

ЛОКАЛИЗАЦИЯ И ТУШЕНИЕ ОЧАГОВ ГОРЕНИЯ УГОЛЬНЫХ ОТВАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОТХОДОВ ЦЕМЕНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

А.С. Щербо

*ГОУ ВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева», г. Саранск
E-mail: sherboas@mail.ru*

Аннотация

В статье изложена концепция, раскрывающая причины самовозгорания породных отвалов и предложен метод тушения очагов горения угольных отвалов с использованием отходов цементного производства.

В настоящее время на территории стран Содружества Независимых Государств функционируют более 5000 карьеров по добыче различных полезных ископаемых (Комашенко, Дребенштедт, 2005). Вместе с тем, в России наблюдается планомерное повышение доли открытого способа добычи угля, и по прогнозам академика К.Н. Трубецкого и чл.-корр. Ю.Н. Малышева его доля к 2020-2030 гг. возрастет до 70-75 % от общей добычи, которая достигнет 450-550 млн. тонн в год. Вследствие этого, остро встает вопрос об ограничении негативных последствий открытых горных работ и рациональном использовании нарушенных при разработке месторождений территорий [1].

Характерной особенностью разработок угольных месторождений является удаление больших масс покрывающих и вмещающих пород, годовые объемы которых в несколько раз превышают объемы добываемого угля. Поэтому основными отходами при добыче угля открытым и подземным способом являются вскрышные и вмещающие породы, которые образуют многочисленные отвалы. Породы, поступающие в отвал, образуются за счет проходки выработок, их ремонта и восстановления. В литологическом отношении отвалы представлены аргиллитами, алевролитами, песчаниками, углем и другими породами. В них присутствует древесина, металлические предметы. Породы неоднородны по гранулометрическому составу, имеют размер от глинистых частиц до глыб [2]. Площади влияния отвалов в несколько раз превышает площади самих отвалов. В зависимости от технологии отвалообразования формируются отвалы следующих типов: конические (терриконы), хребтовые и плоские. Отвалы принимают породу от отдельной шахты, обогатительной фабрики или от группы угольных предприятий. Наибольший вред природному ландшафту наносится отсыпкой конических и хребтовых отвалов, высота которых в отдельных случаях достигает 110-120 м. По температурному состоянию отвалы делятся на горящие и негорящие. Отвал считается горящим, если на нем имеется хотя бы один очаг горения (независимо от его площади) с температурой пород на глубине до 2,5 м более 80°C. Газы, выбрасываемые в атмосферу горящими

отвалами, существенно изменяют почвенный и растительный покров, животный мир, продуктивность лесных и сельскохозяйственных угодий на значительных прилегающих к отвалам территориях. Опыт показывает, что через 7-12 лет после окончания эксплуатации, горящие отвалы переходят в категорию негорящих. Однако фактическое состояние каждого отвала может быть определено и установлено только на основании соответствующих обследований, выполненных специализированными организациями [3].

В результате сложных процессов, протекающих в теле породных отвалов, происходит их самопроизвольное возгорание. Горящие отвалы являются одной из основных проблем угледобывающих районов. Горение отвалов продолжается в течение нескольких лет. Это ведет к загрязнению атмосферы продуктами горения и осаждению их на поверхности земли. При сгорании 1 кг породы происходит загрязнение до опасного предела от 6,7 до 8,7 млн. м³ атмосферного воздуха. Из горящих отвалов в атмосферу выделяется около двух десятков вредных веществ: оксид углерода, углекислый газ, сернистый газ, серный ангидрид, сероводород, сероуглерод, серооксид углерода, оксиды азота, серная кислота, цианводород, аммиак, цианиды, тиоцианаты и др.

До сих пор нет единой четкой концепции, которая бы объясняла природу самопроизвольного возгорания отвальных горных пород. Многие специалисты считают, что причиной самовозгорания пород является их взаимодействие с кислородом атмосферного воздуха. Но за всю историю существования кислородной теории нет ни единого экспериментального доказательства, чтобы при насыщении угля кислородом произошло его самовозгорание. Имеется также ряд других предположений и попыток объяснить природу самовозгорания твердых горючих ископаемых (пиритная гипотеза разложения в угле вследствие экзотермической реакции дисульфида железа при участии влаги и кислорода, воспламенения при обычной температуре образующегося при выщелачивании пирита пиррофорного железа и др.), но все они не имеют убедительных обоснований и остаются лишь предметом научных дискуссий. Согласно практике, самовозгораются обычно влажные горные породы при слабой аэрации их поверхности. Очаги самонагревания пород часто обнаруживаются по выделениям сульфатов железа и серной кислоты. Образование этих веществ, естественно, возможно только при окислительном выщелачивании содержащегося в породах пирита [1, 2, 3].

В теоретическом плане для целостного представления о закономерностях и условиях протекания в горных породах опасных и вредных геохимических процессов и существенных связях действительности самонагревания и самовозгорания пород авторами выполнен комплекс исследований [1, 2, 3]. Микробиологическими исследованиями установлено, что в шахтных водах Донбасса имеются палочковидные тионовые бактерии (*Th.ferrooxidans*). Влага и бактерии проникают в породы при конденсации паров, фильтрации воды из затопленных выработок, орошении угля, высоконапорном его увлажнении и процессах обогащения. Микротрещины и

макропоры прослоев и линз пирита благоприятны для жизнедеятельности тионовых бактерий. В среде обитания таких бактерий обязательно должны быть следующие два компонента: растворенный кислород и уголекислота. Важнейшее условие существования тионовых бактерий - это наличие кислой среды. Растворенный уголекислый газ является источником углерода для развития бактерий, а источником энергии для них являются процессы окисления железа (II) и элементарной серы.

Лабораторные эксперименты показали, что при самонагревании породы происходит изменение морфологии (формы существования) тионовых бактерий в поровом растворе в зависимости от изменения его параметров (температуры, кислотности, наличия питательных субстратов и источников энергии). Суть этого ранее неизвестного природного явления в том, что по мере роста температуры бактерии последовательно приобретают следующие формы: подвижные палочки средних размеров, переходные (раздутые) формы и длинные палочки, нитчатые структуры, сферические формы. Тионовые бактерии таких форм подобны аэробным хемолитотрофным бактериям, которые способны окислять в гидротермах восстановленные соединения серы и железа при температурах от 30 до 99-1000°C и pH от 1 до 6,5-7. Установлено также и второе ранее неизвестное явление выделения из пиритсодержащей горной породы элементарной серы под действием тионовых бактерий [2], заключающееся в том, что в естественных водно-воздушных условиях тионовые бактерии разлагают в порах породы микрокристаллы пирита по их внешней поверхности на элементарную серу и сопутствующие компоненты (серную кислоту, сульфаты, гидроксид железа и др.).

В целом процесс бактериального окислительного выщелачивания пирита (сульфидных минералов) включает две тесно связанные и параллельно протекающие стадии: непосредственное окисление минерала и деструкция кристаллической решетки; окисление образующихся при этом новых веществ (двухвалентного железа и серы). При этом вследствие выделения серной кислоты образуются сернокислотные поровые растворы. Часть неокисленной серы образует с ионами трехвалентного железа и сульфат-ионами коллоидный раствор. Все реакции, связанные с окислительным выщелачиванием пирита, протекают самопроизвольно и являются экзотермическими. В процессах самонагревания пород роль бактерий заключается в следующем: расчленение поверхности пирита и увеличение его реакционноспособной поверхности; окисление серы и двухвалентного железа (в условиях невозможного их чисто химического окисления); предотвращение отложения веществ новообразования на поверхности минерала; непосредственное участие в экзотермических реакциях. Тионовые бактерии, образно говоря, "запускают" экзотермические процессы окислительного выщелачивания пирита, без участия бактерий такие процессы не протекают. Следует отметить, что в кислой среде чисто химическое окисление двухвалентного железа протекает очень медленно. При воздействии же бактерий окисление двухвалентного железа до

трехвалентного протекает со скоростью примерно в 500 тыс. раз большей скорости чисто химического окисления. Вместе с тем биохимические процессы, увеличивая реакционную способность поверхности пирита и повышая температуру, интенсифицируют чисто химические процессы окислительного выщелачивания этого минерала, которые способствуют дальнейшему росту температуры и выделению веществ новообразования (серы, серной кислоты и соединений железа).

Предотвратить самонагревание горных пород (начальную стадию их самовозгорания) в принципе можно двумя путями: исключить проникновение в породы вод, содержащих тионовые бактерии и необходимые для их жизнедеятельности растворенные газы; целенаправленно воздействовать на среду обитания бактерий (подавить их активность). Практически более приемлем второй путь – это значит увеличить рН жидкой среды (кислую среду превратить в щелочную) или резко уменьшить содержание кислорода и углекислого газа. Достаточно просто повысить рН среды - надо в воду добавить гидроксиды или карбонаты натрия, калия, кальция, т.е. NaOH, KOH, Ca(OH)₂, Na₂CO₃, K₂CO₃, CaCO₃. При воздействии такой водой на пиритсодержащие породы декарбонизируются поровые растворы и происходит связывание веществ новообразования. Если использовать растворы NaOH или KOH, то процесс декарбонизации поровых растворов сопровождается образованием на поверхности горной породы защитного слоя из карбоната кальция CaCO₃ и гидроксида магния Mg(OH)₂. При декарбонизации порового раствора гидроксидом кальция Ca(OH)₂, т.е. известковой суспензией, также образуется защитный слой из карбоната кальция, а в случае избытка извести может образоваться защитный слой из CaCO₃ и Mg(OH)₂. Когда вода с указанными выше добавками попадает в пиритсодержащие породы и в них уже начали протекать биохимические процессы окислительного выщелачивания пирита, происходят реакции взаимодействия этих веществ с сульфатами железа и образуется гидроксид железа (III), выпадающий в осадок. Нейтрализация серной кислоты известковой суспензией сопровождается образованием защитного гипсового слоя CaSO₄·2H₂O на поверхности горной породы. Эффективность использования возможных других веществ для предотвращения самовозгорания углей и углисто-глинистых пород достаточно полно рассмотрена в работе.

По моему мнению, весьма перспективным является использование цементной пыли для приготовления, нейтрализующего раствора. Цементная пыль имеет состав, подобный обычному портландцементу. По химическому составу пыль цементного производства содержит от 10 до 40% K₂O, от 1 до 2,5% серы, до 60% MgCO₃ + CaCO₃.

Следы кадмия, свинца, и селена, и радионуклидов в цементной пыли определены в концентрациях менее 0,05% по массе. Поскольку некоторые из этих компонентов потенциально опасны при низких концентрациях, важно оценить уровни их содержания в цементной пыли перед использованием.

Повышенное содержание щелочных окислов в цементной пыли при соединении с водой позволяет получить щелочные растворы Ca, Mg, Na, K. Использование указанных растворов при тушении возгораний на угольных отвалах, но также будет способствовать снижению их кислотности. В последствии это весьма плодотворно повлияет на рост растений на теле отвала - активизирует рост корневой системы, уменьшит поражённость болезнями и т.д.

Выводы

Использование цементной пыли для приготовления растворов для тушения возгораний на угольных отвалах является решением одновременно решением нескольких проблем:

- локализация и тушение очагов возгораний на угольных отвалах;
- утилизация отходов цементного производства – цементной пыли, которая не может быть повторно использована;
- подготовка поверхности отвала к биологическому этапу рекультивации.

Теоретически замена цементной пылью простой извести для приготовления растворов возможна, но для получения более точных результатов и внедрения технологии в производство необходимо проведение полномасштабных исследований, которые бы позволили дать четкую техническую концепцию разработки и подготовить технико-экономическое обоснование для ее внедрения.

Литература

1. Поспехов, Г. Б. Изменение инженерно-геологических условий рекультивируемых территорий на Богословском бурогольном месторождении.: дис. ... канд. геол.-минерал. наук : 25.00.08 : защищена 13.12.06 / Поспехов Георгий Борисович. – СПб., 2006. – 169 с.
2. Максимович, Н. Г. Экологические последствия ликвидации Кизеловского угольного бассейна / Н. Г. Максимович, Н. В. Черемных, Е. А. Хайрулина // Географический вестник. – 2006. – №2. – С. 128-134.
3. Гавриленко, Ю. Г. Техногенные последствия закрытия угольных шахт Украины / Ю. Г. Гавриленко, В. Н. Ермаков, Ю. Ф. Кренида, О. А. Улицкий, В. А. Дрибан // Влияние породных отвалов угольных шахт на окружающую природную среду. – 2004. – Донецк. – С. 447-450.
4. Свергузова, С. В. Утилизация техногенных материалов способом экструдирования / С. В. Свергузова, С. П. Нечаев, М. В. Севостьянов, М. Н. Спирин, В. С. Севостьянов // Научное издание «Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова». – 2004. - №8. – С. 276-279.