубы, либо увлажнением этих скоплений за счет свободной фильтрации или путем орошения.

Первые два способа применяются в сформированных породно-угольных скоплениях; третий (послойное орошение) эффективнее при их формировании. удельный расход антипирогена во всех случаях составляет 10-20 л на 1 м³ заповаренной горной массы (определяется опытным путем). На разрезах постоянно должно находиться 25-50% общего объема применяемых антипирогенов.

Инертные породы нередко являются единственным эффективным средством тушения, особенно для крупных очагов пожаров (разрезы «Коркинский» и «Харанорский»). Однако на разрезах V и VI категорий пожароопасности имеют место случаи использования инертных пород в профилактических целях. Это объясняется прежде всего тем, что технологические мероприятия наиболее эффективные, но и не исключающие полностью возможности самовозгорания, еще не получили широкого распространения вследствие недостаточности научных разработок по определению оптимальных параметров пожаробезопасного ведения

горных работ. Кроме того, несмотря на большое число существующих антипирогенов, до сих пор еще не найдено такого, который бы полностью отвечал предъявляемым требованиям.

Применять инертные породы для профилактики эндогенных пожаров на угольных уступах экономически нецелесообразно вследствие больших затрат на неплановые работы по засыпке и последующую очистку обработанной площади. Более рационально использование инертных пород на нерабочих бортах, консервируемых на длительный период, а также на породных отвалах, так как экскавация и транспортирование этих пород в отвал обусловлены самим способом ведения открытых горных работ. На разрезах VI категории пожароопасности в наиболее неблагоприятный период года и при отсутствии антипирогенов профилактике инертными породами подлежат (кроме перечисленных объектов) рабочие площадки угольных уступов, откосы в местах геологических нарушений и отработанное пространство при прямом контакте с обнажениями угольных уступов.

В качестве инертных изолирующих материалов могут быть использованы вскрышные породы, не содержащие горючих компонентов, токсичных и абразивных веществ и имеющие в своем составе не менее 30% фракции 0-13 мм с максимальным размером крупных кусков до 300 мм в поперечнике. Это пластичные глины, пески, супеси, суглинки с примесью песка и скальных обломков, горельники и др. Такие породы, как правило, содержатся во внешней вскрыше или отвалах любого разреза. Толщина слоя инертных пород без уплотнения по условию пожаробезопасности должна быть не менее 0,8-1 м. При выполнении профилактических работ по изоляции угольных или смешанных уступов инертными породами необходимо, учитывая разницу между углом откоса угольного уступа и углом естественного откоса насыпного изоляционного материала, в целях сокращения объемов инертных пород по возможности уменьшить высоту угольного уступа или угол откоса (как это осуществляется на разрезах «Коркинский» и «Харанорский»).

Профилактическая изоляция инертными породами горизонтальных площадок угольных уступов и выработанного пространства, непосредственно контактирующего с угольными уступами, проводится на разрезах VI категории пожароопасности в целях предотвращения эндогенных пожаров и распространения очагов открытого огня по поверхности угольных обнажений (такая работа выполняется на разрезе «Харанорский»).

Толщина слоя инертных пород, которые затем уплотняются бульдозерами, должна быть не менее 20-25 см.

Профилактика эндогенных пожаров на породных отвалах сводится преимущественно к такой технологии отвалообразования, при которой инертные породы располагаются в верхнем покрывающем слое, а горючесоудающие породы внутри отвала. На практике чаще имеют место многоярусные или бульдозерные отвалы, формируемые на старых отвалах. При

этом возможно формирование верхних ярусов или бульдозерных отвалов на площадях, подверженных горению.

Технология формирования таких отвалов должна предусматривать комплекс профилактических мероприятий: планировку основания будущего отвала, отсыпку изолирующего слоя инертных пород с предварительным охлаждением очагов пожара (до температуры 50-70°C) 10-20%-ным водным раствором хлорида кальция. Толщина изолирующего слоя в зависимости от температуры пород основания отвала принимается от 0,5 м (до 60°C) до 1 м (более 60°C).

Не следует допускать разгрузки горячей горной массы на участках отвалов, содержащих горючий материал, а также производить рассредоточенную разгрузку автосамосвалов (на бульдозерных отвалах) на уплотненной верхней площадке действующего или консервируемого отвала.

При длительной консервации или при завершении формирования породных отвалов, содержащих углистые породы, его боковые и фронтальные откосы, а также площадка должны быть изолированы инертной породой.

3. Тушение эндогенных пожаров

В настоящее время на всех разрезах страны практически единственным способом борьбы с эндогенными пожарами является вырезка очага бульдозером (при возникновении пожара в породно-угольном скоплении) или экскаватором (при возникновении пожара в угольном уступе) и орошение водой.

Вырезка очагов пожаров связана с большими затратами, обусловленными использованием горного оборудования на непроизводительных работах, потерями угля от выгорания и малоэффективна вследствие того, что температурная активация угля часто распространяется за пределы вырезаемого участка, а это приводит к возникновению рецидивов. На некоторых разрезах предварительно проводится разрезная траншея, отделяющая нагретый уголь от остального массива, после чего отгружается запожаренная масса. Это предотвращает возникновение рецидивов пожаров, но увеличивает потери угля.

Иногда запожаренная горная масса без надлежащего охлаждения отсыпается в отвалы, где она возгорается, поджигая горючие компоненты, содержащиеся в отвальной массе.

Несомненными достоинствами воды, как средства пожаротушения, являются ее низкая стоимость, простота применения, необходимость минимального количества технических средств и высокая теплоемкость, достаточная при тушении и охлаждении

горящего угля. Однако после тушения пожара водой часто возникают рецидивы, что объясняется активирующим воздействием воды на окисленный уголь. Кроме того, тушение пожаров водой представляет опасность для обслуживающего персонала, так как при попадании в область высоких температур она быстро испаряется и образуется большое количество пара, что создает зону повышенного давления и приводит к направленному выбросу, увлекающему за собой раскаленные частицы угля. Направление таких выбросов, как правило, противоположно направлению струи воды.

На разрезе «Коркинский» в течение нескольких лет проводились эксперименты по тушению пожаров глинистой пульпой, давшие удовлетворительные результаты. Это позволяет рекомендовать данный способ для тушения больших пожаров при благоприятных условиях - близком расположении глинистых пород и источника воды.

Опыт борьбы с эндогенными пожарами на разрезе «Харанорский» показывает, что при тушении значительных по площади и быстро распространяющихся пожаров в настоящее время наиболее надежным способом, является засыпка очагов инертными породами несмотря на большие затраты на транспортирование и последующее удаление этих пород. Так, под действием ураганного ветра, скорость которого превышает 30 м/с, происходит распространение очага пожара из угольного навала на обнаженные поверхности угольных пластов на добычных участках. Только полная засыпка горизонтальных площадок и откосов угольных уступов инертной породой позволяет ликвидировать пожар, материальный ущерб от которого оценивается в 8 млн руб.

Анализ применяемых в настоящее время на разрезах способов и средств тушения эндогенных пожаров выявил их недостаточную эффективность и ряд других недостатков. Попытки применения профилактических антипирогенных составов для тушения пожаров и огнезащиты дали отрицательный результат либо оказались малоэффективными из-за их разрушения под действием высоких температур. [4]

На разрезах не всегда имеется возможность своевременно использовать горное оборудование (экскаваторы, бульдозеры) для ликвидации очагов пожаров, поэтому они охватывают значительные объемы угля. Все это вызывает необходимость наряду с поиском профилактических средств осуществлять разработку огнезащитных и пламегасящих составов.

В США для защиты угля от возгорания было предложено применять раствор, состоящий из Na_2O , CaO и B_2O_7 в соотношении соответственно 1:3:8. Разработаны также композиции на основе сульфата натрия.

В России имеются составы, действие которых основано на использовании гигроскопических свойств солей хлористого кальция и магния. Предложено также

использовать композицию на основе сульфидно-спиртовой барды (ССБ), уменьшающей усадку и трещиноватость покрытий. В композицию входят ССБ (20-27%), мочевиноформальдегидная смола (18-20%), NH_4C_6 (0,5-1,5%), вода (54-58%).

Наиболее эффективным из известных способов тушения пожаров на разрезах является способ, основанный на использовании пламегасящих свойств водного раствора хлористого кальция и последующей профилактике нейтрализованным черным контактом (НЧК).

В настоящее время продолжают работы, связанные с поиском, разработкой и испытанием новых, более эффективных пламегасящих композиций на основе фосфатсодержащих соединений с добавлением смачивателей.

4. Прогнозирование эндогенных пожаров

Важным условием успешной борьбы с эндогенными пожарами является своевременное обнаружение очагов самонагрева. Для этого осуществляются:

- контроль за внешними видимыми признаками самовозгорания угля (отпотевание, выделение пара, дыма, запах);
- замеры температуры при помощи стационарных или переносных термодатчиков;
- анализ атмосферы в районе потенциально пожароопасных участков с использованием прибора ГХ-4 и индикаторных трубок для определения наличия СО.

Перечисленные способы своевременного обнаружения эндогенных пожаров несовершенны (например, визуальный), трудоемки (замеры температуры) и не дают полного представления о характере и размерах очага самонагрева.

Осуществляется серийное производство приборов – пирометров.

Приборы предназначены для бесконтактного и быстрого измерения температур на пожароопасных объектах в целях обнаружения и установления границ зоны распространения скрытых очагов самонагрева на шахтах и разрезах. [5]

Пирометр позволяет определять координаты скрытого очага самонагрева; находящегося в глубине угольного массива.

Выводы и рекомендации

Интенсивность и места возникновения очагов эндогенных пожаров на разрезах определяются воздействием большого числа пожароопасных факторов, которые можно разделить на три группы: горно-геологические, горнотехнические и метеорологические.

Воздействие горно-геологических, метеорологических и части горнотехнических факторов является неизбежным в условиях разрезов. Другая часть горнотехнических

факторов является следствием различных нарушений, допускаемых при выполнении отдельных технологических процессов.

В настоящее время на угольных разрезах мероприятия по профилактике эндогенных пожаров не проводятся, а применяемые способы и средства тушения пожаров малоэффективны.

Технологические мероприятия по снижению эндогенной пожароопасности разрезов должны быть направлены на устранение условий самовозгорания угля. Основным способом профилактики и тушения пожаров на отвалах является применение инертных пород; целесообразно использование их и при тушении пожаров, охвативших большие площади.

На разрезах высокой категории пожароопасности для профилактики и особенно тушения эндогенных пожаров необходимо применять антипирогены, наиболее перспективными из которых являются пленкообразующие, а также составы, обладающие ингибирующими свойствами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Харитонов В.Г. Химия и генезис твердых горючих ископаемых. - М.: АН СССР, 1953. - 420-426 с.
2. Писарев Ю.Н. Исследование процесса окисления бурых углей Челябинского бассейна // Техносферная безопасность, охрана труда и горно-спасательное дело. - 1975. - №11. - С. 23-24.
3. Маевская В.М. Антипирогены для профилактики и тушения эндогенных пожаров // Известия вузов, Горный журнал. - 1961. - №8. - С. 46-61.
4. Хрисанфова А.И., Шубников А.К., Захаров А.Н., Гусев Г.П. Ингибиторы для борьбы с окислением и самовозгоранием ископаемых углей. - М.: АН СССР, 1959. - 138 с.
5. Веселовский В.С., Виноградова Л.Н., Орлеанская Г.Н. Прогноз и профилактика эндогенных пожаров. - М.: Наука, 1975. - 160 с.