

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРНОЙ ПРОФИЛАКТИКИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МОЩНЫХ КРУТОПАДАЮЩИХ ПЛАСТОВ ЮЖНОГО КУЗБАССА

**П. А. ЛЕОНОВ**

Директивами XIX съезда партии по пятому пятилетнему плану развития СССР на 1951—1955 годы перед угольной промышленностью поставлен ряд важнейших задач:

1) быстрый рост добычи угля и особенно углей для коксования, 2) систематическое улучшение методов разработки угольных месторождений, 3) повышение производительности труда, 4) дальнейшее улучшение охраны труда и другие.

Подземные рудничные пожары, как известно, нарушают нормальный ход эксплуатационных работ, нередко срывают выполнение плана добычи угля и часто являются причиной аварий и несчастных случаев. Поэтому предупреждение возникновения подземных пожаров или, иначе называя, пожарная профилактика имеет большое значение для производства.

С 1949 г. в Кузбассе начался переход на системы разработки мощных пластов с закладкой выработанного пространства. До этого года в указанном бассейне применялись почти исключительно системы разработки с обрушением. В ряде случаев они служили причиной возникновения подземных пожаров, ликвидация которых вызывала значительные затраты средств.

Системы разработки с закладкой выработанного пространства сокращают потери угля, создают более безопасные условия работ. При этих системах разработки резко уменьшается количество подземных эндогенных пожаров. Однако применение систем разработки с закладкой полностью не гарантирует от возникновения подземных пожаров. Пожарная профилактика нужна и для систем разработки с закладкой. Поэтому вопросы предупреждения возникновения подземных пожаров (пожарная профилактика) остаются актуальными для Кузбасса и после перехода его на разработку мощных крутопадающих пластов с закладкой выработанного пространства.

Настоящая работа выполнена на основании материалов по Прокопьевскому и Киселевскому рудникам, которые являются самыми крупными в бассейне.

### 1. О направлениях профилактических мероприятий при подземной разработке пластов

Как известно, причинами эндогенных пожаров являются скопления угля, оставленного в выемочном участке, приток воздуха и аккумуляция тепла в месте нахождения угля, где в последующее время начинается нагревание и возникает подземный пожар.

Эндогенный пожар на пласте совершенно исключается при отсутствии горючего, т. е. скоплений угля. При наличии указанных скоплений возник-

новение эндогенного пожара можно предупредить, если прекратить к углю доступ воздуха. Далее может быть такой случай, когда имеется скопление угля и приток воздуха, но устранена возможность аккумуляции тепла. В таких условиях подземного пожара не бывает.

Перечисленные причины возникновения эндогенных пожаров зависят от многих факторов. К таким факторам относятся: мощность пласта, свойства боковых пород, склонность угля к самовозгоранию, измельченность угля, глубина разработки, вентиляционный режим, система разработки, неправильное ведение горных работ, степень изоляции выработанного пространства, объем скопления угля, потеря угля, аварии в горных выработках и другие.

Факторы, обуславливающие самовозгорание угля, могут быть разбиты на две группы: 1) возможные к изменению и устранимые и 2) неустраиваемые в процессе подземных работ. На рис. 1 представлена зависимость

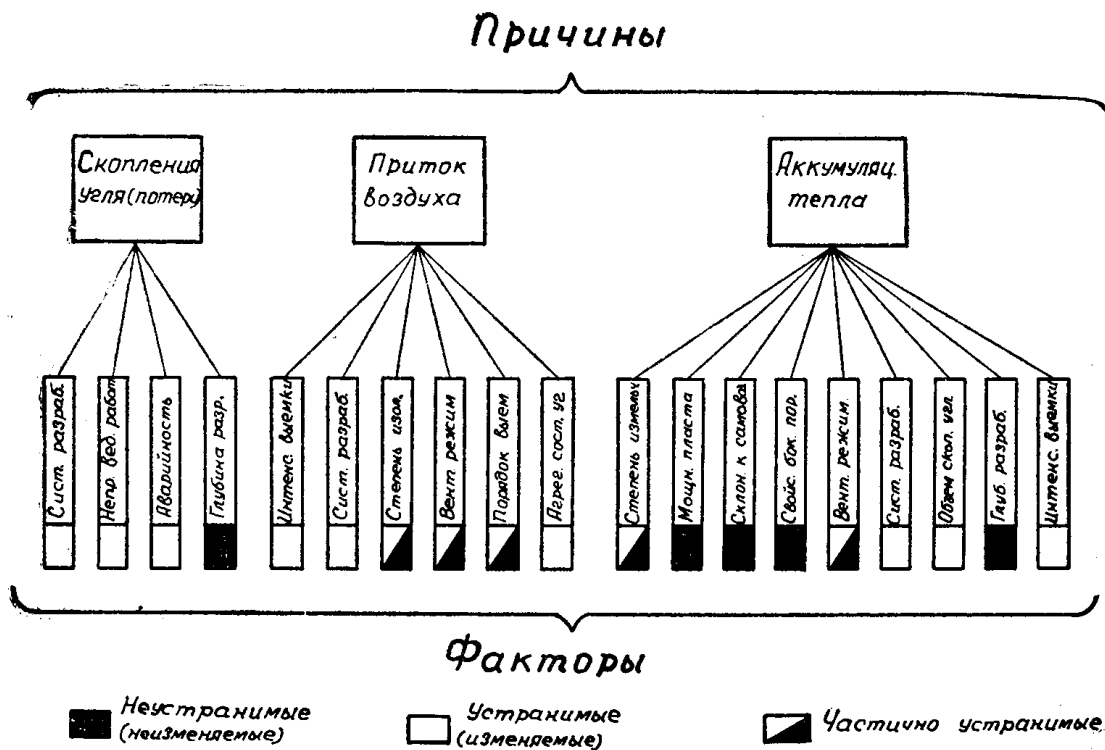


Рис. 1. Причины и факторы подземных пожаров

причин эндогенных пожаров от этих факторов. Первая причина—скопление угля (потери угля) является следствием четырех факторов: системы разработки, неправильного ведения работ, глубины разработки и аварийности горных выработок. Часть этих факторов может быть изменена, а часть устранена, и тогда скоплений угля в выработанном пространстве не будет. У второй причины—притока воздуха факторы частично поддаются изменению, например, факторы: система разработки, порядок выемки и интенсивность ее, агрегатное состояние угля. Однако так изменить факторы, чтобы совсем прекратить приток воздуха к скоплениям угля, практически невозможно. Третья причина самовозгорания угля—аккумуляция тепла зависит от многих факторов, из них четыре являются неустраиваемыми для данных конкретных условий. К этим факторам относятся: склонность угля к самовозгоранию, глубина разработки, мощность пласта и свойства боковых пород. Влияние других факторов последней причины эндогенных пожаров может быть ослаблено и в отдельных случаях устранено.

Направление профилактических мероприятий должно определяться характером факторов, способствующих возникновению эндогенных пожаров и степенью пожарной опасности пластов. В отношении устранимых и изменяемых факторов указанные мероприятия будут состоять из комплекса мероприятий, устраняющих воздействие данного фактора или снижающих его влияние на причину пожара, например, фактор „система разработки“. Она может быть изменена на такую, при которой потери угля, а следовательно, и скопление его в выработанном пространстве будут очень малы. В отношении неустранимых и неизменяемых факторов дело обстоит хуже. Изменить эти факторы невозможно, ослабить их влияние на процесс возникновения эндогенных пожаров часто очень трудно. Так, например, факторы мощность пласта, свойство боковых пород, глубина разработки и другие во время эксплуатационных работ не поддаются изменению и устранению.

Объем, характер профилактических мероприятий должны охватывать весь комплекс причин пожаров и факторов, способствующих им. Только в этом случае может быть разрешена задача предупреждения эндогенных пожаров.

## 2. Распределение и величина потерь угля в выемочных участках

Характер противопожарных мероприятий и их объем зависит от расположения, величины ожидаемых пожарных очагов, возможности их распространения по простиранию и падению пласта. Место расположения пожарных очагов связано с нахождением в районе работ раздавленных целиков, скоплений отбитого или обрушившегося угля. Нагревание и самовозгорание возникает не во всех скоплениях угля, а только там, где эти скопления имеют значительный объем. Поэтому для предупреждения пожаров от внутренних причин (самовозгорания) следует не допускать в горных выработках концентрированных потерь угля. В случае же их наличия места этих потерь требуется подвергать профилактической обработке. Таким образом, для получения картины расположения возможных очагов пожаров нужно знать размещение в выемочных участках пласта скоплений угля всех видов.

А. Потери угля на верхних горизонтах, отработанных системами разработки с обрушением и закладкой. На Прокопьевском и Киселевском рудниках на верхнем горизонте применялись следующие системы разработки: а) с обрушением: горизонтальные слои, наклонные слои, зоны, камерно-столбовая система, щитовая система, длинные столбы по простиранию и б) в незначительных масштабах системы с закладкой: зоны, горизонтальные слои, наклонные слои, диагональные слои, камерно-столбовая. Потери угля на верхнем горизонте на участках, где работы по выемке угля производились системами с обрушением, составляют (рис. 2): 1) междуучастковые целики шириною 6—10 м, располагаемые по простиранию обычно через 200—400 м; 2) потери угля от неполной выемки целиков над основными штреками; обычно эти потери составляют 50% запасов в целиках, они размещены по всей длине выемочного участка; 3) потери в аварийных камерах в виде отбитого угля от 40 до 70% всего объема очистной камеры; 4) потери угля в кровле пласта при камерно-столбовой системе разработки, где обычно в кровле оставалось 1,0—1,5 м угля; 5) потеря угля в виде толщи в 1 м, оставленной между горизонтальными слоями для того, чтобы не делать настила. После 1938 г. при разработке пластов системой горизонтальными слоями с обрушением снизу вверх стали применять устройство настила, что дало воз-

возможность не оставлять толщу угля между слоями; 6) потери угля в „ножах“, т. е. в целиках, заменяющих органическую крепь при разработке пластов мощностью 4—7 м системой разработки длинными столбами по простиранию, ширина указанных целиков („ножей“) определялась в пределах 2—2,5 м; 7) потери в целиках, оставляемых между очистными камерами; эти целики оставлялись шириною 2—3 м по простиранию на всю высоту этажа; 8) потери угля в виде целиков или отбитого угля при авариях в очистных работах всех систем разработки, кроме камерно-столбовой; 9) уголь, оставленный в местах геологических нарушений; 10) потери угля над вентиляционным штреком по всему простиранию пластов (1—5 м по восстанию) и 11) потери угля в виде целиков, оставляемых иногда у центральных ходовых печей.

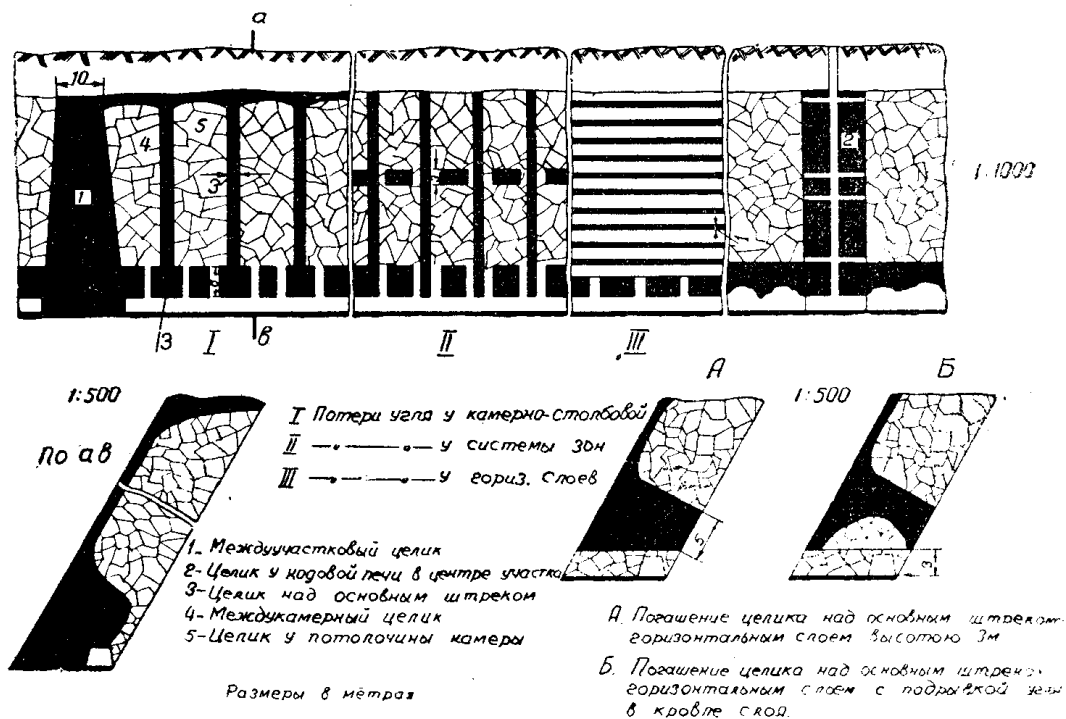


Рис. 2. Распределение потерь угля на I горизонте при разработке пластов системами с обрушением

Указанные потери угля являлись местом зарождения очагов пожара. Можно определенно сказать на основании анализа эндогенных пожаров Прокопьевско-Киселевского района, что выработанное пространство верхнего горизонта имеет такое значительное скопление угля, что там при благоприятных условиях возникали очаги пожаров от самовозгорания угля. Это относится, конечно, к выемочным участкам мощных пластов, не обработанным профилактическим заиливанием.

При системах разработки с закладкой потери угля состояли из 1) междучастковых целиков (6—10 м по простиранию); 2) целиков (2—3 м) между зонами и камерами (у систем разработки зон с закладкой и камерно-столбовой с закладкой); 3) целиков у центральных ходовых печей; 4) целиков угля и из отбитого угля, оставленного в очистных выработках вследствие аварий; 5) потерь угля при выемке целиков над основными откаточными штреками с извлечением угля в пределах 50%.

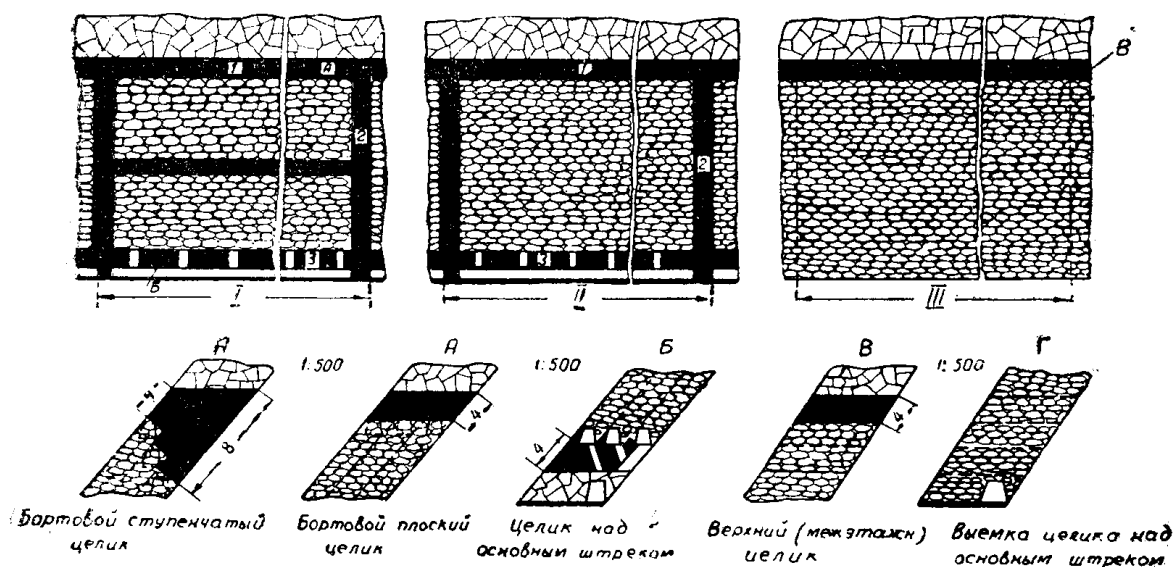
Б. Потери угля на нижнем (втором) горизонте, где применялись системы разработки с обрушением. Виды потерь угля и их размещение в выемочных участках существенно не отличаются

от положения на верхнем горизонте. Следует отметить, что потери угля при системе разработки горизонтальными слоями на нижнем горизонте меньше, чем на вышележащем. Это происходит потому, что после 1936 г. при выемке угля горизонтальными слоями стали широко применять устройство настила вместо корки (толщи) угля между слоями. Дополнительными потерями будет на нижнем горизонте уголь в междуэтажном целике, который оставляется на вентиляционном горизонте. Этот целик простирается на всю длину выемочного участка, по восстанию он имеет размер в 4 м. При очистных работах с обрушением междуэтажный целик разрушается и попадает в выработанное пространство, где образует значительные скопления угля.

Суммарные потери на нижнем горизонте увеличиваются путем пропуска угля из выработанного пространства первого горизонта. Часть этого угля (например, из междуучастковых целиков) не является окисленным и может быть местом возникновения пожарного очага.

В. Потери угля на нижних горизонтах, где применяются системы разработки с закладкой выработанного пространства. Самыми крупными потерями угля здесь будут потери в междуэтажном целике. Этот целик необходимо оставлять для предохранения вентиляционных штреков. Размер целика по восстанию, согласно данным практики, определяется в 4 м. У системы разработки наклонными слоями указанный целик имеет ступенчатую форму (рис. 3).

1—Междуэтажный целик. 2—Междуучастковый целик. 3—Целик над штреком.  
Вертикальная проекция 1:1000



- I. Участок, отработанный системой наклон. слоев с закладкой (этаж разделен на подэтажи)      II. То же, но без раздел. на подэтажи      III. Участок, отработанный горизонтальными слоями.

Рис. 3. Потери угля на нижнем горизонте, где применяются системы разработки с закладкой

При системе разработки наклонными слоями в случае разбивки этажа на подэтажи потребуется оставлять целик у подэтажных штреков размером 2—3 м по восстанию, а по простираению на весь выемочный участок.

На горизонте основного штрека при всех системах с закладкой были значительные потери угля вследствие неполноты выемки предохранительных целиков у основного штрека. Величина этих потерь 50% всех запа-

сов угля в целике. Указанные потери распределяются равномерно по простиранию. Скопление их на почве основного откаточного штрека вызовет необходимость при разработке следующего нижележащего горизонта оставлять междуэтажный целик. В противном случае устойчивость вентиляционного штрека будет очень плохая.

В очистных выработках при системах с закладкой при нормальном ходе работ потерь угля не бывает. Только в случае аварий приходится его оставлять в слое, но эти потери являются случайными.

Величина потерь при очистных работах в слоях в большинстве случаев небольшая. При выемке вышележащего слоя (при наклонных слоях) или нижележащего (при горизонтальных слоях) эти скопления угля будут отрезаны от последующих слоев толщиной закладки из пустых пород.

На рис. 3 показано распределение потерь угля на нижнем горизонте при системах разработки с закладкой и формы оставляемых целиков угля.

### 3. Месторасположение возможных очагов пожаров

А. На участках, выработанных с применением систем разработки с обрушением. В этих условиях очаги пожаров возможны во всех местах, где есть концентрированные потери угля (рис. 4). Практика разработки мощных пластов системами с обрушением показывает, что почти все очаги пожаров находятся в выработанном пространстве и большей частью на горизонте выше основного откаточного штрека. Часть пожаров возникла при погашении предохранительных целиков основного штрека.

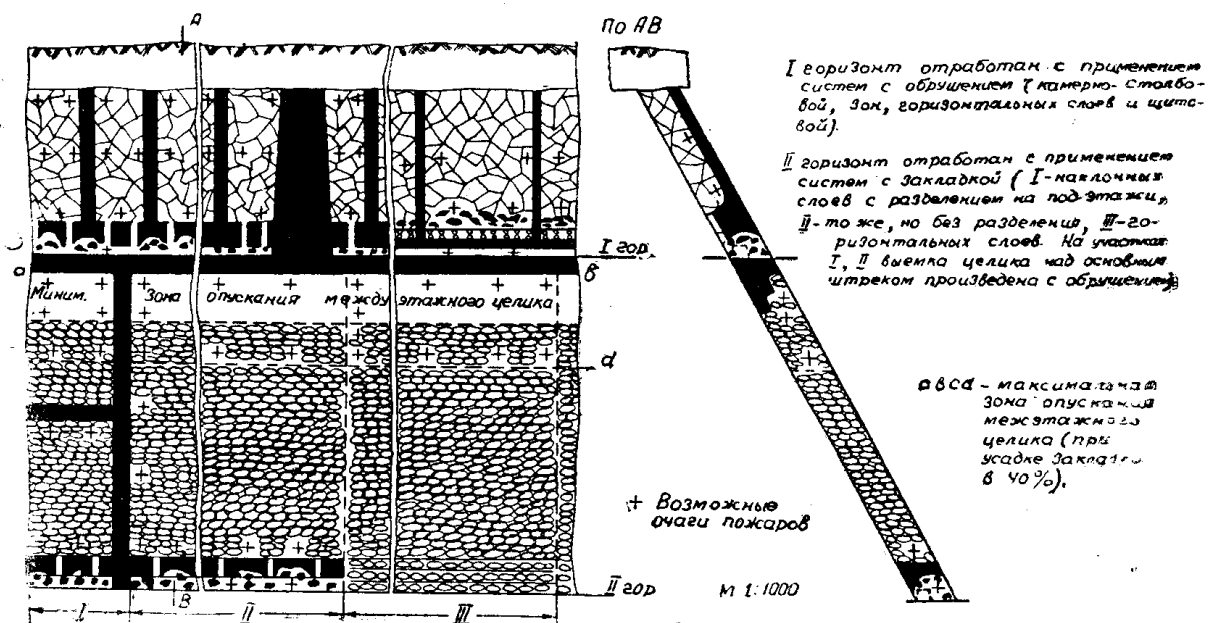


Рис. 4. Распределение возможных очагов эндогенных пожаров

Б. На участках, где применялись системы разработки с закладкой выработанного пространства. Очаги возможных пожаров есть основания предполагать в следующих местах (рис. 4).

1) В междуэтажном целике после его нарушения вследствие давления вышележащих пород и усадки закладки. Этот целик при усадке закладки сначала растрескивается, потом обрушается. Обрушение целика может

быть значительным. Перемещение угля целика по падению будет происходить на величину усадки закладки.

При быстрой выемке угля и производстве закладочных работ обрушения целиков в непосредственной близости с работающими лавами и столбами (для систем наклонных слоев и щитовой с закладкой) происходить не будет, но если выемка и закладка пойдут медленно, то возможно обрушение целика или растрескивание его около действующих забоев. В результате произойдет возникновение пожара в угле междуэтажного целика или в районе основного штрека верхнего горизонта, куда по трещинам будет поступать воздух.

2) В массиве угля над выработанным слоем. При разработке мощного пласта системой горизонтальных слоев в восходящем порядке или системой наклонных слоев также в восходящем порядке могут быть случаи медленной выемки угля, отставания закладки выработанного пространства. В этих условиях массив угля над вынимаемым слоем разрушается, в нем появляются трещины, нередко наблюдаются вывалы более или менее значительного количества угля. Такое положение создает очень благоприятную обстановку для нагревания и самовозгорания угля в нарушенных участках угольного массива над вырабатываемым слоем. Опасность и частота пожаров настолько значительна, что система разработки горизонтальными слоями с выемкой слоев снизу вверх считается очень пожароопасной.

3) В целиках около промежуточных штреков. Эти целики имеют следующие размеры: по восстанию 2—3 м, по мощности пласта 6—9,0 м. Вероятность пожаров в таких целиках, когда они окружены пустой породой (закладкой), незначительна. Возникновение нагревания угля и его самовозгорания могут быть в том случае, если эти целики благодаря медленной выемке нижнего подэтажа будут долго находиться под действием струи воздуха.

4) В целиках у основного штрека (целик между основным штреком и нижними слоевыми штреками). Эти целики, будучи прорезаны углеспускными печами, трудно выбрать без потерь угля. Обычно при выемке таких целиков потери достигают 50%. При отставании выемки целиков и значительном горном давлении в выработанном пространстве, где были предохранительные целики у основного штрека, возможно нагревание угля и даже самовозгорание. Эта опасность будет иметь место только в случае выемки с обрушением.

К такому способу выемки придется прибегать при системе разработки наклонными слоями. При работах системой горизонтальных слоев возможна выемка предохранительных целиков основного откаточного штрека горизонтальными слоями с закладкой. Тогда выработанное пространство этих целиков уже не будет пожароопасным.

5) На стыке выработанного выемочного участка и соседнего, вновь разрабатываемого. При системах разработки с закладкой рекомендуется между соседними выемочными участками пожарных предохранительных целиков не оставлять. В этом случае на новом участке вентиляционный штрек будет непосредственно начинаться от границы соседнего выработанного выемочного участка. На старом участке к моменту прохождения вентиляционного штрека в новом участке произойдет почти полная усадка закладки, и межэтажный целик в значительной степени будет разрушен и смещен вниз по падению. Через вентиляционный штрек воздух свободно может поступать к разрушенному углю междуэтажного целика у границ выемочных участков. В результате в этом месте можно ожидать нагревания и самовозгорания угля, особенно в том случае, когда выемка первых пяти—шести верхних слоев будет производиться недостаточно интенсивно.

Описанное положение может быть при системах разработки с закладкой горизонтальными и наклонными слоями, а также и при щитовой системе.

Небольшой опыт применения на мощных пластах Прокопьевского рудника систем с закладкой уже дает факты нагревания угля в междуэтажном целике: 1) на шахте „М“ на пласте Внутреннем IV на минусовом штреке (под междуэтажным целиком) наблюдалась температура угля в 32° через пять месяцев после проведения указанного штрека; 2) на шахте „Н“ на пласте Горелом на вентиляционном штреке (второго горизонта) замечено нагревание угля в междуэтажном целике до 36°; 3) на шахте „П“ наблюдалось нагревание угля в целике у вентиляционного штрека при разработке мощного пласта системой наклонных слоев с закладкой.

#### 4. Противопожарные мероприятия

Все противопожарные мероприятия могут быть разбиты на пять групп: 1) мероприятия по предупреждению оставления угля в выработанном пространстве; 2) мероприятия по созданию условий, препятствующих аккумуляции тепла при окислении угля; 3) мероприятия по прекращению и сокращению поступления воздуха к угольным скоплениям; 4) мероприятия по обработке угля, оставленного в выработанном пространстве, в состоянии, исключающее нагревание и самовозгорание, и 5) разные мероприятия

Все указанные мероприятия относятся к скоплениям угля в выработанном пространстве. Способы предупреждения возникновения пожаров в массиве угля у подготовительных и очистных выработок в настоящей работе не рассматриваются, так как мощные пласты Южного Кузбасса не дают эндогенных пожаров в этих условиях.

А. Мероприятия по предупреждению оставления угля и дерева в выработанном пространстве. В состав этой группы для условий разработки системами с закладкой входят следующие мероприятия: 1) ликвидация разных целиков, 2) замена угольных целиков искусственными бетонными или породными, 3) сведение аварий в очистных работах до минимума.

Междуучастковые целики могут быть ликвидированы путем применения плотной закладки с отшивкой стенки соседнего выемочного участка для предупреждения высыпания закладочного материала. Междуэтажный целик у нижнего горизонта при верхнем горизонте, отработанном системами разработки с обрушением, является неустранимым. Для следующего горизонта оставление междуэтажного целика следует избегать. Это возможно достигнуть, если предохранительный целик основного откаточного штрека вынимать, применяя систему разработки с закладкой. Тогда на почве штрека будет находиться пустая порода (закладка), под которой и проходится вентиляционный штрек нижележащего этажа. Целики у подэтажных штреков (при системе наклонных слоев) возможно ликвидировать, применяя более усиленное крепление подэтажных штреков и сохраняя их в закладке. Целики у основного откаточного штрека станут безопасными, если их выбирать полностью, применяя закладку. У системы разработки горизонтальными слоями это не представит затруднений.

Для выемки же целиков основного штрека у системы наклонных слоев с закладкой нужно запроектировать специальный вариант системы разработки с закладкой. У щитовой системы наибольшую трудность представляет выемка угля на высоту последних двух метров от почвы основного штрека. Этот слой надо вынуть чисто, с закладкой. В противном случае на нижнем горизонте потребуется оставлять междуэтажный целик. Ввиду большой трудности извлечь уголь у почвы основного штрека



с сухой закладкой, целесообразно здесь применить гидравлическую закладку или хорошую заилровку с песчаным материалом.

При разработке мощного пласта системой разработки горизонтальными слоями сверху вниз в кровле первого слоя находится междуэтажный целик. По мере выемки слоев и усадки закладки указанный целик перемещается по падению. На границе с первым слоем находятся деревянные затяжки и стойки кругов. Они подвергаются значительному давлению, расщепляются и при соответствующих условиях могут дать очаг пожара. Горящий лес легко может зажечь разрушенный уголь междуэтажного целика.

При разработке мощного пласта системой наклонных слоев с закладкой требуется обращать внимание на крепление борта целика каждого слоя. По мере подвигания очистных работ происходит усадка закладки, нарушение бортового крепления и разрушение междуэтажного целика. Дерево бортовых кругов и затяжки, будучи расщеплено и нагрето, может самовозгораться и передать огонь углю из целика. При щитовой системе после выемки угля в столбе щит останавливается в двух—трех метрах от почвы основного откаточного штрека. Ниже опустить его нельзя. Практика показывает, что накатник щита в процессе выемки угля под щитом сильно деформируется, бревна накатника разрушаются. При благоприятных условиях такое расщепленное дерево может дать очаг пожара и зажечь уголь под накатником.

В целях предупреждения пожаров от оставленного на границе с междуэтажным целиком дерева, а также на основном штреке (при щитовой системе) необходимо в указанных местах заменять дерево негорючим материалом. Это может быть достигнуто путем замены деревянных затяжек металлической сеткой, а накатника щитов—особыми железобетонными плитами. Деревянные стойки и переклады у бортовых кругов заменить металлическим не представляется возможным по экономическим соображениям.

Вопрос замены у щитов деревянного накатника огнестойкими плитами еще не разработан. Если он длительное время не будет разрешен, то тогда остается единственное средство борьбы с пожароопасностью деревянного накатника—хорошее заиливание выработанного пространства у щита до уровня на один метр выше верхних рядов накатника.

Б. Мероприятия по созданию условий, препятствующих аккумуляции тепла при окислении угля. Наблюдения показывают, что аккумуляция тепла при нагревании угля происходит главным образом у больших скоплений отбитого угля или разрушенных целиков. Причина этого явления—малая теплопроводимость угля сравнительно с песчаниками, аргиллитами и глиной. Поэтому для предупреждения аккумуляции тепла нужно устранять большое скопление угля, а уголь окружить пустой породой (закладкой). Практически такое мероприятие возможно осуществить со скоплениями угля в горизонтальных слоях. Там их необходимо окружить закладкой, а при выемке нижнего слоя отрезать слой пустой породой от нижнего массива угля.

В. Мероприятия по сокращению и прекращению доступа воздуха к скоплениям угля в выработанном пространстве. Из мероприятий этой группы рекомендуется применять: 1) проветривание выемочных участков с минимальной депрессией; 2) всасывающе-нагнетательный способ проветривания (если это допустимо при данной категории шахты по метану); 3) устройство перемычек на вентиляционном, слоевых штреках у границы с отработанным выемочным участком; 4) подбучивание пустоты, которая образуется на вентиляционном горизонте отработанного участка между верхней границей закладки и нижней поверхностью угольного целика (междуэтажного), закладкой с малой

усадкой, т. е. гидравлической или пневматической; 5) возведение огнестойких перемычек в промежуточных квершлагах на откаточном и вентиляционном горизонтах; 6) устройство перемычек в квершлагах, которые пройдены из породной печи (при системе разработки горизонтальными слоями) на каждую пару слоев, эти перемычки возводятся по мере отработки участка; 7) оставление барьерных целиков между выемочными участками (при системах разработки с обрушением); 8) оставление междуэтажного целика над вентиляционным штреком в случае выемки предохранительного целика вышележащего основного штрека с обрушением; 9) изоляция выработанного пространства (у щитовой системы разработки) перемычками со стороны действующих очистных выработок; 10) изоляция земной поверхностью (заделка трещин, искусственное обрушение потолочной толщи, обортовка и засыпка провалов).

Г. Мероприятия по приведению угля, оставленного в выработанном пространстве, в состояние, исключающее самовозгорание его. Сущность этих мероприятий состоит в изоляции угольных скоплений перемычками и последующей обработке оставленного угля заиливанием.

В настоящее время известны два способа заиливания: механическое заиливание (вода и глина) и химическое (вода и сода или вода и известь.) Первый способ широко применяется на производстве, второй находится в стадии опытной разработки.

Роль глины при заиливании: заполнение пустот, трещин, образование пленок, оболочек на поверхности кусков угля, значительная отдача тепла углем через глину ввиду большей её теплопроводности. Заполнение трещин и пустот бывает неполное, так как количество глины (в целике) составляет всего 3—5% объема выработанного пространства. Роль воды при заиливании: охлаждение пород и угля в процессе заиливания, охлаждение их же после окончания заиливания вследствие испарения воды. Количество воды при заиливании в 5—10 раз больше, чем глины. Таким образом, воды в выработанное пространство поступает от 15 до 30% всего объема этого пространства. Надо еще отметить одно действие воды. Она смачивает, пропитывает боковые породы, поэтому охлаждающее действие их увеличивается. Вода при заиливании поступает в подземные выработки с температурой не более 10°. При такой температуре окисление угля резко снижается.

Охлаждающее действие воды до сих пор не дооценивалось при объяснении механизма процесса заиливания. Роль воды при заиливании не второстепенная, а одна из главных. Весьма большая эффективность профилактического заиливания, по всей вероятности, может быть объяснена хорошим охлаждающим действием воды, а не только процессом заполнения глиной пустот, трещин и образования оболочки на поверхности угля.

Заиливание может быть двух видов: безнапорным и под большим давлением. В настоящее время в Кузбассе почти исключительно применяется заиливание безнапорное, самотеком через скважины. Для заиливания скоплений угля в выработанном пространстве безнапорный способ дает удовлетворительные результаты. Далее следует отметить, что этот способ не требует насосов и стоит сравнительно недорого. Напорный способ заиливания пригоден для производства заиливания трещиноватых массивов угля. При системах с закладкой нет основания ожидать, что целики угля будут полностью разрушены. Они только частично деформируются. Закладка не создает условий к большим подвижкам угольных целиков. Профилактическое заиливание не полностью разрушенных целиков дает хорошие результаты, если оно будет производиться под давлением. Такую картину можно ожидать на основании общих соображений. Поэтому в настоящее время необходимо при разработке мощных пластов

системами с закладкой произвести испытания двух видов заиливания—напорного и безнапорного и затем выбрать из них более эффективный.

Для заиливания применяется два типа заиловочных установок: 1) центральные заиловочные установки с подачей пульпы с земной поверхности и 2) подземные передвижные заиловочные установки (не связанные с земной поверхностью). Производительность первого типа установок бывает 50—100 и более  $m^3$  пульпы в час или в сутки 1000—2000  $m^3$ . Подземные установки имеют небольшую производительность порядка 10  $m^3$  в час.

Для нижних горизонтов, где применялись системы с закладкой и находящихся под горизонтом, выработанным с применением систем с обрушением, объем заиловочных работ будет значительным. Много заиловки в этих условиях потребует междуэтажный целик. Не исключена возможность производства заиловочных работ и в нижней части первого горизонта. Не мало заиловки потребует выработанное пространство целика основного откаточного штрека, если целик будет вынут с обрушением. У последующего горизонта (после первого, отработанного системами с закладкой) междуэтажных целиков не будет. Целик у основного откаточного штрека, по всей вероятности, будет выниматься с применением закладки. В этих условиях заиливание потребуются только для небольших скоплений угля (из-за аварии и т. д.).

Поэтому рекомендуется: 1) для профилактического заиливания первого горизонта, разрабатываемого с закладкой, применять центральную заиловочную установку с подачей пульпы с дневной поверхности; 2) для второго и последующих горизонтов, разрабатываемых с закладкой, профилактическое заиливание производить при помощи подземной передвижной заиловочной установки. Такая небольшая установка потребуются для отдельных работ и на первом горизонте.

Профилактическое заиливание, т. е. заиливание для предупреждения возникновения эндогенных пожаров, в Южном Кузбассе применяется с 1937 года. В настоящее время оно находит широкое применение как основное противопожарное средство и дает хорошие результаты. Выемочные участки, обработанные профилактическим заиливанием, почти не дают эндогенных пожаров. Указанные обстоятельства дают основание рекомендовать при разработке мощных крутопадающих пластов профилактическое заиливание после систем разработки с закладкой, как одно из главных средств предупреждения возникновения пожаров от внутренних причин.

Значительные скопления угля, оставленного в выработанном пространстве, как указывалось выше, являются местами возникновения очагов пожаров от самовозгорания угля. Поэтому профилактическое заиливание должно применяться на выемочных участках, отработанных системами разработки как с обрушением, так и с закладкой. Ниже дается краткое описание объектов заиливания и характер заиловочных работ для систем разработки с обрушением и закладкой.

а) Участки, отработанные с применением системы разработки с обрушением. Потери угля на таких участках располагаются от вентиляционного до почвы основного откаточного штреков. Поэтому профилактическое заиливание следует производить во всем выработанном пространстве, подавая пульпу через скважины, пробуренные на горизонт вентиляционного штрека, а при наличии междуэтажного целика—на горизонт основного откаточного штрека вышележащего этажа. Такой порядок ведения профилактического заиливания проверен многолетней практикой. Имеется предложение профилактическое заиливание всего этажа заменить заиливанием только нижней части этажа—между основным откаточным и первым параллельным штреками. Такой порядок заиливания может дать хорошие результаты только в отдельных случаях, а именно,

при надежной изоляции верхней части этажа и отсутствии в ней больших скоплений угля.

б) Участки, где применялись системы разработки с закладкой. Наибольший объем заиловочных работ будет у междуэтажного целика и на горизонте основного откаточного штрека. Заиливание аварийных участков в слоях не потребует большого количества работ. Кроме того, в отдельных случаях необходимо производить заиливание массива угля над наклонными слоями, если в нем вследствие медленной выемки в слое появятся трещины и будет обнаружено нагревание угля. При длине участка в 200 м, мощности пласта в 9 м и толщине междуэтажного целика в 4 м объем угля в целике будет  $200 \times 9 \times 4 = 7200 \text{ м}^3$ . Для заиливания этого количества потребуются по существующим нормам  $220 \text{ м}^3$  глины в целике, или  $2200 \text{ м}^3$  пульпы состава 1:9. Заиливание указанного целика надо произвести до начала очистных работ в нижнем подэтаже, подавая пульпу на почву основного штрека верхнего горизонта. Возможно, что в некоторых случаях такое заиливание не даст должного эффекта ввиду ненарушенности целика.

При выемке 2—3 горизонтальных слоев и всех наклонных слоев по простиранию метров на 50 междуэтажный целик благодаря усадке закладки в нижней части будет разрушен и разбит трещинами. Такой целик может дать несколько очагов нагревания и даже самовозгорания. Поэтому необходимо остановить на некоторое время выемку угля на участке, а междуэтажный целик подвергнуть профилактическому заиливанию. Заиливание возможно производить двумя способами: через скважины с поверхности и через скважины, пробуренные с вентиляционного штрека соседнего пласта.

Если практика работ покажет, что необработанный заиливанием междуэтажный целик, подрезанный горизонтальными или наклонными слоями выемочного участка нижнего горизонта, за период отработки участка не будет давать пожаров, то необходимость в заиливании этого целика отпадает. Однако больше вероятности ожидать появления очагов нагревания и самовозгорания в междуэтажном целике тогда, когда этот целик обнажается при подготовительных и очистных работах соседнего выемочного участка (рис. 4). В момент обнажения вертикальной стенки целика работами соседнего участка междуэтажный целик старого участка, конечно, окажется в значительной степени деформированным. Заиливание фланга междуэтажного целика на стыке с новым выемочным участком нужно производить по простиранию не менее как на 20 м. Для этого потребуются пробурить на верхнюю границу целика одну скважину, учитывая смещение целика по падению на величину усадки закладки. Объем заиливания ориентировочно составит  $20 \text{ м}^3$  глины в целике. Такое количество глины можно будет подать через центральную заиловочную установку или с помощью подземного передвижного заилователя. Для профилактического заиливания фланга междуэтажного целика представляет интерес применить химическое заиливание. Для этого требуется с вентиляционного штрека нового выемочного участка пробурить скважину и при помощи подземного заилователя (сконструированного для химического заиливания) подавать через нее раствор соды или извести. В этом случае положительными качествами заиливания является то, что не загрязняется уголь и выработки. Скопления угля в районе очистных выработок и целики у подъэтажных штреков имеют сравнительно небольшой объем. Бурение заиловочных скважин с поверхности или с вентиляционного штрека в таких условиях окажется экономически невыгодным. Скважины с соседнего пласта могут быть допущены только в двух частных случаях: а) скопление угля находится на горизонте вентиляционного и I параллельного штреков, б) соседний пласт не находится на значительном расстоянии от заиловоч-

ного. Для общих случаев целесообразно подводить пульпу по трубам, проложенным в очистных выработках пласта, где есть скопления угля для заиливания. Здесь также не мешает провести опыты по химическому заиливанию. При выемке целика над основным штреком системой с обрушением потери достигают 50% его запасов. Для предупреждения возникновения пожаров после выемки целика и устранения необходимости оставления междуэтажного целика для нижележащего горизонта требуется выработанное пространство (где был целик) над основным штреком тщательно заилить. Здесь нужно не только создать оболочки из глины на угле, но и заполнить хорошо глиной пустоты, трещины у почвы основного штрека, чтобы внизу не оставлять никакого целика. Количество глины для заиливания надо брать столько, чтобы она заполнила все пустоты на всем протяжении участка на высоту 4 м.

Эти заилочные работы у основного откаточного штрека являются значительными по объему, стоят очень дорого и их производство потребует большого периода времени. Поэтому рекомендуется усовершенствовать системы разработки с закладкой так, чтобы выемка целиков над основным штреком производилась с закладкой, а не с обрушением. Выемка указанных целиков с закладкой обойдется гораздо дешевле, чем с обрушением и профилактическим заиливанием.

Д. Другие мероприятия по созданию условий, препятствующих возникновению и распространению подземных пожаров. Из других мероприятий, достаточно проверенных практикой и рекомендуемых „Правилами безопасности“, следует отметить: а) вскрытие мощных крутопадающих и наклонных пластов участковыми (промежуточными) квершлагами; б) разработка мощных пластов обособленными выемочными участками; в) выемка участка обратным ходом (от границ его); г) ограничение величины выемочного участка мощного пласта по простиранию 200—400 м в целях отработки участка в небольшой срок времени (6—8 месяцев); д) интенсивность ведения очистных работ; е) нисходящий порядок выемки слоев при слоевых системах разработки с закладкой выработанного пространства.

## Выводы

1. Профилактические мероприятия по подземным пожарам должны определяться характером факторов, способствующих возникновению эндогенных пожаров и степенью пожароопасности пластов. Тип противопожарных мероприятий и их объем зависит от величины ожидаемых пожарных очагов, возможности их распространения по простиранию и падению пластов.

2. Нагревание и самовозгорание угля в условиях подземной разработки возникают в местах значительных скоплений угля (раздавленных целиках и отбитом угле). Наибольшую опасность в пожарном отношении представляют междуучастковые целики, междуэтажные и уголь, оставленный в выработанном пространстве вследствие неполноты выемки и аварий.

3. Все противопожарные мероприятия могут быть разделены на пять групп: 1) мероприятия по недопущению оставления угля в выработанном пространстве; 2) мероприятия по созданию условий, препятствующих аккумуляции тепла при окислении угля; 3) мероприятия по прекращению и сокращению поступления воздуха к угольным скоплениям; 4) мероприятия по обработке угля, оставленного в выработанном пространстве, приводящие в состояние, исключающее самовозгорание, и 5) другие мероприятия.

4. Основными профилактическими мероприятиями для предупреждения возникновения пожаров на мощных пластах следует рекомендовать: 1) пе-

реход на системы разработки с закладкой (для устранения потерь угля); 2) вскрытие пластов промежуточными квершлагами; 3) разработка пластов обособленными участками 200—400 м по простиранию; 4) выемка участков обратным ходом, т. е. от границ их; 5) интенсивное ведение очистных работ; 6) изоляция выработанного пространства со стороны подземных горных выработок, а также с дневной поверхности и 7) профилактическое заиливание выработанного пространства, целиков и отдельных скоплений угля (детально мероприятия по заиливанию указаны ниже в п.п. 6—9).

5. Выработанное пространство участков, верхних горизонтов, где применялись системы с обрушением, необходимо подвергать профилактическому заиливанию на всю высоту этажа. На нижних горизонтах переход на заиливание только нижней половины этажа допустим тогда, когда опыты подтвердят эффективность такого способа заиливания.

6. После отработки выемочных участков мощных пластов системами с закладкой ниже горизонта, где применялись системы с обрушением, заиливание необходимо производить на границах участка по простиранию 20 м, на площади всего междуэтажного целика, который является очень опасным в пожарном отношении, а также и в тех местах, где оставлен уголь в значительных скоплениях вследствие неполноты выемки и аварий при горных работах.

7. При отработке выемочных участков системами с закладкой следует добиваться полной выемки угля из целиков над основным штреком. В этом случае при эксплуатации нижележащего горизонта отпадает необходимость оставлять междуэтажный целик над вентиляционным штреком.

8. Для первого горизонта работ с закладкой под этажом, где применялись системы с обрушением, ввиду большого объема работ по заиливанию междуэтажного целика, следует иметь крупные заилочные установки с приготовлением пульпы на поверхности.

9. Заиливание отдельных скоплений угля при разработке системами с закладкой целесообразно производить при помощи подземных передвижных заилителей. В этом случае центральные заилочные установки с приготовлением пульпы на земной поверхности не потребуются, если выемочные участки не имеют междуэтажного целика, а уголь над основным штреком взят без потерь.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Директивы XIX съезда партии по пятому пятилетнему плану развития СССР на 1951—1955 годы. Госполитиздат, 1953.
2. С к о ч и н с к и й А. А. и О г и е в с к и й В. И. Рудничные пожары. Гостоптехиздат, 1946.
3. Г о р б а ч е в Т. Ф. Пути совершенствования систем разработки мощных крутопадающих пластов Южного Кузбасса. Углетехиздат, 1949.
4. Б у з и к о в М. Д. Предупреждение эндогенных пожаров на мощных каменноугольных пластах Южного Кузбасса. Углетехиздат, 1949.
5. М а е в с к а я В. М. Основные показатели склонности углей к самовозгоранию. Бюллетень МакНИИ, № 16, 1947.
6. К о в а ч е в и ч П. М., П а р у с и м о в В. Ф. и Щ е п о т ь е в К. Н. Опыт внедрения нового метода противопожарной профилактики на мощных крутопадающих пластах. «Уголь», № 7, 1950.
7. Правила безопасности в угольных и сланцевых шахтах. Углетехиздат, 1953.