

Н.А. Дрижд, Р.К. Камаров, Т.К. Исабек, В.С. Портнов

ТЕХНОЛОГИИ ПОДАВЛЕНИЯ СЕРОСОДЕРЖАЩИХ ГАЗОВ ПРИ ВЕДЕНИИ ГОРНЫХ РАБОТ

Рассмотрены вопросы обнаружения зон с серосодержащими газами при отработке угольных пластов. Доказаны и обоснованы промышленными испытаниями и внедрением в шахтных условиях технологии подавления серосодержащих газов с применением хладагентов, газопоглощающих и нейтрализующих гидроксидно-глицериновых, гидроксидно-триэтиленгликолевых составов и подмыльных щелоков. Установлены параметры разработанных технологий, области их применения.

ТЕХНОЛОГІЇ ПОДАВЛЕННЯ СІРКОВІСНИХ ГАЗІВ ПРИ ВЕДЕННІ ГІРНИЧИХ РОБІТ

Розглянуто питання виявлення зон із сірковмісними газами при відробці вугільних пластів. Доведено й обґрунтовано промисловими випробуваннями та впровадженням у шахтних умовах технології подавлення сірковмісних газів із застосуванням холодоагентів, газопоглинальних і нейтралізуючих гідроксидно-глицеринових, гідроксидно-тріетиленгліколевих складів і підмільних щолоків. Установлено параметри розроблених технологій, галузі їх застосування.

REDUCTION TECHNOLOGIES OF SULFUR-CONTAINING GASES DURING MINING OPERATIONS

In article issues about detection of zones with sulfur-containing gases during mining of coal seams are reviewed. Industrial tests and implementations in mine conditions of suppression technology with using sulfur-containing gases refrigerants and neutralizing hydroxide – glycerol, triethylene – hydroxide compounds and lye change are proved and substantiated. Parameters of developed technologies, areas of their application are established.

ВВЕДЕНИЕ

В угольных шахтах выделяются вредные примеси воздуха (помимо метана) – сероводород (H_2S), сернистый газ (SO_2), окись углерода (CO) и др.

В Карагандинском бассейне выделение серосодержащих газов наблюдалось на шахтах им. В.И. Ленина, «Молодежная», «Казахстанская», «Степная», «Шахтинская», им. М.И. Калинина, «Чурубай-Нурина», «Абайская», им. Т. Кузембае-

ва. Выделение этих газов приурочено к пласту d_6 Долинской свиты и к пластам k_{16} , k_{12} и k_{10} – Карагандинской свиты.

В основном случаи проявления серосодержащих газов в Карагандинском бассейне наблюдаются до глубины горных работ не более 220 – 250 м. Однако имели место случаи на шахтах «Молодежная» и «Казахстанская», когда содержание этих газов в пласте отмечалось на глубинах 320 и 476 м соответственно. Обычно серосодержащие газы встречаются в пласте в виде «гнезд» с

размерами в плоскости пласта от 150 до 600 м.

Сероводород и сернистый газ в угольных пластах находятся в основном в сорбированном состоянии.

По токсичности и вредному воздействию на организм человека наиболее опасны серосодержащие газы (сероводород и сернистый газ), предельно допустимые концентрации (ПДК) которых в рудничном воздухе строго регламентированы действующими правилами безопасности. Выделение ядовитых газов наряду с ухудшением санитарно-гигиенических условий труда приводит к остановке лав, нарушению ритмичности их работы, а это, в свою очередь, усложняет процесс добычи угля.

Газовыми съемками установлено, что проявление серосодержащих газов в очистном и подготовительном забоях связано с выемкой угля, доставкой и транспортировкой его по участковым выработкам, зачисткой почвы от недопогруженной массы угля. Проявления серосодержащих газов имеют локальный характер с ограниченными размерами по падению и простиранию угольных пластов.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СЕРОВОДОРОДНЫХ ЗОН И КОНТРОЛЬ СОДЕРЖАНИЯ СЕРОВОДОРОДА И СЕРНИСТОГО ГАЗА В АТМОСФЕРЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Выявление зон, опасных по выделению серосодержащих газов, должно производиться геолого-маркшейдерскими службами шахт по данным геолого-разведочных работ и в процессе проведения подготовительных выработок. При обнаружении запаха серосодержащих газов должны быть произведены измерения концентрации этих газов в атмосфере горных выработок и отбор проб угля на газоносность со свежообнаженной поверхности пласта.

Концентрация серосодержащих газов определяется экспресс-методом при помощи аспирационного газоопределителя ГХ-5 и индикаторных трубок для соответст-

вующего газа. Принцип действия газоопределителя основан на изменении окраски массы наполнителя индикаторных трубок при взаимодействии с исследуемыми газами. Длина окрашенного слоя в индикаторной трубке является функцией концентрации.

Порядок измерения концентрации серосодержащих газов следующий. В штуцер аспирационного газоопределителя вставляется индикаторная трубка для исследуемого газа с предварительно обломанными концами. Трубка вставляется в штуцер прибора ГХ-5 стрелкой, указывающей направление движения прокачиваемого рудничного воздуха, в сторону аспиратора. Через индикаторную трубку пропускается 1 л газовой смеси, что соответствует 10 сжатиям аспиратора. Для определения концентрации газа индикаторную трубку извлекают из аспиратора и совмещают градуированную часть трубки с измерительной шкалой, имеющейся на упаковочном футляре, и производят отсчет концентрации исследуемого газа по усредненной границе окрашенного слоя наполнителя. При этом, если длина окрашенного слоя наполнителя превысит градуированную часть индикаторной трубки, производится повторное измерение концентрации газа с новой индикаторной трубкой при уменьшенном количестве прокачиваний. В этом случае истинная концентрация газа в пункте измерений определяется по формуле

$$C = \frac{C_3 \cdot 10}{n}, \%, \quad (1)$$

где C – истинная концентрация газа, %;

C_3 – измеренная концентрация газа, %;

n – количество прокачиваний газовой смеси через индикаторную трубку.

Газоносность угля по серосодержащим газам определяется в лабораторных условиях по угольным пробам, отобраным в подготовительных выработках, путем отнесения извлеченного объема газа к весу пробы. Отбор проб угля производится работниками шахты со свежообнаженной по-

верхности пласта. При этом уголь разбивается на куски размером 25 – 30 мм, помещается в стеклянные сосуды емкостью 0,5 л и закрывается резиновой пробкой с закрытой газоотводной трубкой. Количество проб должно быть не менее двух из одного места отбора. Каждая проба сопровождается адресной этикеткой и доставляется в лабораторию не позднее двух суток с момента отбора пробы.

В целях обеспечения контроля и борьбы с серосодержащими газами, создания безопасных условий труда на шахтах необходимо ежемесячно проверять состав рудничной атмосферы во всех очистных и подготовительных забоях, проводимых по угольным пластам, на содержание сероводорода и сернистого газа. Порядок ежемесячных проверок и передачи информации о содержании газов осуществляется в соответствии с требованиями «Инструкции ...» к §§ 159 и 221 ПБ.

Проверки состава воздуха на сероводород и сернистый газ включаются в квартальные планы проверки состава воздуха. Результаты проверки воздуха заносятся в «Журнал контроля рудничной атмосферы на содержание сероводорода».

При обнаружении серосодержащих газов в рудничной атмосфере очистных и подготовительных выработок устанавливается ежесуточный контроль силами участка ВТБ, дополнительно производится проверка воздуха на рабочих местах машинистов горно-выемочных машин. С результатами замеров необходимо ознакомить начальников горно-подготовительных и добычных участков под роспись.

Шахтная геологическая служба при подходе к зонам распространения сероводорода, отмеченных в геологоразведочных отчетах (заключениях), или при внезапном обнаружении запаха сероводорода в забоях горных выработок, производит совместный с представителем участка ВТБ отбор проб на определение содержания сероводорода и устанавливает уточненную границу распространения последнего.

Граница сероводородной зоны наносится на основные планы горных работ шахты пунктирной линией красного цвета (длина штриха 8,0 мм, толщина линии 0,4 мм) с закрашиванием площади зоны в бледно-зеленый цвет и указанием символа H_2S (см. рис. 1).

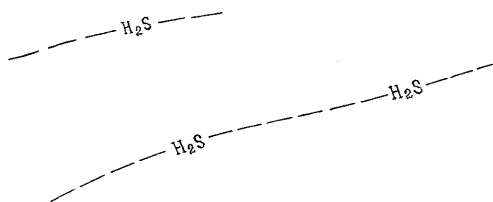


Рис. 1. Пример нанесения сероводородной зоны

СПОСОБЫ БОРЬБЫ С СЕРОСОДЕРЖАЩИМИ ГАЗАМИ

Концентрация токсичных газов в рудничной атмосфере и их вредное воздействие на организм человека могут быть снижены путем осуществления организационно-технических мероприятий: сокращение продолжительности рабочей смены с 6 до 4 ч; ограничение пребывания рабочих на исходящей из лавы струе воздуха до 2-х часов. Допускается пребывание людей на исходящей струе через 10 – 15 минут после снятия стружки угля; применение защитных очков и противопыльных респираторов; попеременная работа двух комбайнеров в добычные смены; уменьшение нагрузки на очистной забой; равномерная работа комбайна по выемке угля в добычные смены; подача дополнительного количества воздуха на подсвеживание исходящей из лавы струи воздуха (увеличение количества воздуха в 2 раза приводит к двукратному снижению концентрации H_2S); направление движения комбайна при выемке угля должно совпадать с направлением движения струи воздуха по лаве; работы по зачистке производятся в направлении,

обратном движению комбайна при очистной выемке; расстановка людей производится таким образом, чтобы исключить возможность пребывания рабочих без производственной необходимости на исходящей струе воздуха (за комбайном по направлению движения воздуха). Прочие работы на исходящей из забоя струе воздуха производятся при неработающем комбайне.

Выбор способов борьбы с серосодержащими газами производится исходя из размеров опасной зоны, технологии ведения горных работ, объемов выделяющихся газов и др.

Для производства работ по борьбе с серосодержащими газами на шахте должен быть составлен паспорт, который содержит:

- выкопировку с плана горных работ с нанесением опасной по серосодержащим газам зоны;

- обоснование принятых способов борьбы с серосодержащими газами;

- расчет параметров принятых способов;
- схему расположения необходимого оборудования (скважины, емкости для нейтрализующих составов, трубопроводы и т.д.);

- вопросы техники безопасности при осуществлении работ по нейтрализации газов.

Паспорт составляется начальником участка совместно с главным технологом, согласовывается с участком ВТБ и утверждается главным инженером шахты.

С целью создания безопасных условий труда на шахтах Карагандинского бассейна опробованы известные способы: разбавление газов до ПДК средствами вентиляции, нейтрализация их в местах отбойки распылением растворов кальцинированной соды со смачивателем ДБ, растворов гидрата окиси кальция (гашеной извести), покрытие отбитого и транспортируемого угля пеной с добавкой технической соды, создание водяных завес и т.д. Использование их не дало положительных результатов ввиду больших объемов выделяющихся

газов. В связи с этим необходимо было изыскать и разработать новые, более эффективные способы борьбы с серосодержащими газами для обеспечения высокопроизводительной работы современных механизированных комплексов.

Исходя из особенностей выделения серосодержащих газов установлены возможные пути их нейтрализации с применением химических реагентов. При их выборе большое значение придавалось тому, чтобы они были нетоксичными, дешевыми, удобными в обращении, недефицитными, активно реагировали с сероводородом и сернистым газом.

По результатам проведенных исследований Карагандинским государственным техническим университетом разработаны следующие способы борьбы с серосодержащими газами в очистных и подготовительных выработках:

- способ очистки шахтной атмосферы от серосодержащих газов, включающий распыление в зоне выделения газов водного раствора глицерина ($C_3H_8O_3$) в концентрации 5 – 10%, адсорбирующего серосодержащие газы и улучшающие санитарно-гигиенические условия труда горнорабочих [1];

- состав для обработки газоносных горных пород, содержащих сероводород, включающий гидрат окиси щелочного металла (0,1 – 0,2%), триэтиленгликоль ($H(OCH_2CH_2)_3OH$) (0,5 – 1,0%) и воду, улучшающие санитарно-гигиенические условия труда горнорабочих за счет нейтрализации и адсорбции сероводорода [2];

- способ борьбы с серосодержащими газами при ведении очистных работ в угольных шахтах, включающий распыление в зоне выделения газов водного раствора глицерина (0,8 – 1,0%) и предварительную обработку угольного массива жидким азотом путем нагнетания его в скважины, которые бурят в массиве, причем отношение расстояния между скважинами к их диаметру составляет 33 – 44, улучшающие санитарно-гигиенические ус-

ловия труда горнорабочих за счет адсорбции серосодержащих газов и превращения ядовитых газов в жидкое или твердое состояние [3];

– состав для очистки шахтной атмосферы от серосодержащих газов, включающий глицерин (0,5 – 3,0%), гидроксид щелочного металла (0,1 – 0,2%) и воду, повышающие эффективность очистки шахтной атмосферы за счет адсорбции и нейтрализации ядовитых газов [4];

– способ очистки шахтной атмосферы от серосодержащих газов, включающий распыление в зоне выделения газов водного раствора жирной кислоты (0,5 – 1,0%), едкого натрия (0,1 – 0,3%), углекислого натрия (0,1 – 1,0%), хлористого натрия (11 – 12%) и воду (88,3 – 85,7%), улучшающие гигиенические условия труда горнорабочих за счет физико-химического воздействия на ядовитые газы [5].

Технология приготовления раствора глицерина заключается в следующем: определенное количество глицерина тщательно разводят водой в водяном баке, установленном у насоса, подающего воду к форсункам комбайна, т.е. используют имеющуюся в лаве типовую оросительную систему. Количество раствора берут из расчета 88 мл глицерина на 1 л воды. При таком соотношении глицерина и воды получают 10%-й раствор глицерина. Для приготовления 5%-го раствора берут 42 мл глицерина на 1 л воды.

При распылении раствора в атмосфере выработки и особенно в зоне работы режущих органов комбайна наряду с подавлением угольной пыли происходит контактирование серосодержащих газов с раствором глицерина, результатом которого является полная адсорбция серосодержащих газов. Расход раствора зависит от объема газов, выделяющихся в атмосферу горной выработки.

Применение водного раствора глицерина на шахте «Казахстанская» ПО «Карагандауголь» при отработке восточной лавы 134- d_6 -2В с протяженностью сероводо-

родной зоны 440 – 550 м позволило снизить содержание сероводорода на рабочих местах в 7 – 9 раз, что способствовало улучшению санитарно-гигиенических условий труда горнорабочих, увеличению нагрузки на лаву в 2,5 раза [6].

При приготовлении водного раствора гидрата окиси щелочного металла и триэтиленгликоля количество раствора берут из расчета 8,2 г триэтиленгликоля, 2 г гидрата окиси калия или натрия на 1 л раствора. При таком соотношении триэтиленгликоля, гидрата окиси щелочных металлов и воды получают 1,0%-й триэтиленгликоль, 0,2%-й гидрат окиси щелочных металлов. Для приготовления 0,5%-го триэтиленгликоля берут 4,1 г $H(OCH_2CH_2)_3 OH$, а 0,1%-го гидрата окиси щелочных металлов – 1 г KOH или $NaOH$ на 1 л раствора.

При распылении раствора в атмосфере выработки и особенно в зоне работы режущих органов комбайна наряду с подавлением угольной пыли происходит контактирование сероводорода с раствором триэтиленгликоля и гидрата окиси щелочных металлов, результатом которого является полная адсорбция и нейтрализация сероводорода.

Кроме того, состав можно использовать для предварительной обработки газоносных горных пород, содержащих сероводород, посредством бурения глубоких скважин и нагнетания в них предлагаемого состава.

В присутствии триэтиленгликоля небольшое содержание гидрата окиси щелочных металлов не проявляет раздражающего действия на организм человека.

При отработке выемочного участка лавы 264- d_6 -1В шахты «Казахстанская» ПО «Карагандауголь» было выявлено интенсивное выделение серосодержащих газов из отбываемого и транспортируемого угля на поверхность. Содержание сероводорода в шахтной атмосфере превышало допустимые Правилам безопасности нормы в 43 раза, т.е. достигало до 0,0284%. Для предотвращения интенсивного выде-

ления сероводорода из отбываемого и транспортируемого угля были проведены следующие работы. С вентиляционного промштрека по падению пласта в сторону конвейерного промштрека пробуривали глухие скважины длиной 80 м впереди и параллельно очистному забою для нагнетания хладагента. Диаметр скважины со-

ставлял 90 мм. Расстояние между скважинами для закачки хладагента составляло 3 – 4 м (см. рис. 2). Затем в пробуренные скважины производили закачку жидкого азота. Закачку хладагента осуществляли самотеком с помощью металлической воронки.



Рис. 2. Технология криогенного охлаждения пласта

Процесс охлаждения угольного массива продолжался 2 ч 35 мин, в течение которых было израсходовано 650 кг жидкого азота. По мере приближения линии очистного забоя к обработанной азотом зоны на 1,5 – 2 м производили закачку жидкого азота в следующую скважину. Охлаждение угольного массива производили до момента превращения серосодержащих газов в жидкое или твердое состояние. Экспериментально установлено, что кипение жидкого азота в скважине в результате контактирования с горными породами обеспечивает высокую эффективность охлаждения угольного массива и снижения выделения серосодержащих газов в шахтную атмо-

сферу.

До охлаждения угольного массива его увлажняли водой с целью подавления пыли. При этом расстояние между увлажняющими скважинами составляло 20 м. При подвигании очистного забоя по охлажденному участку концентрация сероводорода снизилась с 430 до 70 – 90 мг/м³. Для снижения концентрации серосодержащих газов в шахтной атмосфере до санитарных требований, проводили дополнительную обработку отбываемого угля распыленным водным раствором глицерина в концентрации 1,0%. В шахтных условиях для подачи глицерина в оросительную систему комбайна применен дозатор

смачивателя ДСУ-4, предназначенный ранее для автоматической добавки смачивателя ДБ к воде, используемой для смачивания пыли (см. рис. 3).

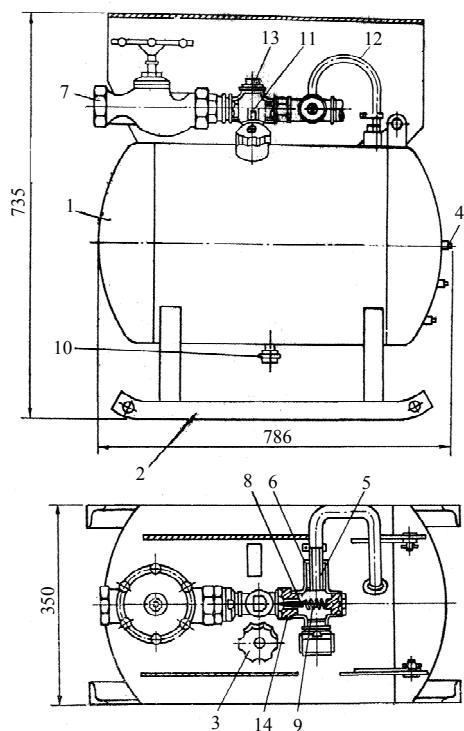


Рис. 3. Дозатор смачивателя участкового ДСУ-4: 1 – резервуар; 2 – салазки; 3 – крышка резервуара; 4 – отверстие уровня; 5 – сменная насадка; 6 – гайка; 7 – вентиль; 8 – поплавок; 9 – пружина; 10 – пробка сливного отверстия; 11 – фильтр; 12 – трубка; 13 – кран; 14 – сопло

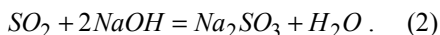
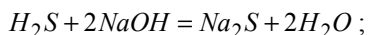
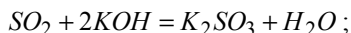
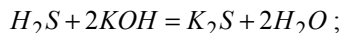
Дозатор представляет собой герметичный резервуар, в который через сетчатый фильтр заливается 98%-й глицерин. В шахте дозатор подсоединяется к участковому оросительному водопроводу при помощи резьбового соединения. Поток воды создает перепад давления у сопла, вследствие чего вода поступает в резервуар, вытесняя из него глицерин. Дозировка глицерина определяется размером отверстия сменной насадки. Сменная насадка с диа-

метром отверстия 8 мм обеспечивает дозировку глицерина 0,8 – 1,0%. При изменении расхода воды подпружиненный поплавок перемещается таким образом, что сохраняется определенный перепад давления воды, благодаря чему осуществляется точность дозировки глицерина при колебаниях расхода воды в широких пределах. Для контроля за уровнем глицерина резервуар дозатора снабжен пробковыми кранами.

Во время работы комбайна по сероводородной зоне дозированный глицерин подается на форсунки, установленные на комбайне. При распылении раствора в атмосфере выработки и особенно в зоне работы режущих органов комбайна наряду с подавлением угольной пыли происходит контактирование глицерина с остаточным объемом серосодержащих газов, результатом которого является полная адсорбция серосодержащих газов.

При приготовлении водного раствора глицерина и гидроксида щелочного металла количество раствора берут из расчета 4,2 г глицерина, 1,0 г гидроксида калия или натрия на 1 л раствора. При таком соотношении глицерина $C_3H_8O_3$, гидроксида калия KOH или натрия $NaOH$ и воды получают 0,5%-й $C_3H_8O_3$; 0,1%-й KOH или $NaOH$. Для приготовления 1,0%-го $C_3H_8O_3$ берут 8,8 г $C_3H_8O_3$; 0,2%-го KOH или $NaOH$ – 2 г гидроксида калия или натрия на 1 л раствора. Аналогично готовится раствор с 0,3%-м глицерином и 0,2%-м гидроксидом калия или натрия.

Эффективность предлагаемого состава определяется сочетанием двух процессов: физического – адсорбция глицерином серосодержащих газов, а также химического – связывания их катионами гидроксида калия или натрия до образования средних солей по реакциям:



Состав с нижним пределом глицерина (0,5%) и гидроксида щелочного металла (0,1%) рекомендуется при концентрации серосодержащих газов в рудничной атмосфере до 100 санитарных норм. Средний предел $C_3H_8O_3$ (1,5%) и $NaOH$ или KOH (0,2%) берется при содержании серосодержащих газов в рудничной атмосфере от 100 до 150 норм. Верхний предел глицерина (3,0%) и гидроксида щелочного металла (0,2%) берется при очистке шахтной атмосферы с исходной концентрацией серосодержащих газов 150 норм и более.

Состав для очистки шахтной атмосферы от сероводорода внедрен на шахте «Казахстанская» при отработке лав 254- d_6 -2В и 284- d_6 -1В. Содержание сероводорода в забое лав 254- d_6 -2В и 284- d_6 -1В превышало допустимые Правилами безопасности нормы в 30 – 100 и более раз. Повышенное содержание сероводорода ядовитого газа в рудничном воздухе привело к значительному снижению производительности труда вследствие ухудшения общефизического и психологического состояния горнорабочих, а также к частым остановкам комбайна, потере добычи угля. Растворы глицерина с едким натром подавались в зону резания угля, являющуюся наиболее интенсивным источником выделения ядовитых газов (сероводорода и сернистого газа). Подача раствора осуществлялась с помощью дозирующего устройства ДСУ-4 через систему орошения очистного комбайна 1 ГШ-68 (рис. 4).

Концентрация сероводорода определялась в различных пунктах: по длине лавы (по зарубке угля перед комбайном, по зачистке угля за комбайном), в выработках с исходящей струей воздуха из лавы, а также в выработках с поступающей струей. Одновременно замерялось количество воздуха, проходящего по сечению лавы. Концентрация H_2S определялась как при неработающем комбайне, так и во время его работы.

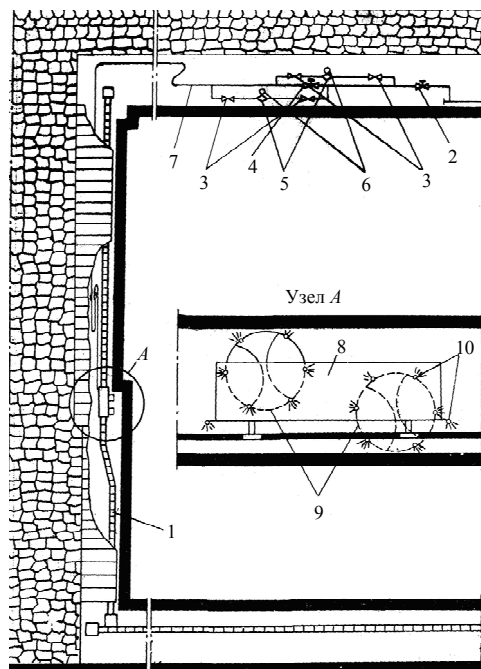


Рис. 4. Принципиальная схема установки для нейтрализации серосодержащих газов в очистном забое: 1 – забойный скрепковый конвейер; 2 – водяная задвижка; 3 – регулируемый вентиль; 4 – входной вентиль; 5 – дозаторные установки ДСУ-4; 6 – манометр; 7 – высоконапорный рукав; 8 – комбайн; 9 – шнеки; 10 – факел орошения

Общий расход двухкомпонентного раствора рассчитывается по формуле

$$M_p = \frac{K_{H_2S} \cdot Q_{\phi} \cdot C_{\phi} \cdot \gamma}{\rho_1 + \rho_2}, \text{ кг/мин, } (3)$$

где ρ_1 и ρ_2 – концентрация $C_3H_8O_3$ или $H(OCH_2CH_2)_3OH$ и KOH или $NaOH$ в растворе, %.

Величина K_{H_2S} при использовании однокомпонентного раствора принимается равной 25, а при применении двухкомпонентного раствора – 4,5.

Применение водного раствора глицерина в концентрации (0,8 – 1,0%), едкого натрия (0,1%) в местах интенсивного выделения ядовитых газов позволило снизить

содержание сероводорода на рабочих местах в 10 – 14 раз, обеспечить высокую скорость подачи комбайна и интенсивную выемку угля в очистном забое, что способствовало улучшению санитарно-гигиенических условий труда горнорабочих, увеличению нагрузки на лаву 1,8 – 2,5 раза [6].

При аномально высоком содержании серосодержащих газов в шахтной атмосфере, т.е. при превышении H_2S и SO_2 допустимые Правилами безопасности нормы в 100 и более раз, рекомендуется использование способа очистки шахтной атмосферы от серосодержащих газов, включающего распыление в зоне выделения газов водного раствора жирной кислоты (0,5 – 1,0%), едкого натрия (0,1 – 0,3%), углекислого натрия (0,1 – 1,0), хлористого натрия (11 – 12%) и воду (88,3 – 85,7%) [5].

Технология приготовления раствора в шахтных условиях (рис. 5) заключается в следующем: один кубометр исходного подмыльного щелока (отхода производства завода синтетических моющих средств (СМС) г. Шахтинска Карагандинской области), содержащий перечисленные выше, в массовой доле, разводят двумя кубометрами шахтной воды с противопожарного оросительного трубопровода (1), открывая вентиль фланцевый (2) в водяном баке емкости 3 м³ (3). При таком соотношении подмыльного щелока и шахтной воды получают реагент, содержащий следующие соотношение компонентов, в массовой доле, %: жирные кислоты (0,16 – 0,33), едкий натрий $NaOH$ (0,03 – 0,1), углекислый натрий Na_2SO_3 (0,03 – 0,33), хлористый натрий $NaCl$ (3,66 – 4,0) вода H_2O , остальное.

Затем полученный раствор с помощью насоса (4) подают через штрековый фильтр (5) для очистки раствора от механических примесей в забойный трубопровод (6), затем через комбайновый фильтр (7) к форсункам (8) оросительной системы шнеков (9) комбайна (10).

При распылении раствора в зоне работы режущих органов комбайна наряду с

подавлением угольной пыли происходит контактирование серосодержащих газов с раствором подмыльного щелока, т.е. с раствором жирных кислот, едкого натрия, углекислого натрия и хлористого натрия, результатом которого является адсорбция и нейтрализация серосодержащих газов.

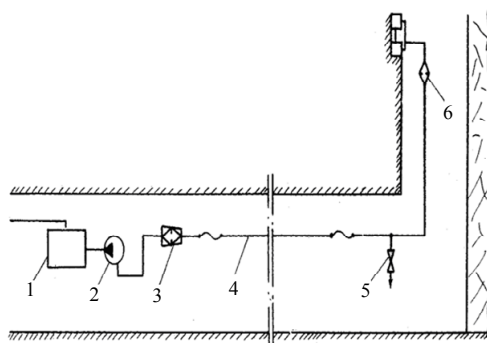


Рис. 5. Схема комплекса оборудования для системы гидроорошения выемочного комбайна раствором подмыльного щелока: 1 – емкость 2 – 3 м³; 2 – насос; 3 – фильтр штрековый; 4 – забойный водопровод; 5 – кран проходной для подачи раствора на пункт перегрузки; 6 – фильтр комбайновый

Эффективность нейтрализаций серосодержащих газов зависит и от системы орошения, установленной на комбайне, – типовой оросительной системы, пневмогидроорошения, эжекционного орошения.

Наиболее эффективным является метод подавления пыли, окруженной оболочкой из серосодержащего газа и выделяющегося из массива газа непосредственно в момент отделения угля от массива, поэтому на выемочных комбайнах подача орошающего раствора в зону разрушения угля через систему разводки в шнеках является обязательной. В проходческих забоях при проведении выработок через массив пласта, содержащий сероводород, желательным применением комбайнов типа ГПКС и КСП-32 с подачей орошающей жидкости «под-зубок» непосредственно в зону разрушения угля. Кроме того, эти комбайны должны иметь форсунки внешнего ороше-

ния, установленные на коллекторе.

При применении комбайнов типа ГПКС и КСП-32 желательно использовать системы пневмогидроорошения и эжекционного орошения, создающие вокруг коронки исполнительного органа сплошную замкнутую завесу из тонкодиспергированной воды.

Комплекс оборудования для подачи к комбайну орошающего раствора должен включать бак для приготовления раствора емкостью 2 – 3 м³ или дозирующее устройство ДСУ-4, насос для создания требуемого напора и подачи, фильтр штрековый для очистки раствора от механических примесей, забойный водопровод, фильтр комбайновый (см. рис. 5).

При применении на выемочном комбайне пневмогидроорошения необходимо обеспечить подачу сжатого воздуха к комбайну под давлением 0,3 – 0,5 МПа в коли-

честве 2 – 3 м³/мин. На комбайне должна быть установлена аппаратура АУПГО для регулирования давлений и соотношения сжатого воздуха и воды, смеситель и плотная завеса, работающая на воде под давлением 1,0 – 1,2 МПа, со стороны комбайна на исходящей струе воздуха. Завеса обеспечивает улавливание тумана и частиц пыли, предотвращение их распространение по выработке.

Комплекс оборудования для подачи орошающего раствора к проходческому комбайну аналогичен описанному, только возможно применение менее производительных насосов.

Эффективность предлагаемого способа определяется сочетанием двух процессов: физического – адсорбция жирными кислотами серосодержащих газов, а также химического – в составе подмыльного щелока имеются следующие кислоты:

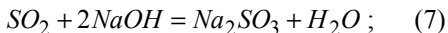
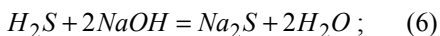


стеариновая кислота стеарат натрия
из хозяйственного мыла

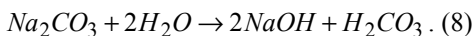


олеиновая кислота олеинат натрия
из туалетного мыла

– связывания их катионами гидроксида натрия до образования средних солей по реакциям



– процесса гидролиза углекислого натрия с образованием щелочной среды (водородный показатель $pH > 7$, среда щелочная)

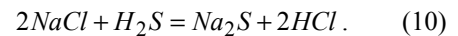
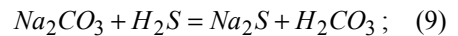


Щелочь, образующаяся при гидролизе Na_2SO_3 , также связывает сероводород и сернистый газ по приведенным выше урав-

нениям (5 и 6):

– хлористый натрий, присутствующий в растворе не гидролизуется ($pH \approx 7$, среда близка к нейтральной);

– входящие в состав подмыльного щелока Na_2SO_3 и $NaCl$ реагируют с сероводородом, превращая его в сульфиды



Наряду с нейтрализацией выделяющихся газов описанными выше методами необходимы также усиленное разбавление их средствами вентиляции, проветривание очистных забоев таким образом, чтобы на-

правление воздушной струи совпадало с направлением транспортирования угля.

Применение в комплексе перечисленных выше мер приведет к значительному снижению содержания сероводорода и сернистого газа в шахтных выработках, созданию безопасных условий труда горняков, достижению высоких технико-экономических показателей работы механизированных комплексов в неблагоприятных условиях.

Актуальность этих мероприятий заключается в том, что они позволяют надежно снизить содержание серосодержащих газов при разработке угольных пластов до предельно допустимой концентрации.

ВЫВОДЫ

Основными источниками серосодержащих газов при подземной разработке месторождений полезных ископаемых служат горный массив, включающий пласт или рудное тело, отбитая и транспортируемая горная масса, выработанное пространство и т. д.

К числу угольных пластов, содержащих сероводород, в Карагандинском бассейне относятся d_6 , k_{16-17} , k_{10} , k_{12} . При этом следует отметить, что наличие серы в пластах карагандинской, долинской и тентекской свит не может быть причиной выделения ядовитых серосодержащих газов.

На шахтах Карагандинского бассейна имеются многочисленные случаи выделения сероводорода, основные источники которого – комплексно-механизированные очистные забои. Какой-либо связи горно-технических факторов и технологических параметров с интенсивностью и периодом выделения сероводорода, очагами серосодержащих газов, зоной и площадью их выделения, содержанием ядовитых газов и т.д. не установлено. Как правило, наблюдались случаи внезапного выделения сероводорода и полного прекращения после кратковременного выделения без обнаружения каких-либо причин, сопутствующих

этим явлениям. Серосодержащие газы выделяются интенсивно в очистном и подготовительном забоях из отбитой и транспортируемой горной массы со значительными колебаниями газовыделения в различных точках.

Применение известных и новых физико-химических методов борьбы с серосодержащими газами, основанных на нейтрализации выделяющихся серосодержащих газов, ограничивается возможным образованием вредных остаточных продуктов химической реакции. Наиболее эффективные методы борьбы – низкотемпературное воздействие на массив пласта, позволяющее преобразовать ядовитые серосодержащие газы в жидкое или твердое состояние без вредных остаточных продуктов химической реакции, а также применение составов на глицериновой, гидроксидно-глицериновой и гидроксидно-триэтиленгликолевой основе, а также подмывный щелок.

Экспериментальные исследования скважинного способа закачки хладагента в условиях шахты «Казахстанская» при выемке пласта d_6 в зоне весьма интенсивного выделения сероводорода подтвердили ожидаемый эффект преобразования при низкотемпературном воздействии на массив серосодержащих газов в жидкое или твердое состояние за счет интенсивного испарения жидкого хладагента в процессе нарушения цельности угольного пласта и его разрушения при отбойке.

Значительный эффект от низкотемпературного метода воздействия на массив достигается благодаря резкому перепаду температуры между охлаждаемым массивом и хладагентом при интенсивном трещинообразовании массива в зоне опорного горного давления.

При разработке угольных пластов в зоне серосодержащих газов радиус распространения жидкого азота вокруг скважины составляет 1,5 – 2,0 м при перепаде температур – 90 ... – 100 °С. При этом температура вокруг скважины – 7 ...– 41 °С. В обработанной хладагентом зоне угольного

пласта выделение сероводорода в рудничную атмосферу снижается в 7 – 9 раз, что свидетельствует о высокой эффективности данного метода в очистных механизированных забоях. Кроме того, при применении метода низкотемпературного воздействия отсутствуют остаточные продукты химической реакции.

Промышленные испытания в очистных забоях шахты «Казахстанская» подтвердили, что даже в самых тяжелых условиях по сероводороду технология очистки шахтной атмосферы распылением водных растворов на основе глицерина намного превосходит известные способы борьбы с сероводородом и, возможно, является единственным эффективным способом при ожидаемом газовыделении H_2S от 14 до 100 норм.

В шахтах с меньшим уровнем выделения сероводорода этот способ по своей простоте, технологичности и отсутствию капитальных затрат значительно превосходит все остальные.

Промышленные испытания нового состава для очистки воздуха от сероводорода в проходческих забоях подтвердили, что при отработке зоны с аномально высоким содержанием сероводорода очистка шахтной атмосферы распылением водного раствора глицерина с каустической содой превосходит известные способы борьбы с сероводородом.

В результате выполненных исследований в шахтных и лабораторных условиях

были разработаны эффективные составы для борьбы с серосодержащими газами, основанные на их нейтрализации химическими реагентами: 1) состав для обработки газоносных горных пород, включающий водный раствор гидрата окиси щелочного металла концентрацией 0,1 – 0,2% и триэтиленгликоля – 0,5 – 1,0%, нейтрализующего и адсорбирующего сероводород в местах его интенсивного выделения; 2) состав, включающий водный раствор глицерина концентрацией 0,5 – 3,0% и гидроксида щелочного металла – 0,1 – 0,2%, адсорбирующего и нейтрализующего серосодержащие газы; 3) способ очистки шахтной атмосферы от серосодержащих газов, включающий распыление в зоне выделения газов водного раствора жирной кислоты (0,5 – 1,0%), едкого натрия (0,1 – 0,3%), углекислого натрия (0,1 – 1,0%), хлористого натрия (11 – 12%) и воду (88,3 – 85,7%), улучшающие гигиенические условия труда горнорабочих за счет физико-химического воздействия на ядовитые газы.

Разработанные экологически чистые технологии подавления серосодержащих газов при подземных горных работах достаточно просты, удобны для практического применения, экономически эффективны, обеспечивают чистоту шахтной атмосферы и окружающей среды, не оказывая вредного влияния на людей.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.с. 1138516 СССР, кл. E 21 F 5/06. Способ очистки шахтной атмосферы от серосодержащих газов / К.Н. Адилов, Н.А. Дрижд, А.А. Джакупов, Р.К. Камаров и др. (СССР). – 1985, Бюл. № 5.

2. А.с. 1199949 СССР, кл. E 21 F 5/06. Состав для обработки газоносных горных пород, содержащих сероводород / А.С. Сагинов, С.С. Квон, К.Н. Адилов, Р.К. Камаров

и др. (СССР). – 1985, Бюл. № 47.

3. А.с. 1257231 СССР, кл. E 21 F 5/00. Способ борьбы с серосодержащими газами при ведении очистных работ в угольных шахтах / К.Н. Адилов, С.С. Квон, Р.К. Камаров и др. – 1986, Бюл. № 34.

4. А.с. 1273598 СССР, кл. E 21 F 5/06. Состав для очистки шахтной атмосферы от серосодержащих газов / К.Н. Адилов, С.С. Баймухаметов, Р.К. Камаров и др. – 1986, Бюл. № 44.

5. Инновац. пат. 21194 Российская Федерация, кл. E 21 F 5/06. Способ очистки шахтной атмосферы от серосодержащих газов / К.Н. Адилов, Р.К. Камаров, П.П. Оленченко и др. – 2009, Бюл. № 5.

6. Физико-химические воздействия на серосодержащие газы при ведении подземных горных работ: монография / [Дрижд Н.А., Камаров Р.К., Исабек Т.К., Портнов В.С.]. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2013. – 186 с.

ОБ АВТОРАХ

Дрижд Николай Александрович – д.т.н., профессор кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, председатель Дисциплинарного совета Карагандинского государственного технического университета.

Камаров Рымгали Кумашевич – к.т.н., профессор кафедры разработки месторождений полезных ископаемых, заместитель директора Центра инновационных методов и технологий обучения Карагандинского государственного технического университета.

Исабек Туяк Колейулы – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой разработки месторождений полезных ископаемых Карагандинского государственного технического университета.

Портнов Василий Сергеевич – д.т.н., профессор кафедры геофизических методов поисков и разведки месторождений полезных ископаемых, руководитель Управления послевузовским образованием Карагандинского государственного технического университета.