Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. L, вып. 1, 1965 г.

ВЛИЯНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ВОЗНИКНОВЕНИЕ ЭНДОГЕННЫХ ПОЖАРОВ

Л. П. Томашевский

На вентиляционный режим шахт, особенно при активной аэродинамической связи выработанных пространств с поверхностью, существенное влияние оказывает изменение метеорологических факторов: барометрического давления, температуры и влажности воздуха.

Изучение литературных источников и анализ статистических данных об эндогенных пожарах при разработке мощных пластов угля в Кузбассе и других угольных бассейнах показывают, что в осенне-зимний период пожары возникают чаще, чем в остальное время года [1, 2, 3]. Так, в Карагандинском бассейне наиболее пожароопасными являются ноябрь, декабрь, январь и февраль [4]. Распределение эндогенных пожаров по другим месяцам примерно равномерное при наименьшем числе в июне. В Челябинском бассейне, по даным К. М. Ремизова, в октябре — марте возникает эндогенных пожаров в 1,5 раза больше, чем в остальные месяцы года [5].

Рассмотрим влияние метеорологических факторов на самовозгорание угля в холодное время года на примере Прокопьевского месторождения Кузбасса.

Всего в Прокопьевском районе Кузбасса разрабатывается около 20 угольных пластов. Наиболее пожароопасны пласты Мощный, IV Внутренний и Горелый, где происходит около 75% всех эндогенных пожаров, в то время как участие этих пластов в добыче угля не превышает 50%. За исключением этих трех мощных пластов, представленных углями, склонными к самовозгоранию, на остальных пластах эндогенные пожары возникают главным образом в местах увеличения их мощности и геологических нарушений.

За 1953—1962 гг. в Прокопьевском районе возникло 184 пожара от самовозгорания угля при отработке мощных пластов крутого и наклонного падения (табл. 1). Наименьшее число пожаров возникло в феврале и июле, а наибольшее — в апреле (47,3%), октябре — декабре. Иногда отмечаются отклонения от этой закономерности. Так, в 1962 г. в феврале и августе не возникло ни одного эндогенного пожара, но в марте, апреле и ноябре их было 14.

Многочисленными шахтными наблюдениями установлено, что нестационарный вентиляционный режим выемочного участка при сложных схемах проветривания влияет главным образом на раздавленный и измельченный уголь, оставляемый в виде потерь в выработанном пространстве. На изменение вентиляционного и газотемпературного режимов оказывает влияние совокупность факторов: ухудшение изоляции выработанных пространств, связанное с сокращением или прекращением работ по засыпке провалов на земной поверхности и с уменьшением объема профи-

Таблица 1

Распределение эндогенных пожаров в году

Год	Число пожаров по месяцам												Всего
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
1953	2	—	2	2	—	1	—	—	1	—	—	2	10
1954	—	—	1	1	1	—	—	2	—	—	2	—	7
1955	—	—	—	1	—	—	—	3	1	—	2	—	7
1956	1	—	—	1	1	2	—	1	—	3	2	4	15
1957	—	1	1	3	—	—	2	—	2	3	4	2	18
1958	1	1	1	1	—	2	2	2	—	2	1	3	16
1959	4	1	5	2	4	2	—	5	3	5	2	3	36
1960	1	—	1	2	2	4	1	3	1	3	4	3	25
1961	3	1	1	3	2	1	1	1	2	1	3	5	24
1962	1	—	4	5	2	2	2	—	3	1	5	1	26
Всего	13	4	16	21	12	14	8	17	13	18	25	23	184

лактического заиливания; возрастание депрессии естественной тяги и, как следствие, увеличение количества воздуха, поступающего в выработанные пространства; непостоянство атмосферного давления как по амплитуде, так и по частоте колебаний; изменение влажности рудничного воздуха.

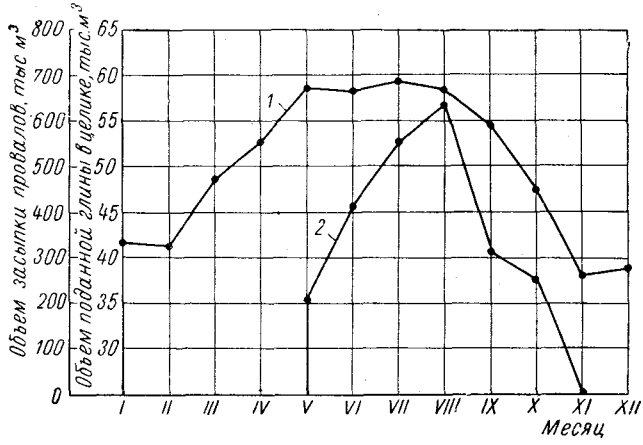


Рис. 1. Распределение выполненного объема работ в 1962 г. на шахтах треста Прокопьевскуголь.

Трудность изоляции со стороны действующих выработок при разработке мощных самовозгорающихся пластов крутого и наклонного падения системами с обрушением кровли обусловлена большой мощностью и сближенностью разрабатываемых пластов, что приводит к трещинообразованию и раздавливанию целиков угля, в которых устанавливаются изоляционные перемычки. Сложность изоляции с земной поверхности осложняется постоянным и систематическим образованием и углублением провалов, дальнейшим развитием трещин, а также отсутствием в большинстве случаев достаточной мощности наносов, необходимых для засыпки провалов.

Для предупреждения и тушения подземных пожаров применяется профилактическое заиливание. Практика горных работ показала, что заиливание глинистой пульпой консистенции Т : Ж, равной 1 : 6 — 1 : 7

и более, улучшает изоляцию выработанных пространств. Наибольшая эффективность достигается при подаче заиловочной пульпы по подземным пульпопроводам при изоляции выработанных пространств двойными перемычками [6]. Однако объем заиловочной глины для профилактических целей и тушения пожаров в течение года подается в шахту неравномерно и значительно снижается в холодное время года, что связано с осложнением добычи и транспортирования глины при низких температурах. Работы по засыпке провалов производятся сезонно — в основном с мая по октябрь.

Как видно из рис. 1, засыпка провалов на поверхности (кривая *2*) производится только 6 месяцев, а объем заиловочных работ (кривая *1*) в ноябре — феврале снижается примерно в 1,5 раза по сравнению с летними месяцами. Такое распределение объемов работ по месяцам повторяется ежегодно на протяжении многих лет, вследствие чего изоляция выработанных пространств от земной поверхности на шахтах Прокопьевского района в период ноябрь — апрель значительно ухудшается, что способствует увеличению утечек воздуха и интенсификации очагов самовозгорания угля.

Наибольшая глубина разработки Прокопьевско-Киселевского месторождения достигает 350 *м*, а средняя — не превышает 200 *м*. Принимая во внимание, что в зимнее время поступающая струя подогревается до 2—10° С и температура исходящей вентиляционной струи в стволах и шурфах составляет 12—14° С, величина максимальной естественной тяги достигает 92—130 *н/м*^{2}. Под действием естественной тяги в холодные месяцы года при неизменном режиме работы поверхностных вентиляторов приток свежего воздуха в шахту несколько увеличивается. В различных шахтах это увеличение неодинаково. По шахтам № 5, 13, «Зиминка-Капитальная», «Зенковские уклоны» в ноябре — марте дебит воздуха увеличивается на 6—8%. При этом в шахты поступает на 500—800 *м*^{3}*/мин* воздуха больше, чем в теплое время года. Депрессия или компрессия на этих шахтах составляет 440—1670 *н/м*^{2}, а общее эквивалентное отверстие шахт достигает 7,5—9 *м*^{2}.

На некоторых шахтах, например «Коксовой-II», дебит воздуха заметно не изменяется в связи с сезонными климатическими изменениями (табл. 2). Это объясняется тем, что депрессия на вентиляторах здесь составляет 2900—3000 *н/м*^{2}, а общее эквивалентное отверстие шахты 4,2 *м*^{2}. Глубина горных работ достигает 270 *м*, изоляция выработанных пространств с поверхности относительно хорошая. Постоянство вентиляционного режима, несмотря на большую депрессию главных вентиляторов, позволяет предупреждать возникновение эндогенных пожаров по шахте уже в течение трех лет. Не обнаруживается сезонного изменения дебита воздуха и по таким шахтам, как «Коксовая-I», № 3-3бис.

Таблица 2

Дебит воздуха и утечки на шахте «Коксовая-II» (1963 г.)

Место замера	Количество воздуха до месяцам						
	I	II	III	IV	V	VI	VII
Общая поступающая струя, *м*^{3}*/мин*	10310	10420	10100	10220	10060	10200	9750
Общая исходящая струя, *м*^{3}*/мин*	11910	11640	11630	11240	11350	11700	11660
Подземные утечки, %	13,5	10,5	13,2	9,1	11,3	12,8	16,5

При наличии активной аэродинамической связи выработанных пространств с земной поверхностью, особенно в ноябре — апреле, когда провалы не засыпаются, на выемочных участках при отработке их щитовой системой возникает местная естественная тяга, которая существенно

увеличивает прососы воздуха через провалы в шахту. Холодный воздух охлаждает обрушенные породы и нагревается. Конечная его температура зависит от глубины вентиляционного горизонта, глубины и размеров провала, температуры горных пород, а также количества и скорости проходящего воздуха. При небольших прососах воздуха и отсутствии очагов самонагревания температура воздуха в связи с малой теплоемкостью омываемых пород понижается зимой лишь на 1—2° С против среднегодовой. При образовании больших провалов на поверхности осенью — зимой прососы воздуха на отдельных выемочных участках достигают 150—300 $м^3/мин$. Такое количество воздуха не успевает нагреваться, и его температура на вентиляционном горизонте у места смешивания двух струй составляет 4—6° С, а иногда и ниже.

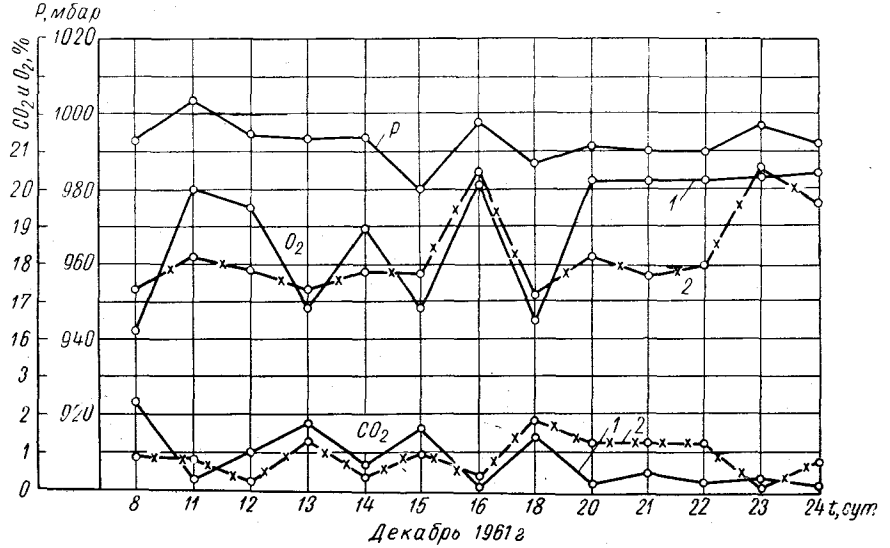


Рис. 2. Зависимость концентрации газов в выработанных пространствах от изменения атмосферного давления p на шахте № 3-3бис.

1 — за перемычкой № 2534 пласта Мощного; *2* — за перемычкой № 2762 пласта Горелого.

Таким образом, для Прокопьевско-Киселевского месторождения характерно возникновение в холодное время года местной естественной тяги через провалы на поверхности. Прососы воздуха при этом способствуют активному газообмену в выработанных пространствах и нередко являются причиной самовозгорания угля.

Как известно, между изменением атмосферного давления и выделением из-за перемычек в действующие горные выработки газов, способствующих пожару, существует определенная связь. При падении давления возрастает выделение из-за перемычек продуктов окисления угля вследствие увеличения объема газов в выработанном пространстве, а при повышении давления атмосфера выработанных пространств обогащается свежим воздухом, что приводит к изменению состава воздуха за перемычкой. Как видно из рис. 2, концентрация кислорода и углекислоты изменяется вслед за изменением барометрического давления, иногда с некоторым запозданием.

Наблюдения за изменением состава атмосферы выработанных пространств, вызванным колебаниями барометрического давления, приводят к заключению, что резкое изменение барометрического давления оказывает существенное влияние на состав атмосферы. При этом в действующие горные выработки из выработанного пространства, или наоборот,

перемещаются большие массы воздуха, что может стать причиной самовозгорания угля.

Как следует из данных метеорологических наблюдений по Южному Кузбассу за 1962 г. (рис. 3), в холодные месяцы (ноябрь — март) происходят более интенсивные колебания атмосферного давления как по величине амплитуды, так и по числу колебаний. Амплитуда колебаний имеет минимумы в январе и июле. По материалам метеорологических наблюдений за последние десять лет, зимний минимум амплитуды колебаний атмосферного давления чаще наблюдается в феврале, что совпадает с минимальным количеством самовозгорания угля.

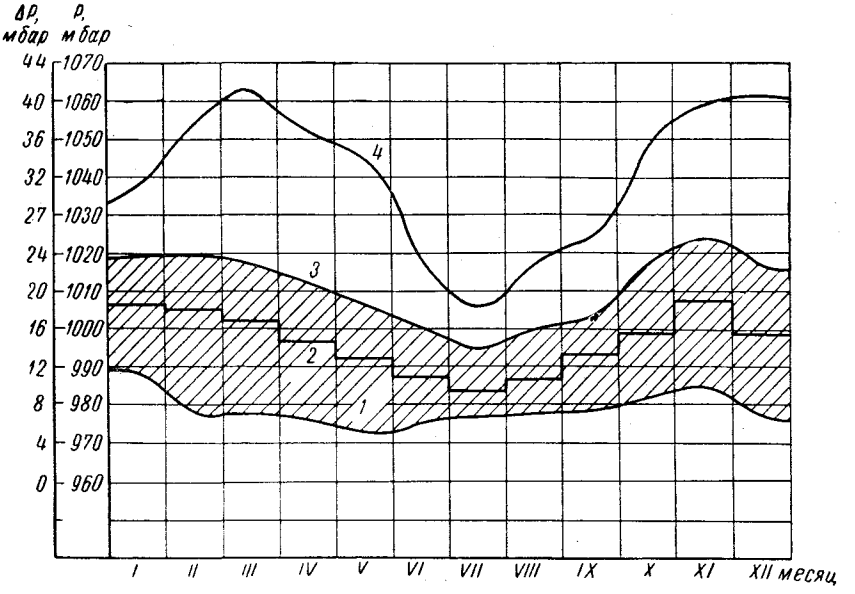


Рис. 3. Атмосферное давление в Южном Кузбассе в 1962 г.

1 — минимальное месячное; *2* — среднемесячное; *3* — максимальное месячное; *4* — амплитуда колебаний.

С понижением температуры наружного воздуха уменьшается его абсолютная влажность, поэтому в холодное время года с воздухом в шахту вносится значительно меньше влаги, чем выносится исходящей струей на поверхность. Зимой в шахты подается подогретый воздух, относительная влажность которого в околоствольном дворе 30—40% и ниже. Поэтому при прохождении вентиляционной струи по горным выработкам и через выработанные пространства происходит интенсивное насыщение воздуха влагой. Колебание температуры рудничного воздуха в шахте в течение года (рис. 4) незначительно, особенно на исходящих струях. По нашим наблюдениям, оно не превышает 5—6° С. Незначительно также и колебание влажности воздуха исходящей струи в вентиляционных стволах и шурфах: в течение года 92—100%.

Как известно, влага, попадая в развитые очаги самонагревания, усиливает влияние кислорода воздуха на уголь и способствует его окислению и самовозгоранию [7—10].

Исследования В. С. Веселовского, Е. А. Терпогосовой и Н. Д. Алексеевой показали, что вода вызывает набухание окисленного слоя на стенках микротрещин в куске угля, вследствие чего трещины расклиниваются и разрастаются [9]. Это приводит к увеличению реагирующей поверхности угля, что и ускоряет его окисление.

В выработанные пространства шахт Прокопьевско-Киселевского месторождения попадает большое количество воды при заиловочных рабо-

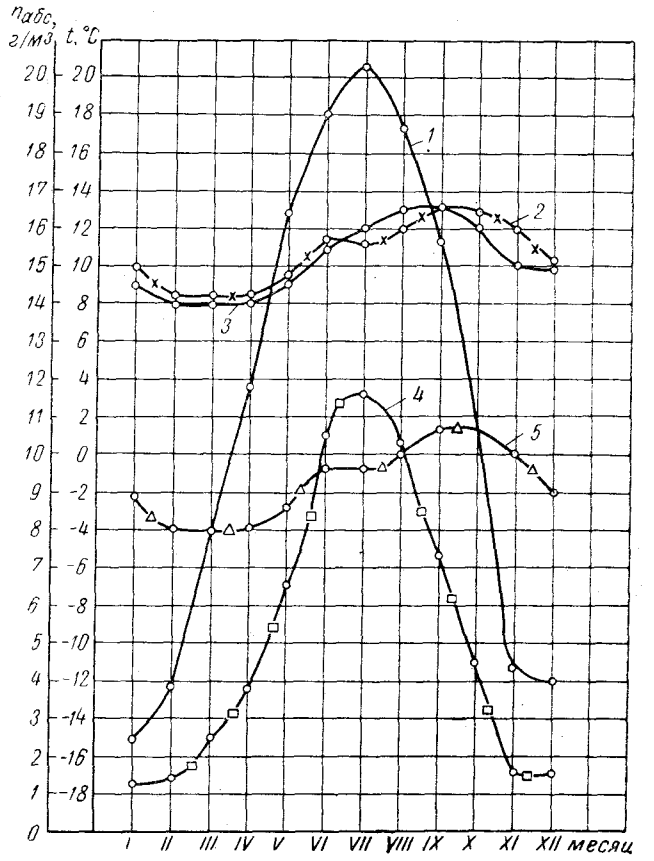


Рис. 4. Изменение среднемесячной температуры (*1* — на поверхности; *2* — исходящей струи; *3* — поступающей струи) и абсолютной влажности $n_{абс}$ (*4* — среднемесячной абсолютной влажности на поверхности; *5* — абсолютной влажности в исходящей струе) на шахте № 3-Збис в 1962 г.

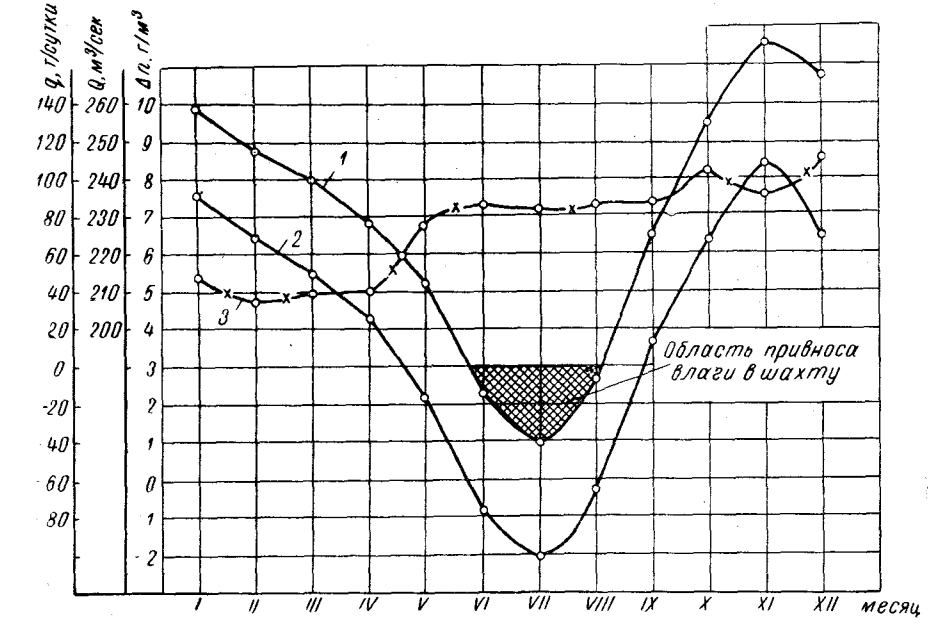


Рис. 5. Вынос влаги вентиляционной струей по шахте № 3-Збис.

1 — среднесуточный вынос влаги q с исходящей струей; *2* — приращение абсолютной влажности Δn в исходящей струе относительно поступающей; *3* — среднемесячное количество воздуха Q на исходящей струе.

тах, а также через провалы за счет атмосферных осадков главным образом в сентябре — октябре и таяния снегов в марте — апреле.

Непременным условием самовозгорания и интенсивного окисления угля при высоких температурах является также испарение влаги, так как при этом все поры и трещины в угле, а также пространство между отдельными кусками очищаются от продуктов окисления, уголь становится более активным к кислороду воздуха и способным к дальнейшему окислению.

Как показали наши наблюдения на шахте № 3-3бис (рис. 5), интенсивный вынос влаги вентиляционной струей происходит в сентябре — апреле, достигая в ноябре — январе, т. е. в период возникновения наибольшего числа эндогенных пожаров (см. табл. 1), 140—170 *т/сутки*.

Таким образом, проникновение воды в выработанное пространство с поверхности, а также интенсивное испарение влаги в горных выработках и в выработанном пространстве при протекании воздушного потока оказывает интенсифицирующее влияние на процессы самовозгорания.

ВЫВОДЫ

1. Основной причиной увеличения числа эндогенных пожаров в холодное время года является изменение вентиляционного режима под влиянием метеорологических элементов и нарушения изоляции выработанных пространств от земной поверхности.

2. Через провалы с поверхности действует местная естественная тяга, которая в холодное время года значительно увеличивает прососы воздуха в выработанное пространство и способствует самовозгоранию угля. Для уменьшения просасывания воздуха обортовку и засыпку провалов необходимо производить круглогодично.

3. Максимальное количество случаев самовозгорания наблюдается в месяцы наибольшей амплитуды колебаний барометрического давления.

4. Увлажнение угля в выработанном пространстве водой, проникающей с поверхности, и последующее интенсивное ее испарение под воздействием вентиляционной струи следует рассматривать как фактор, способствующий самовозгоранию угля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Манукян П. А. Подземные пожары в угольных шахтах. Углетехиздат, 1947.
2. Захаров А. Б., Судакович Л. С. Эндогенные пожары на шахтах Кузбасса. Углетехиздат, 1954.
3. Дмитрук Н. Ф., Эйнер Ф. Ф., Ремизов К. М., Рыкова З. Л. Борьба с подземными пожарами от самовозгорания угля. ЦИТИугля, 1962.
4. Кременчуцкий Н. Ф., Гуменюк Т. Е., Иванов В. А., Яценко И. С. Предупреждение эндогенных пожаров в шахтах промышленного участка Карагандинского бассейна. Изв. вузов, Горный журнал, 1961, № 12.
5. Ремизов К. М. Профилактика и тушение эндогенных пожаров в Челябинском бассейне. Сб. «Профилактика и тушение подземных пожаров». ЦИТИугля, 1960.
6. Томашевский Л. П., Мурашев В. И., Моисеев В. А. Противопожарная изоляция выработанных пространств двойными перемычками. Безопасность труда в промышленности, 1962, № 12.
7. Смирнова А. В., Шубников А. К. Влияние влаги на процессы окисления ископаемых углей. Химия и технология топлива и масел, 1957, № 5.
8. Сперанский Б. А. Влияние влаги на самовозгорание подмосковного угля. Сб. научн. тр. Ивановского энерг. ин-та, 1955, вып. VI.
9. Веселовский В. С., Терпогосова Е. А., Алексеева Н. Д. Кинетика сорбции кислорода измельченным углем при низких температурах. Научн. сообщ. ИГД АН СССР, 1961, вып. XI.
10. Migdalski H. Bergbautechnik, 1957, № 1.
11. Wolowczyk P. Bergakademie, 1960, № 1.