

зоны резания в этом случае предусмотрено из форсунок, расположенных перед каждым линейным резцом на расстоянии 0,1 м от его режущей кромки. Кроме того, подача воды предусмотрена и на резцы. Всего на каждом шнеке может быть установлено по 20 форсунок.

Выводы и перспективы дальнейших исследований. Для повышения эффективности орошения и охлаждения рудничного воздуха в забое при работе комбайна, а также снижения расхода воды, ее подача должна осуществляться специальными многокамерными импульсно-волновыми эжекторными форсунками, которые располагаются у резца и со стороны резания горного массива. Это обеспечивается тем, что на корпусе комбайна и шнеках необходимо располагать форсунки орошения, охватывающие резцы, зоны их работы, а также пространства перемещений угля исполнительными органами комбайна. В шнеках должны быть установлены специальные многокамерные эжекторные форсунки, что снижает возможность их засорения при давлениях воды (0,8-1,0) МПа и расходе до 10 л/мин.

Применение нового оросительного устройства в виде многокамерного эжектора ИВЭ на комбайнах (например, 1К101, 1ГШ68 и других) позволит снизить запыленность воздуха на (90-95)%, и понизить температуру воздуха на (5-9)⁰С. Применение оросителей ИВЭ при прочих равных условиях обеспечивает дополнительное снижение запыленности воздуха в 2-2,5 раза в результате увеличения интенсивности образования смеси из запыленного воздуха и капель воды, как в зоне резания, так и за ее пределами. При этом снижается резкое выпадение капельной воды в рабочем пространстве очистного забоя и увлажнение рабочих мест горнорабочих, техники, механизированной крепи и т. д.

Система интегрального орошения-охлаждения воздуха на основе ИВЭ может быть применена на всех типах механизированных комплексов и комбайнов, работающих в глубоких шахтах. Кроме этого, при интегральном орошении как комплексном процессе пылеподавления и охлаждения рудничного воздуха увеличивается интенсивность теплообмена в зоне контактов резцов с угольным пластом, что снижает вероятность нагрева и воспламенения, пылевых метано-воздушных смесей.

Список литературы

1. Райзнер М. Исследование зависимости между запыленностью горных выработок и заболеваемостью пневмокониозом в Рурском угольном бассейне.— Труды по силикозным последствиям. Бохум, № 95, 1988,— М., Недра, 1989. — 103 с.
2. Гого В. Б. Гидродинамическое подавление пыли в условиях угольных шахт: теория и технические решения / В.Б. Гого, В. Б. Малеев. — Донецк: ДонНТУ, 2008. — 240 с.
3. Фролов М. А., Артемов А. В. Исследование запыленности воздуха в лавах на пластах крутого падения при различных вентиляционных режимах. — Труды НПИ, 1999. - Вып. 3, с. 100—110.
4. Новые способы борьбы с пылью в угольных шахтах / Ф. М. Гельфанд, В. П. Журавлев, А. П. Поелуев и др. - М., Недра, 1995. - 237 с.

САМОЗАЙМАННЯ ВІДВАЛІВ ВУГІЛЬНИХ ШАХТ І ЗБАГАЧУВАЛЬНИХ ФАБРИК І БОРОТЬБА З НИМ

А.М. Гайдін, ТОВ «Інститут ГРХІМПРОМ», Україна

Анотація. Розглянуті причини виникнення і механізм розповсюдження вогнищ у відвалах вугільних шахт і збагачувальних фабрик. Обґрунтовано гіпотезу, що імпульс займання викликаний електричними розрядами, які супроводжують ущільнення породи під навантаженням. Розповсюдження вогнища контролюється поступленням повітря зі сторони відкритого схилу. Пропонується економічний спосіб попередження пожежі і гасіння шляхом торкрет-бетонування схилу.

Вступ. Породні відвали вугільних шахт і збагачувальних фабрик вміщують горючі

речовини: домішки вугілля, вуглисті сланці, пірит та інші сульфіді. При доступі повітря у відвалах виникають вогнища. Прикладом є пожежа на відвалі центральної збагачувальної фабрики (ЦЗФ) в Червонограді (Львівська область). Горіння відвалу ускладнює і без того важку екологічну обстановку вугільного району: атмосфера забруднюється токсичними газами, а поверхневі і підземні води – високо мінералізованими кислими водами, що височуються із відвалу. Існує небезпека підтягування токсичних вод до водозаборів.

Стан питання. Причини виникнення пожеж розглянуті у низці публікацій, зокрема у статті Б.С. Панова і Ю.А. Проскурні [1]. Автори показують, що схильність до самонагрівання і самозаймання мають вуглисто-глинисті породи, з підвищеною поруватістю та вмістом піриту і марказиту. Розігрівання порід пояснюється окисленням сульфідів, яке відбувається за участі тіонових бактерій. Умовою їх життєдіяльності є наявність кисню і вугільної кислоти. В міру розігрівання породи тіонові бактерії змінюють свою форму і продовжують діяти до температури 100⁰ в середовищі з рН до 1 [2].

Однак діяльність мікроорганізмів обмежується вказаною температурою, тоді як найбільш легкозаймисті гази самозаймаються при 200⁰С і більше. Тому фізико-хімічні закономірності виникнення і розповсюдження вогнищ залишаються недостатньо виясненими.

Огляд різних способів попередження і гасіння відвалів з оцінкою їх позитивних і негативних рис наведений у статті В.С. Мельнікова і Е.Е. Гречанівської [3]. Заходи боротьби з пожежами поділяються на превентивні і синхронні. При тому деякі заходи дають позитивний результат як для попередження пожеж, так і в якості заходів з гасіння. До таких зокрема відноситься нанесення інертного непроникливого шару на поверхню відвалу. Основні заходи боротьби з загоранням породних відвалів наведені в табл. 1.

Таблиця 1.

Основні заходи боротьби з загоранням породних відвалів [2]

<i>Організаційні</i>	<i>Технологічні</i>	<i>Технічні</i>
Розробка заходів з попередження пожеж і їх гасіння	Мінімізація втрат вугілля при веденні гірничих робіт	Буріння свердловин для моніторингу і боротьба з пожежами
Вибір розташування відвалів на місцевості	Підвищення вилучення вугілля при збагаченні	Нанесення інертного матеріалу для обмеження доступу повітря
Моніторинг стану відвалів	Мінімізація деформацій	Нагнітання інгібіторів (газів і рідини) в масив
Обмеження доступу сторонніх осіб до відвалу	Відвід і підвід водотоків місцевості до відвалів	Ущільнення порід відвалів
		Нагнітання води на ділянки горіння
	Перевалка відвалів	Рекультивация відвалів Переробка відвальних порід

Кожен з відомих методів боротьби з пожежами характеризується своїми перевагами і недоліками. Найбільше надійним вважають розбирання і формування плоских відвалів з пошаровою пересипкою породи нейтральним матеріалом. Часто оптимальним вважається використання комбінацій різних методів, в залежності від типу порід, умов протікання процесів горіння і масштабів пожежі.

На основі проведених наукових досліджень розроблені інструкції з попередження самозаймання, тушіння і розборці породних відвалів [4]. Більшість способів потребують великих витрат коштів, а також відведення додаткових земельних площ.

Метою даної статті є пошук ефективних і менш затратних способів попередження самозаймання та гасіння пожеж. Для досягнення вказаної мети необхідно уточнити причини виникнення та розповсюдження вогнищ, проаналізувати відомі способи гасіння та запропонувати нову технологію, основу на застосуванні сучасної техніки.

Для цього проводилися розчистки оголень на погашених вогнищах (рис.1), а також матеріали температурної зйомки, фізичне моделювання.

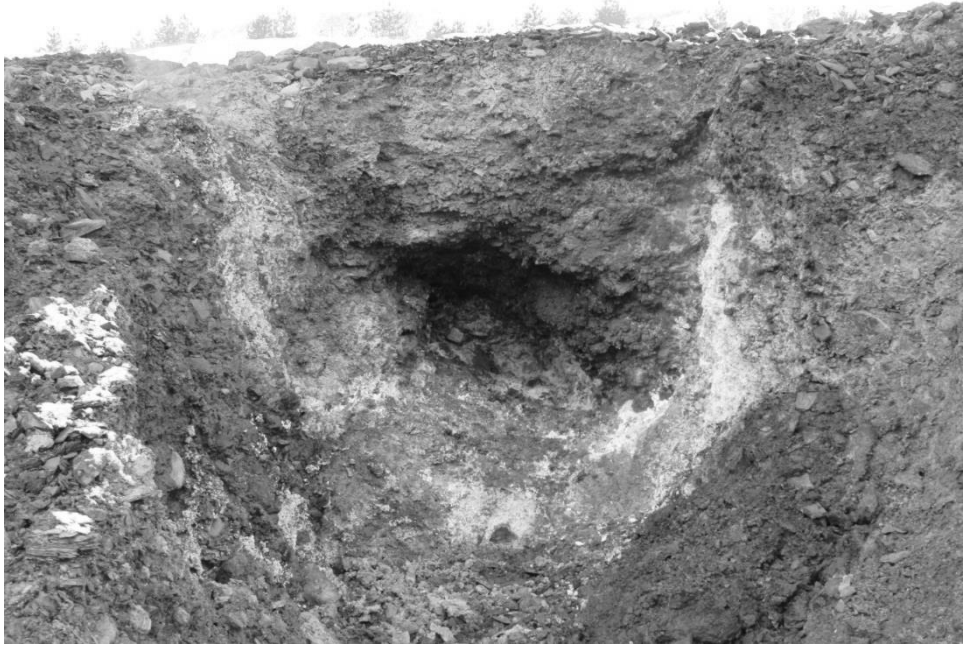


Рис.1. Фотографія погашеного вогнища. Фото В.О. Дяківа.

Утворення вогнища. Причиною самозапалювання відходів вважають нагрівання піриту в результаті його окислення за участю мікроорганізмів. Сірчана кислота, яка утворюється при окисленні, взаємодіє з карбонатами також з виділенням тепла. В нагрітому середовищі із вугілля виділяються легкозаймісті летучі речовини. До цього часу в літературі не було пояснення, яким чином загораються гази з температурою самозаймання 200° , якщо бактерії гинуть при 100° ?

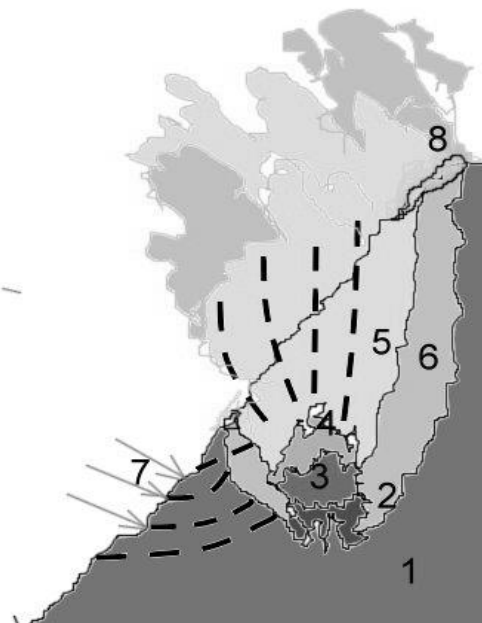


Рис.2. Схема вогнища. 1-порода, 2-шлак, 3-кокс, 4-полум'я, 5-горячі гази, 6-водяний пар, 7-повітря, 8-сконденсована сірка.

На думку автора власне імпульс запалювання може бути пов'язаний з електричними розрядами, які супроводжують ущільнення породи під навантаженням, коли уламки стискаються, тріскають, труться одна об одну. Під дією механічних напруг в гірничих породах виникає імпульсна електромагнітна емісія. Це явище відоме, воно покладено в основу метода геофізичних досліджень шляхом вимірювання природного електромагнітного поля землі [5]. Займання газів призводить до утворення вогнища.

У горінні вугілля розрізняють три стадії [6]: 1) нагрівання вугілля і випаровування вологи, 2) виділення летких речовин, самозаймання і їх горіння над вогнищем, 3) горіння коксу у вогнищі і утворення шлаку. Над вогнищем у порах між уламками породи легкі гарячі гази піднімаються вгору, виникає тяга. З боків і знизу у вогнище підтягується повітря (рис.2).

При високій температурі уламки негорючих мінералів втрачають міцність, розсипаються в порошок або й розплавляються. Продукти обпалення та оплавлення заповнюють пори. Тому горіння розповсюджується переважно вгору і в боки.

При нестачі кисню в просторі над вогнищем згорання не проходить повністю і в поровому просторі відкладається сажа. В той же час при температурі 375-420⁰ пірит розкладається на марказит і сірку. Пари сірки згорають над вогнищем з утворенням оксиду. Останній у контакті з сажею знову відновлюватися до сірки, пари якої конденсуються поблизу холодної поверхні масиву або безпосередньо на поверхні.

Будова вогнища показана на рис. 2. Внизу вогнища знаходиться огарок або шлак 2 – обпалені, частково оплавлені силікатні породи. Над ними – зона коксу 3, де горить вугілля і пірит. Ще вище в порах між уламками породи згорають летучі речовини 4. Вище йдуть гарячі гази: CO, CO₂, SO₂, тут може також відкладатися сажа. Навколо вогнища утворюється зона сушіння породи, з якої валить пара. Тут із випарованої вологи осідають солі. На контакті гарячих газів з сажею оксид сірки частково перетворюється в елементарну сірку 8, пари якої конденсуються і осідають на контакті породи з атмосферою. З боку відкритого відкосу до вогнища підтягується повітря 7.

Розповсюдження вогнища. Горіння розповсюджується переважно вгору і в боки. На вертикальному шляху розповсюдження вогнища горючі речовини вигорають, тут породи розрихлюються, утворюються порожнини, свого роду труби, в яких виникає тяга. Горіння наближається до поверхні, однак при наявності опадів може припинитися внаслідок нестачі тепла. Повітря поступає у вогнище з боку відкритого відкосу. Протікання процесу горіння залежить від проникності породи і вітру. Найдужче горить крупно уламкова відсортована порода з того боку, звідки дує вітер.



Рис.3. Тріщина на межі вогнища - передвісник обвалу

Деформації масиву. При вигоранні вугілля і вуглевмісного аргіліту уламки породи частково розсипаються, пористість збільшується, масив втрачає стійкість. Перегоріла порода осідає і на межі горіння утворюється тріщина (рис.3). Далі перегоріла порода обвалюється, відкривається свіжа поверхня, що забезпечує кращий доступ кисню. Навіть якщо горіння припинилося, температура породи залишається високою. В результаті обвалу доступ повітря відновлюється і пожежа розгорається знову.

Спостереження показують, що кут нахилу обваленої породи становить 18-20⁰, а площа відриву наближається до вертикальної. Можна припустити, що горіння припиниться після того, як схил виположить до кута 18-20⁰. Плоскі відвали з кутом нахилу бортів 15-18⁰ не горять [1,2].

Попередження самозаймання та гасіння пожежі. Із уявлень про фізико-хімічний

механізм горіння впливає висновок, що повітря поступає у вогнище з боку відкритого відкосу. Ясно, що для попередження і гасіння пожежі необхідно перекрити доступ повітря саме з боку відкосу. Для цього потрібно покрити відкос пневмоізолюючим матеріалом, наприклад: 1) відсіпкою глиняної призми, 2) покриттям схилу геоматами, 3) торкретуванням.

В якості пневмоізолюючого матеріалу частіше всього використовують глину. Нею систематично пересипають горизонтальну поверхню відходів збагачення по мірі нарощування відвалу. Однак на вже сформованому без пересипки відвалі кисень поступає через схили, тому необхідна ізоляція схилу. Грунт можна сипати зверху з берми, однак без ущільнення ізоляція не ефективна. При нарощуванні призми знизу (рис. 4) проводиться ущільнення глини.

Кут стійкого відкосу глини становить біля 25° , а схилу відвалу $35-37^{\circ}$. Розрахунок показує, що при ізоляції 15-метрового схилу ширина основи призми буде біля 40 м, а площа поперечного перетину становить 600 м^2 . Для ізоляції схилу довжиною 1 км потрібно $600\,000 \text{ м}^3$ глини. Тобто цей спосіб є дуже затратним.

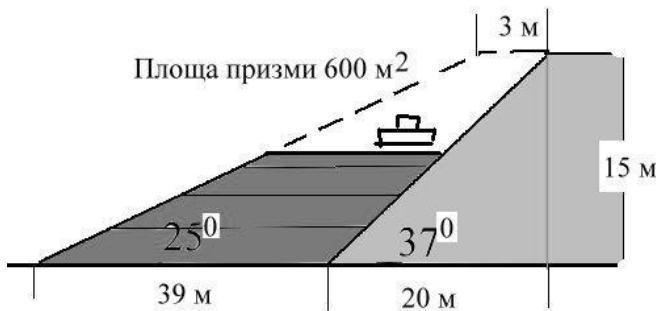


Рис.4. Схема відсіпки ізолюючого шару знизу вгору. Бульдозер проводить вирівнювання і ущільнення глини

Альтернативою може бути ізоляція поверхні бентонітовими геоматами, які виготовляють у заводських умовах. Однак приклади практичного використання автору не відомі.

Одним з перспективних способів може бути пневмоізоляція схилів шляхом торкретування. Цей спосіб застосовують для укріплення поверхонь в тунелях, відкосів дорожніх насипів.

Торкретування здійснюють за допомогою торкретної установки, яка складається із цемент-пушки і компресора. Для торкретування готують суху суміш із цементу і заповнювачів (піску, щебеню). Стиснутим повітрям суміш в'язучого з заповнювачем подається по шлангу до сопла, де змочується водою, яка підводиться іншим шлангом і з великою швидкістю ($130-170 \text{ м/с}$) викидається на поверхню схилу. Товщина шару за один цикл становить $10-15 \text{ мм}$. Торкретне покриття відрізняється високими механічними властивостями, міцністю $40-70 \text{ Мн/м}^2$, щільністю, водонепроникливістю і морозостійкістю. Суміш різко набирає пластичну міцність і залишається пластичною при ущільненні основи.

Торкретування може здійснюватися ручним способом, або машина доповнюється механізованим торкрет-маніпулятором. Поряд із сухими сумішами може бути застосований «мокрый» спосіб, при якому суміш готують у бетономішалках і качають спеціальним бетононасосом.

Для наочного уявлення процесу проникнення торкрет-суміші в масив породи виготовлена прозора модель, заповнена породою, та приготвлені зразки глинистого розчину різної в'язкості (рис.5). Останню визначали стандартним консистоміром СП-5. Як вияснилося, найкраще проникає в породу розчин з в'язкістю 32 с. Товщина корки становить від 6 до 12 см. Більше рідкий розчин фільтрується в глибину масиву, не створюючи корки, а більше густий утворює корку на поверхні.

Глибина проникнення розчину залежить від крупності породи, яка змінюється по висоті відвалу. Найбільші обломки збираються в нижній частині, а мілкі – в верхній частині схилу. Тому консистенцію торкрет-суміші необхідно підібрати дослідним шляхом, таким чином, щоб вона проникала в пори між кусками породи на глибину $10-15 \text{ см}$. При пористості 20% для цього потрібно $2-3 \text{ дм}^3$ суміші на 1 м^2 поверхні, 30 м^3 на гектар. На 1 км схилу висотою 15 м необхідно 45 м^3 . Це на порядки менше об'єму глиняної призми.

Торкретування схилу дозволяє підвищити стійкість схилу, запобігає його розмиву атмосферними опадами, а також зменшує кількість забруднених вод, що височуються із

відвалу. Рекомендації прийняті в проєкті гасіння відвалу збагачувальної фабрики в Червонограді.



Рис. 5. Проникнення глинистого розчину в пори (модель)

Висновки.

1. На основі досліджень будови погашених вогнищ сформульовані основні закономірності самозаймання породних відвалів. Запропонована гіпотеза імпульсу займання через електромагнітну емісію, викликану деформацією породи під власною вагою.

2. Показано, що процес горіння контролюється поступленням повітря з боку відкритого схилу відвалу. Тому для попередження самозаймання і гасіння необхідна пневмоізоляція схилу.

3. Рекомендований спосіб пневмоізоляції схилів шляхом торкретування з утворенням непроникливої міцної і пластичної корки. Це дозволяє скоротити витрати, запобігти пожежі, укріпити схил і зменшити утворення токсичних фільтратів.

Література

1. Панов Б.С., Проскурня Ю.А. О техногенной минерализации породных отвалов угольных шахт Донбасса // Межвуз. научн. тематич. сб. “Геология угольных месторождений”. – Екатеринбург, 1999. С. 241-249.

2. Зборщик М.П., Осокин В.В., Стеблин В.В. Биогеохимическая теория и малозатратные методы предупреждения и подавления самовозгорания углей и углисто-глинистых пород. /Вісник Криворізького технічного університету. Збірник наукових праць. Вип.8. Кривий ріг. 2005. С.22-25

3. Мельников В. С . Гречановская Е.Е. Минералогенезис в горящих угольных отвалах: фундаментальные и прикладные аспекты неоминералогии (ИГМР НАН Украины, г. Кисв). <http://www.imcmontan.ru/files/coal.pdf>

4. НПАОП 10.0-5.37-04 «Инструкция по предупреждению самовозгорания, тушению и разборке породных отвалов», затверджена наказом Державного комітету України по надзору за охороною праці від 26.10.2004.

5. Осыкин М.К., Кузнецов И.В., Пивоваров С.В. Экспрессный метод контроля и прогноза опасных геологических процессов. – Симферополь: «Таврия». 2000. -12 с.

6. Хитрин Л. Н. Физика горения и взрыва. — М.: Издательство Московского университета, 1957. — 452 с.