

УДК 622.817.4 © Р.К. Камаров✉, А.Г. Шукаев, 2025

НАО «Карагандинский технический университет
имени Абылкаса Сагинова»,
100027, г. Караганда, Республика Казахстан
✉ e-mail: kamarov_49@mail.ru

UDC 622.817.4 © R.K. Kamarov✉, A.G. Shukaev, 2025

Karaganda Technical University named after Abylqas Saqinov,
Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan
✉ e-mail: kamarov_49@mail.ru

Физико-химические воздействия на серосодержащие газы при отработке сероводородных зон угольных пластов

Physical and chemical treatment of sulfur-containing gases in mining of sulfur-containing zones of coal seams

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2025-4-95-101>

В статье приведены результаты исследований по определению газоносности пласта d_6 по серосодержащим газам, по выявлению особенностей выделения этих газов из угольного пласта и по разработке эффективных способов борьбы с сероводородом и сернистым газом. Доказаны и обоснованы промышленными испытаниями и внедрениями в шахтных условиях технологии подавления серосодержащих газов с применением газопоглощающих глицириновых; газопоглощающих и нейтрализующих гидроксидно-глицириновых; подмыльных щелоков; порошкообразно ракушечно-кальцинированного содового составов. Эффективность методов активного физического и физико-химического влияния на угольный массив основана на интенсивном поглощении и нейтрализации серосодержащих газов растворами в процессе отработки угольных пластов. Установлены параметры разработанных технологий, области их применения. 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. Полученные результаты представляют интерес и для специалистов, проводящих исследования в области физико-химической геотехнологии, химии и экологии.

Ключевые слова: угольный пласт, очистной забой, подготовительный забой, шахтный воздух, серосодержащие газы, сероводород, сернистый газ, концентрация газов допустимая, водный раствор.

Для цитирования: Камаров Р.К., Шукаев А.Г. Физико-химические воздействия на серосодержащие газы при отработке сероводородных зон угольных пластов // Уголь. 2025;(4):95-101. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-95-101.

КАМАРОВ Р.К.

Канд. техн. наук, академик
Национальной академии горных наук,
профессор кафедры «Разработка
месторождений полезных ископаемых»,
директор ИПК НАО «Карагандинский
технический университет
им. Абылкаса Сагинова»,
100027, г. Караганда, Республика Казахстан,
e-mail: kamarov_49@mail.ru

ШУКАЕВ А.Г.

Магистрант кафедры «Разработка
месторождений полезных ископаемых»
НАО «Карагандинский технический
университет им. Абылкаса Сагинова»,
100027, г. Караганда, Республика Казахстан

Abstract

The article presents the results of studies to determine the gas content in the d_6 coal seam with respect to the sulfur-containing gases, to identify the specific features of these gases emission from the coal seam and to develop efficient ways of controlling hydrogen sulfide and sulfur dioxide. Technologies of suppressing sulfur-containing gases with application of gas-absorbing glycerine, gas-absorbing and neutralizing hydroxide-glycerine; spent-soap lyes; powdered shell-calcined soda compositions are proved and justified by industrial tests and their implementation in mine conditions. The efficiency of the active physical and physiochemical methods to treat the coal mass is based on the intensive absorption and neutralization of the sulfur-containing gases by the solutions during the coal seams mining. Parameters of the developed technologies and the areas of their application are identified. The developed environmentally friendly technologies to control the sulfur-containing gases during underground mining operations are simple enough, convenient for practical application, cost-effective, and ensure clean mine air and environment. The results obtained will be of interest to specialists carrying out research in the fields of physical and chemical geotechnology, chemistry and ecology.

Keywords

Coal seam, mining face, development face, mine air, sulfur-containing gases, hydrogen sulfide, sulfur dioxide, permissible concentration of gases, aqueous solution.

For citation

Kamarov R.K., Shukaev A.G. Physical and chemical treatment of sulfur-containing gases in mining of sulfur-containing zones of coal seams. *Ugol'*. 2025;(4):95-101. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-4-95-101.

АКТУАЛЬНОСТЬ ВОПРОСА

В шахтах Карагандинского бассейна при отработке угольных пластов помимо метана наблюдаются случаи интенсивного выделения сероводорода и сернистого газа. При отработке выемочного участка содержание метана составляет от 25 до 38 м³/т. В этом случае во всех выемочных участках применяется дегазация. Перед дегазационными работами осуществляется извлечение метана из неразгруженного угольного пласта [1].

На угольных пластах в первую очередь отрабатывается метановая зона [2], а во вторую очередь – сероводородная зона. Отметку сероводородной зоны на выемочном участке осуществляют работники участка вентиляции и техники безопасности (ВТБ).

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, отмеченным в геолого-

разведочных 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 H₂S [3, 4].

Сероводород и сернистый газ по своему воздействию на человека являются высокотоксичными. Предельно допустимая концентрация (ПДК) сероводорода в шахтной атмосфере – 0,00066% по объему, или 10 мг/м³ H₂S, а сернистого газа – 0,00035% по объему, или 10 мг/м³ SO₂.

Несмотря на то, что в угольных шахтах проявления серосодержащих газов редки, все же в случае их выделения в шахтную атмосферу возникает необходимость применения способов борьбы с этими газами.

В то же время имеющиеся в технической литературе сведения о рассматриваемых газах и, особенно, о мерах борьбы с ними в угольных шахтах недостаточны, что не позволяет выбрать и осуществить на практике эффективные мероприятия в случае выделения сероводорода и сернистого газа.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

В связи с актуальностью вопроса Карагандинским государственным техническим университетом были проведены исследования по выявлению особенностей выделения этих газов из угольного пласта и по разработке эффективных способов борьбы с сероводородом и сернистым газом.

Газовыми съемками были установлены следующие особенности: серосодержащие газы выделяются только при работе очистных и проходческих комбайнов во время отрыва угля от массива. При этом наблюдается быстрое нарастание концентрации сероводорода до максимальных значений через 6-7 мин после включения комбайнов в работу; после остановки комбайна по истечении 5-7 мин выделение H₂S и SO₂ практически прекращается, а в шахтном воздухе обнаруживаются лишь следы сероводорода; после пуска в работу комбайна вначале происходит выделение сероводорода (H₂S), и при достижении его концентрации в воздухе 0,0066% по объему (10-кратное превышение ПДК) начинает выделяться сернистый газ (SO₂).

С учетом установленных особенностей выделения серосодержащих газов на шахтах проводились мероприятия, направленные на снижение концентрации этих газов в местах нахождения работающего персонала, а также было сокращено время пребывания горнорабочих в атмосфере с превышением содержания ядовитых газов.

Газовыми съемками установлено, что выделение 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.

Поэтому в очистных и подготовительных забоях был усилен контроль за состоянием шахтной атмосферы вентиляционным надзором, в обязанности которого входила остановка работ по выемке угля (выключение комбайна) в случае превышения допустимых норм.

Из организационных мероприятий, проведенных шахтами по рекомендациям Карагандинского государственного технического университета и органов санитарного надзора, можно указать следующее:

- сокращение продолжительности рабочей смены с 6 до 4–5 ч;
- ограничение времени пребывания рабочих на исходящей струе из лавы до 2 ч;
- применение защитных очков и противопыльных респираторов;
- попеременная работа двух комбайнеров в лавах в обычные смены, снижение нагрузки на лаву на 50 %.

С учетом недостаточной эффективности существующих методов борьбы с серосодержащими газами в угольных шахтах необходимо изыскивать новые способы.

Одним из возможных решений в этом направлении является нейтрализация серосодержащих газов химическими реагентами с разработкой способов нейтрализации применительно к условиям их выделения в угольные шахты. Известно, что в химической, нефтехимической и газовой промышленности накоплен богатый опыт очистки и удаления из газовых потоков газообразных примесей, в том числе и серосодержащих газов.

Для очистки газов обычно применяют три технологических процесса: адсорбция жидкостью; адсорбция твердым веществом; химическое превращение в другие соединения.

Таким образом, проведенный анализ состояния вопроса показывает актуальность разработки способов борьбы с серосодержащими газами, выделяющимися в угольные шахты.

ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОНОСНОСТИ ПЛАСТА d_6 ПО СЕРОСОДЕРЖАЩИМ ГАЗАМ

Для разработки мероприятий по борьбе с серосодержащими газами необходимо установить количественное содержание сероводорода и сернистого газа в угольных пластах на единицу веса, т.е. определить газоносность пла-

ста по серосодержащим газам. Исследования по установлению удельного содержания сероводорода и сернистого газа в пластах при отработке сероводородных зон шахт Карагандинского бассейна проводились в лабораторных условиях с помощью анализа угольных проб пласта d_6 .

В лабораторных условиях исследование газоносности пласта d_6 по серосодержащим газам проводилось с помощью прибора ГХ-4 по методике МакНИИ и ВостНИИ следующим образом [5, 6]:

- пробы угля, набранные в сероводородных зонах со свежееобнаженной поверхности груди забоя лав №№ 264- d_6 -1В, 274- d_6 -1В, 134- d_6 -2В, 254- d_6 -2В, 284- d_6 -1В шахты «Казахстанская» и № 316- d_6 -С шахты «Молодежная» на глубине 0,4–0,5 м в стеклянные сосуды емкостью 0,5 л, герметично закрывались резиновыми пробками с отводными трубками и доставлялись в лабораторию для анализа. Извлечение газа проводилось по методам, обычно применяемым при определении газоносности углей по метану.

Следует учесть, что серосодержащие газы при температуре 18–22°C и наличии высокого вакуума из угля практически не выделяются. Для инициирования выделения газа пробы угля в стеклянных сосудах помещались в водяную баню, в которой поддерживалась температура подогрева до 90–99°C.

Первые порции проб, отобранные после первого достижения температуры кипения, характеризуются максимальными значениями концентрации сероводорода и сернистого газа. Откачка газов из всех проб продолжалась до полного прекращения их выделения в газосборный сосуд. Длительность откачки зависела от газоносности пробы. При высокой газоносности извлечение газов продолжалось несколько суток.

В лабораторных условиях было установлено, что из проб угля пласта d_6 сероводород полностью откачивался через 3,1–4,7 сут.

В *таблице* приведены фактические данные анализа угольных проб, взятых из пласта d_6 шахт «Казахстанская», им. В.И. Ленина, «Шахтинская», «Тентекская», «Молодежная» и «Шаханская».

Как следует из *таблицы*, газоносность характеризуется большой степенью разбросанности этих результатов. Причем большей газоносностью отличаются угольные пробы шахты «Казахстанская» (лава № 274- d_6 -1В). Менее газоносным является пласт d_6 , разрабатываемый на шахте

Анализ угольных проб пласта d_6 по сероводороду
Analysis of coal samples from d_6 seam for hydrogen sulphide

Шахта	Количество проб	Газоносность, м ³ /т		Газообильность, м ³ /т	
		Максимальная	Средняя	Максимальная	Средняя
«Казахстанская»	27	0,388	0,191	0,021	0,0038
им. Ленина	16	0,236	0,089	0,006	0,0018
«Шахтинская»	21	0,054	0,019	–	–
«Тентекская»	17	0,072	0,038	0,002	0,0014
«Молодежная»	8	0,174	0,063	0,001	0,0004
«Шаханская»	9	0,076	0,024	0,002	0,0012

Примечание. Образцы угля взяты из очистных забоев.

«Шахтинская». Во всех случаях на газоносность не влияют ни угол залегания по падению, ни мощность пласта, ни глубина разработки.

Как видно из приведенных данных, газоносность углей по серосодержащим газам в несколько десятков раз меньше значений газоносности по метану. Но если учесть, что допустимые Правилами безопасности нормы ядовитых газов значительно меньше допустимых норм по метану (в 1500 раз по сероводороду и в 3000 раз по сернистому газу), то полученные значения газоносности по сероводороду и сернистому газу являются очень высокими.

При указанной газоносности концентрация серосодержащих газов в горных выработках во время работы очистных и проходческих комбайнов может превышать регламентированные нормы в десятки раз.

В процессе изучения газоносности были выявлены особенности выделения серосодержащих газов из угля: при вакуумировании угольных проб без подогрева выделяется менее 1% общего объема извлеченных газов из пробы; выделение газов без подогрева с вакуумированием наблюдается только в пробах с высокой газоносностью; при высоком содержании H_2S в пробах газовой смеси (больше 10-кратного превышения ПДК) совместно с сероводородом начинает выделяться сернистый газ, и чем больше концентрация сероводорода, тем больше концентрация сернистого газа.

ФОРМУЛИРОВАНИЕ ЦЕЛИ РАБОТЫ

С целью создания безопасных условий труда на шахтах Карагандинского бассейна опробованы известные способы:

- разбавление газов до предельно-допустимой концентрации (ПДК) средствами вентиляции;
- нейтрализация серосодержащих газов в местах отбойки угля распылением растворов кальцинированной соды со смачивателем ДБ;
- нейтрализация серосодержащих газов в местах отбойки угля распылением растворов гидрата окиси кальция (гашеной извести);
- покрытие отбитого и транспортируемого угля пеной с добавкой технической соды;
- создание водяных завес в местах транспортируемого угля и т.д.

Использование этих способов 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.

При разработке эффективных способов борьбы с серосодержащими газами 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 улучшающего санитарно-гигиенические условия труда горнорабочих [7];

– состав для очистки шахтной атмосферы от серосодержащих газов, включающий глицерин (0,5-3,0%), гидроксид щелочного металла (0,1-0,2%) и воду, повышающий эффективность очистки шахтной атмосферы за счет адсорбции и нейтрализации ядовитых газов [8];

– 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%), улучшающего гигиенические условия труда горнорабочих за счет физико-химического воздействия на ядовитые газы, нейтрализации и адсорбции [9];

– способ очистки шахтной атмосферы от серосодержащих газов, включающий порошкообразный ракушечник (0,5-1,0%), кальцинированную соду Na_2CO_3 (0,1-0,2%) и воду, улучшающий санитарно-гигиенические условия труда горнорабочих за счет физического воздействия на ядовитые газы – адсорбция порошкообразным ракушечником, а также химического – связывание их с кальцинированной содой до образования средних солей [10].

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%-ный раствор глицерина. Для приготовления 5%-ного раствора берут 42 мл глицерина на 1 л воды.

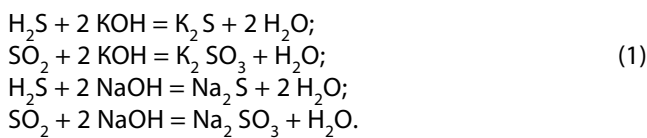
При распылении раствора в атмосфере выработки и, особенно, в зоне работы режущих органов комбайна происходит наряду с подавлением угольной пыли контактирование серосодержащих газов с раствором глицерина, результатом которого является полная адсорбция серосодержащих газов. Расход раствора зависит от объема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

Применение водного раствора глицерина на шахте «Казахстанская» ПО «Карагандауголь» при отработке восточной лавы № 134-д_г-2В с протяженностью сероводородной 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 [8].

Состав для очистки шахтной атмосферы от серосодержащих газов, включающий водный раствор глицерина (0,5-3,0%), гидроксид щелочного металла (0,1-0,2%) и воду, внедрен на шахте «Казахстанская» при отработке лав № 254-д_г-2В и № 284-д_г-1В. Содержание сероводорода в забое лав 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. Растворы глицерина с едким натрием 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 1ГШ-68 (рис. 1).

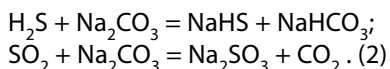
Эффективность предлагаемого состава определяется сочетанием двух процессов: физического – адсорбция глицерином серосодержащих газов, а также химического – связывание их катионами гидроксида калия или натрия до образования средних солей по реакциям:



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 в 1,8-2,5 раза [8].

При аномально высоком содержании серосодержащих газов в шахтной атмосфере, т.е. при превышении H_2S и SO_2 допустимых Правилами безопасности норм в 150 и более раз, рекомендуется использование способа очистки шахтной атмосферы от серосодержащих газов, включающего распыление в зоне выделения газов водного раствора порошкообразного ракушечника (0,5-1,0%), кальцинированной соды Na_2CO_3 (0,1-0,2%) и воду, улучшающего санитарно-гигиенические условия труда горнорабочих [10].

Эффективность предлагаемого состава определяется сочетанием двух процессов: физического – адсорбция порошкообразным ракушечником, а также химического – связывание их с кальцинированной содой до образования средних солей по реакциям:



Реагент с нижним пределом порошкообразного ракушечника (0,5%) и кальцинированной соды (0,1%) рекомендуется при концентрации серосодержащих газов в шахтной атмосфере до 100 санитарных норм. Средний предел порошкообразного ракушечника (0,75%) и Na_2CO_3 (0,15%) берется при содержании серосодержащих газов в шахтной атмосфере от 100 до 150 норм. Верхний предел порошкообразного ракушечника (1,0%) и кальцинированной соды (0,2%) берется при очистке шахтной

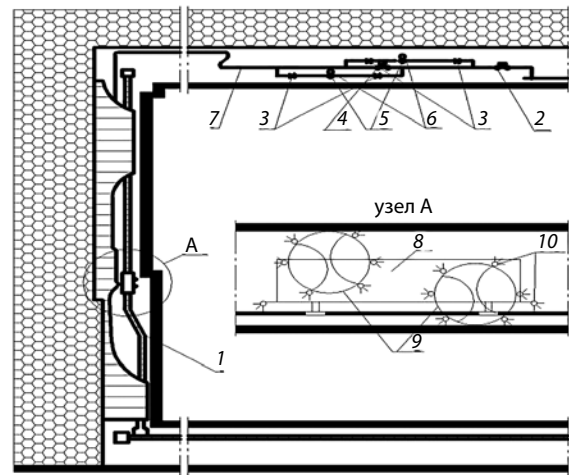


Рис. 1. Принципиальная схема установки для нейтрализации серосодержащих газов в очистном забое: 1 – забойный скребковый конвейер; 2 – водяная задвижка; 3 – регулируемый вентиль; 4 – входной вентиль; 5 – дозаторные установки ДСУ-4; 6 – манометр; 7 – высоконапорный рукав; 8 – комбайн; 9 – шнеки; 10 – факел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

Fig. 1. A schematic diagram of the installation for neutralization of sulfur-containing gases at the mine face: 1 – armored face conveyor; 2 – water gate valve; 3 – adjustable valve; 4 – inlet valve; 5 – DSU-4 dosing units; 6 – pressure gauge; 7 – high-pressure hose; 8 – shearer; 9 – augers; 10 – irrigation jet

атмосферы с исходной концентрацией серосодержащих газов 150 норм и более.

Технология приготовления раствора порошкообразного ракушечника и кальцинированной соды заключается в следующем (см. рис. 1): определенное количество порошкообразного ракушечника и кальцинированной соды разводят шахтной водой из противопожарного оросительного трубопровода 1, открывая вентиль фланцевый 2 в водяном баке емкостью 3 м³. При приготовлении водного раствора порошкообразного ракушечника и кальцинированной соды берут из расчета 5,0 г порошкообразного ракушечника и 1,0 г кальцинированной соды на 1 л раствора. При таком соотношении порошкообразного ракушечника, кальцинированной соды Na_2CO_3 и воды получают 0,5% порошкообразного ракушечника; 0,1% Na_2CO_3 . Для приготовления 1,0% порошкообразного ракушечника берут 10 г порошкообразного ракушечника; 0,2% Na_2CO_3 – 2 г кальцинированной соды на 1 л раствора.

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 очистного комбайна 10.

При распылении раствора в атмосфере выработки и, особенно, в зоне работы режущих органов очистного комбайна происходит, наряду с подавлением угольной пыли, контактирование серосодержащих газов с кальцинирово-содово-ракушечным раствором, результатом которого являются адсорбция порошкообразным раку-

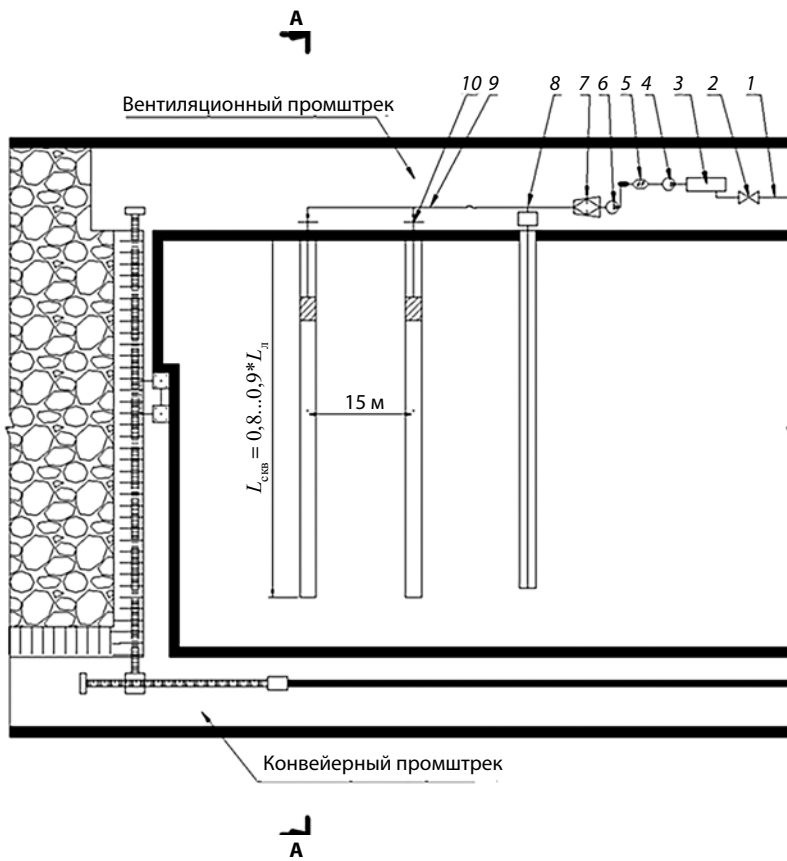


Рис. 2. Схема комплекса оборудования для нагнетания в угольный массив порошкообразного ракушечно-кальцинированного содового состава: 1 – противопожарный оросительный трубопровод; 2 – вентиль фланцевый; 3 – бак емкостью 3 м³; 4 – насос подпиточный; 5 – расходомер; 6 – насосная высоконапорная установка; 7 – фильтр штрековый; 8 – буровой станок; 9 – рукав высоконапорный; 10 – герметизатор

Fig. 2. Layout of the complex equipment for injecting powdered shell-calcined soda composition into the coal mass: 1 – fire prevention irrigation pipeline; 2 – flanged valve; 3 – a tank of 3 m³ capacity; 4 – recharging pump; 5 – flow meter; 6 – high-pressure pumping unit; 7 – drift filter; 8 – drilling rig; 9 – high-pressure hose; 10 – sealer

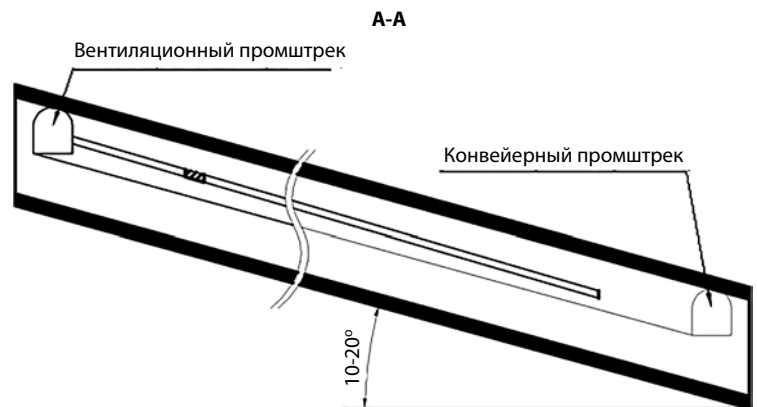
шечником, а также нейтрализация их кальцинированной содой до образования средних солей.

В шахтных условиях для подачи кальцинирово-содово-ракушечного раствора в оросительную систему очистного комбайна рекомендуется применение дозатора смачивателя участкового ДСУ-4 (см. рис. 1).

Во время работы очистного комбайна по отработке сероводородной зоны дозированный кальцинирово-содово-ракушечный раствор подается на форсунки оросительной системы шнеков очистного комбайна. Расход раствора зависит от концентрации и количества серосодержащих газов, выделившихся в атмосферу горной выработки.

При распылении раствора в атмосфере очистной выработки и, особенно, в зоне работы режущих органов очистного комбайна происходит, наряду с подавлением угольной пыли, контактирование серосодержащих газов с кальцинирово-содово-ракушечным раствором, результатом которого являются адсорбция порошкообразным ракушечником, а также нейтрализация их кальцинированной содой до образования средних солей.

Принципиальная схема установки для нейтрализации серосодержащих газов в очистном забое (см. рис. 1) применяется и для комплекса оборудования для системы гидроорошения очистного комбайна кальцинирово-содово-ракушечным раствором.



Кроме того, раствор можно использовать для предварительной обработки угольного массива в зонах проявления серосодержащих газов посредством бурения глубоких скважин и нагнетания в них предлагаемого раствора (рис. 2).

На рис. 2 изображена схема комплекса оборудования для нагнетания в угольный массив порошкообразного ракушечно-кальцинированного содового состава.

Расход раствора принимается, исходя из требуемого показателя для увлажнения при борьбе с пылеобразованием, 8-10 л на 1 т запасов угля. На выемочном участке при отработке зон проявления серосодержащих газов рекомендуется бурить восстающие, нисходящие или горизонтальные глубокие скважины, длина которых на 15-20 м меньше длины лавы. Расстояние между скважинами по простиранию или падению пласта рекомендуется принимать равным 15 м.

Для обеспечения качественной обработки угольного массива устье скважины должно быть надежно загерметизировано с таким расчетом, чтобы герметизация могла выдержать давление нагнетаемой жидкости до 10 МПа (100 кгс/см²). Для этого могут быть использованы различные типы механических герметизаторов (гидрозатворов). Подача раствора в глубокие скважины может производиться насосными установками типа УНВ-2, УН-35, УНР-0,2, 2УГНМ.

При бурении глубоких скважин диаметром до 60 мм их герметизация при нагнетании кальцинирово-содово-ракушечного раствора может осуществляться герметизаторами типа ГАС-45, ГАС-60, «Таурис». Скважины диаметром 80-100 мм должны герметизироваться механическими герметизаторами или твердеющими составами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

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 [11].

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

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.

Список литературы • References

1. Drizhd N.A., Kamarov R.K., Ahmatnurov D.R., Zamaliyev N.M. Coal bed methane Karagandabasin in the gas balance Republic of Kazakhstan: status and prospects. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho hirnychoho universytetu*. 2017;(1):12–20.
2. Kamarov R.K., Zamaliyev N.M., Ahmatnurov D.R., Musin R.A. Setting the volume and location of the gas collectors of abandoned coal mines. *Naukovyi visnyk Natsionalnoho hirnychoho universytetu*. 2018;(2):5-11.
3. Временная инструкция по контролю и борьбе с серосодержащими газами на шахтах Карагандинского бассейна. Утв. техническим директором ПО «Карагандауголь». Караганда, 1990. 35с.
4. Drizhd N.A., Kamarov R.K., Isabek T.K., Portnov V.S. Reduction Technologies of sulfur-containing gases during Mining Operations. *Mining of Mineral Deposits. Web of Science Core Collection*. EH Leiden. The London, CRC Press / Balkema, 2014, pp. 447-459.
5. Складенко И.П. Сероводород в угольных шахтах и меры борьбы с ним. М.: Углетехиздат, 1958. 30 с.
6. Преображенская Е.И., Негруцкая Н.С., Кривошеев В.О. Серосодержащие газы в угольных шахтах и способы борьбы с ними. *Экспресс-информ*. М.: ЦНИЭИУголь. 1982. 28 с.
7. Авторское свидетельство СССР № 1138516, Способ очистки шахтной атмосферы от серосодержащих газов / К.Н. Адилов, Н.А. Дрижд, А.А. Джакупов, Р.К. Камаров и др., кл. Е 21 F 5/06, 1985. Бюл. № 5.
8. Авторское свидетельство СССР № 1273598, Состав для очистки шахтной атмосферы от серосодержащих газов / К.Н. Адилов, С.С. Баймухаметов, Р.К. Камаров и др., кл. Е 21 F 5/06, 1986. Бюл. № 44.
9. Инновационный патент № 21194, Способ очистки шахтной атмосферы от серосодержащих газов / К.Н. Адилов, Р.К. Камаров, П.П. Оленченко и др., кл. Е 21 F 5/06, 2009. Бюл. № 5.
10. Способ очистки шахтной атмосферы от серосодержащих газов / Р.К. Камаров, Т.К. Исабек, В.Ф. Демин, М.К. Ибраев, Н.А. Медеубаев, А.Ж. Имашев. Республика Казахстан. Патент на полезную модель № 7684. Регистрационный № 2022/0840.2. Дата подачи 30.09.2022. Дата выдачи патента 23.12.2022. Астана: РГП «Национальный институт интеллектуальной собственности» МЮ РК.
11. Физико-химические воздействия на серосодержащие газы при ведении подземных горных работ: Монография / Н.А. Дрижд, Р.К. Камаров, Т.К. Исабек и др. Караганда: Изд-во КарГТУ, 2013. 186 с.

Authors Information

Kamarov R.K. – PhD (Engineering), Academician of the National Academy of Mining Sciences, Professor at the Department of Development of Mineral Deposits, Director of the Institute for Advanced Studies of the Karaganda Technical University named after Abylkas Saqinov, Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan, e-mail: kamarov_49@mail.ru

Shukaev A.G. – Master's Student at the Department of Development of Mineral Deposits of the Karaganda Technical University named after Abylkas Saqinov, Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan

Информация о статье

Поступила в редакцию: 18.11.2024

Поступила после рецензирования: 28.02.2025

Принята к публикации: 25.03.2025

Paper info

Received November 18, 2024

Reviewed February 28, 2025

Accepted March 25, 2025