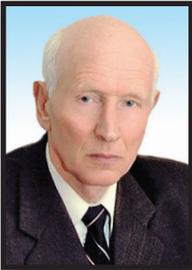


УДК 622.82: 550.7: 620.19



**М.П. ЗБОРЩИК,**  
доктор техн. наук  
(ДонНТУ)



**В.В. ОСОКИН,**  
доктор техн. наук  
(ДонНТУ)

# Природа самовозгорания и тушения отвальных пород угольных месторождений

Раскрыты причины самонагрева и возгорания влажных пиритсодержащих углей, углисто-глинистых и других отвальных пород при участии тионовых бактерий. Изложен механизм протекания в них биохимических и химических процессов. Приведена сущность простых, надежных и малозатратных способов и технологий профилактики самовозгорания пород и тушения их в отвалах шахт и обогатительных фабрик.

**Ключевые слова:** самовозгорание пиритсодержащих углей и углисто-глинистых пород, тионовые бактерии.

**Контактная информация:** [nshlupkin@yahoo.com](mailto:nshlupkin@yahoo.com)

скорость реакций и разогрев среды прогрессивно увеличивают друг друга. Самонагревание горной породы возможно в небольшом ее объеме. Это обусловлено тем, что трещиноватый массив или скопления обломков горной породы способны аккумулировать теплоту, поскольку поверхность теплоотдачи у них пренебрежимо мала по сравнению с поверхностью нагрева.

Тионовые бактерии содержатся во влажной пиритсодержащей горной породе и создают условия для протекания химических реакций. Бактерии не могут затормозить эти самоускоряющиеся химические реакции. Если в атмосферных условиях температура близка к температуре кипения воды, то микроорганизмы сферической формы прекращают свою жизнедеятельность. С этого момента в пиритсодержащей горной породе протекают экзотермические процессы, которые обусловлены только химическими реакциями.

Роль тионовых бактерий в процессах самонагрева пород заключается в следующем: непосредственное участие в экзотермических реакциях; расчленение поверхности пирита и увеличение его реакционноспособной поверхности; окисление серы и двухвалентного железа в условиях, когда невозможно их химическое окисление; предотвращение отложений на поверхности минерала веществ новообразований. Отметим, что тионовые бактерии для своего существования получают энергию за счет окисления серы и двухвалентного железа. Биохимические процессы окислительного выщелачивания пирита интенсифицируют его химические процессы выщелачивания с выделением серы, серной кислоты и соединений железа. Следовательно, тионовые бактерии «запускают» экзотермические процессы окислительного выщелачивания пирита. Без участия бактерий протекание таких процессов невозможно.

Последовательное действие в пиритсодержащей горной породе биохимического и химического реакторов окислительного выщелачивания дисульфата железа с выделением веществ новообразования широко обосновано и изложено в монографиях [2, 3].

Самонагревание углей, углисто-глинистых и других пород обусловлено окислительным выщелачиванием содержащегося в них пирита при участии тионовых бактерий [1]. В водно-воздушных условиях тионовые бактерии вместе с влагой проникают в микротрещины и микропоры пиритсодержащих пород. Бактерии разлагают микрокристаллы пирита по их внешней поверхности. При этом выделяются элементарная сера и сопутствующие компоненты: серная кислота, сульфаты и гидроксиды железа. Протекающие биохимические процессы – экзотермические.

Разогрев среды увеличивает скорость экзотермических реакций, что приводит к возрастанию тепловыделения. Создаются условия, при которых

Процессы плавления и испарения серы происходят в биохимическом и химическом реакторах. Интенсивность испарения серы возрастает в 5–10 раз при повышении температуры от 120 до 180 °С и в 300–500 раз – при температуре более 180 °С. Если температура более 200 °С, сера испаряется не только с поверхности измельченной породы, но и из трещин и пор. При повышении давления паро- и газообразных веществ в химическом реакторе неизбежно происходит его разгерметизация. Из нарушенного массива или скоплений породы к их поверхности фильтруются водяной пар, десорбирующиеся газы и пары серы. При этом поверхностные слои породы в еще большей степени прогреваются и обогащаются элементной серой. В 1 т самонагревающейся отвальной породы может содержаться более 40 кг элементной серы.

На воздухе выделяющиеся пары серы самовоспламеняются, когда поверхностный слой породы прогревается до 248–261 °С, т. е. самонагревание породы переходит в ее возгорание. Горение паров серы воспламеняет десорбирующийся из угля и пород метан, а затем – продукты их деструкции и газификации. В итоге стабилизируются процессы горения угля, углисто-глинистых и других пород. Самовозгорание горной породы – это следствие разложения в водно-воздушных условиях пирита, содержащегося в порых породы, под действием тионовых бактерий.

В конусной части терриконов и в бортах плоских отвалов обычно наблюдается устойчивое горение породы и тепловая депрессия, обеспечивающая воздухо- и теплообменные процессы в очаге горения. При переформировании конических отвалов на глубине 5 м от поверхности зарегистрирована температура более 800 °С.

В действующих отвалах содержится большое количество горючих газов. Например, на шахте «Нежданная» (Россия) после ливневых дождей и сползания лобовой части породного отвала на его вершине образовалась трещина разлома глубиной 10–15 м [4]. В течение нескольких суток в ее верхней части горели газы в виде факела высотой 3–4 м. Большое количество горючих газов обусловлено десорбцией метана из отвальных пород и газификацией их при высоких температурах.

В недействующих отвалах глубинное горение продолжается до 10 лет. Здесь горючая смесь образуется в пределах столба нагретых паро- и газообразных веществ. Она сгорает в туннелях межкускового пространства породы. В таких зо-

нах порода обожжена и переплавлена в шлакообразную массу. Нередко при переформировании конических отвалов приходится на их плоской части в поперечнике оставлять до нескольких метров неподдающиеся разрушению блоки шлакообразной массы.

В отвалах также имеются неаэрируемые зоны, в которых прокаливание негорелой породы происходило в резко восстановительных условиях. В таких зонах образуются так называемые «черные блоки» со значительным содержанием графита и тонкодисперсного углерода типа «газовой сажи». Породы в «черных блоках» иногда прокалены до температуры 1000 °С и более. Летучие компоненты, выделяющиеся из пород «черных блоков», конденсируются на поверхности отвала в виде асфальтовой корки с примесью серы.

Жизнедеятельность тионовых бактерий протекает в кислых шахтных водах, в щелочных водах шахт этих бактерий нет. Поэтому проще предотвратить или подавить самонагревание пиритсодержащих пород, воздействуя на них растворами NaOH, KOH, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> или суспензиями Ca(OH)<sub>2</sub>, CaCO<sub>3</sub>. При этом из поровых растворов удаляются ионы железа и на поверхности породы образуются отложения гипса и гидроксида железа (III), которые исключают биохимические и химические процессы окислительного выщелачивания пирита.

Для тушения горящих горных пород можно также использовать растворы и суспензии гидроксидов и карбонатов Na, K, Ca. Они обладают универсальными способностями нейтрализации в пиритсодержащих породах веществ новообразования. Наиболее выгодно применять известковую суспензию Ca(OH)<sub>2</sub>. Известь – доступная и дешевая. В металлургической промышленности – это отходы производства, приемлемы также отходы содового, карбидного и других производств.

Ранее авторами были разработаны способы и технологии профилактики самовозгорания отвальных пород и их тушения [3]. Наиболее совершенная промышленная установка сооружена для тушения горящих пород конического отвала шахты № 12 «Наклонная» шахтоуправления «Красная Звезда» ПО «Донецкуголь». В поверхностный слой отвала на глубину до 3 м насосом ЦНС-60 инъецировали 3–5 %-ную известковую суспензию. На глубине примерно 6–7 м и более межкусковое пространство отвала вакуумировали вакуум-на-

сосом ЖВН-50. Чтобы нейтрализовать вредные вещества, извлекаемую из отвала газовую смесь пропускали через слой известковой суспензии, которая находилась в котловане вместимостью около 200 м<sup>3</sup>. Аналогичные установки применяли для тушения горящих отвалов шахт «Гуковская» и «Южная» (города Гуково и Шахты, Россия). Продолжается тушение горящих отвалов в г. Новошахтинске (Россия). В связи с кризисным состоянием угольной отрасли в настоящее время в Донбассе не применяются установки для тушения горящих породных отвалов.

Указанная промышленная установка состоит из двух систем: нагнетательной и отсасывающей. Нагнетательная включает смесительную емкость для приготовления, например, известковой суспензии, насос для подачи суспензии к месту тушения породы, нагнетательный трубопровод и инжекторы, отсасывающая – вакуум-насос, магистральный трубопровод и водоотделитель. Монтаж установки и тушение очагов горения могут выполнять подразделения шахты или подрядчик.

Горящие породные отвалы – объекты повышенной опасности. В Донбассе они горят уже не менее столетия, нанося большой ущерб здоровью и жизни людей, загрязняя окружающую природную среду и т. д. При этом раскрыто новое и ранее неизвестное свойство пиритсодержащих пород – порождать выбросы породы и водокислотного пара [5]. Суть его в том, что в заскладированных пиритсодержащих породах отвалов формируются зоны биогеохимического (с участием тионовых бактерий) окислительного выщелачивания пирита. В таких зонах происходит выделение теплоты, образуются серный ангидрид и концентрированная серная кислота, которая на воздухе постоянно кипит при температуре 336,5 °С. При атмосферных осадках на конических отвалах происходит сползание мокрых пород и вода попадает в сернокислотную зону. В результате взаимодействия воды с веществами новообразования динамично протекает процесс образования и роста давления водяного пара, действием которого обусловлен выброс из отвала породы и водокислотного пара.

До настоящего времени среди специалистов угольной отрасли широко бытует мнение, что причиной самонагрева и возгорания является химическое окисление угля, углисто-глинистых и других пород кислородом атмосферного воздуха. Пока нет ни единого экспериментального доказательства, что при насыщении пиритсодержащего

угля воздухом (имеющим разные концентрации кислорода) происходит самовозгорание угля или углисто-глинистых пород. Следовательно, наличие новой биогеохимической теории определяет концептуальные принципы управления протекающими процессами в пиритсодержащих породах при ведении горных работ и складировании пород на земной поверхности.

**Выводы.** При разработке угольных месторождений естественным путем самонагреваются только влажные пиритсодержащие горные породы при участии тионовых бактерий. В кислой среде тионовые бактерии «запускают» биологические и интенсифицируют химические процессы окислительного выщелачивания пирита. При температуре более 98–100 °С функционирует только химический реактор. В нем первоначально воспламеняются пары элементной серы, затем начинает гореть десорбирующий метан и углистые включения, т. е. самонагревание пород переходит в их стабильное горение.

Горная наука Украины располагает эффективными и хорошо апробированными малозатратными способами и технологиями предотвращения самовозгорания горных пород и тушения горящих отвалов. Несмотря на кризис в стране, использование новых способов профилактики и тушения отвальных пород – одна из неотложных задач угольной отрасли. В Украине не менее 1300 породных отвалов, из них 30–35 % – горящие.

### ЛИТЕРАТУРА

1. *Диплом 79 на открытие* / М. П. Зборщик, В. В. Осокин // Явление выделения из пиритсодержащей горной породы элементной серы под действием тионовых бактерий. – М.: РАЕН, Международная ассоциация авторов научных открытий, 1998. – Рег. № 91.
2. *Зборщик М. П.* Предотвращение самонагрева горных пород / М. П. Зборщик, В. В. Осокин. – К.: Техника, 1990. – 176 с.
3. *Зборщик М. П.* Предотвращение экологически вредных проявлений в породах угольных месторождений / М. П. Зборщик, В. В. Осокин. – Донецк: ДонГТУ, 1996. – 178 с.
4. *Меркулов В. А.* Охрана природы на угольных шахтах / В. А. Меркулов. – М.: Недра, 1981. – 184 с.
5. *Диплом 393 на открытие* / [В. В. Осокин, М. П. Зборщик, В. И. Ландик и др.] // Свойство пиритсодержащих пород порождать выбросы водокислотных паров и пород в техногенных отвалах угольных месторождений. – М.: РАЕН, Международная академия авторов научных открытий, 2010. – Рег. № А-493.