

Таким образом, возникает острая необходимость внедрения предлагаемой модели системы управления охраной труда в образовательную деятельность вуза для обеспечения повышения эффективности работы руководителей, сотрудников и обучающихся в области безопасности.

Внедрение модели позволит:

- привлечь активных работников вуза к управлению охраной труда;
- минимизировать все виды затрат на охрану труда без понижения ее эффективности;
- повысить качество подготовки работников по охране труда;
- добиться реальности и сокращения объема документов в области охраны труда.

Внедрение в жизнь вуза данной модели позволит повысить численность персонала, участвующих в улучшении деятельности образовательной организации в области охраны труда.

Список использованных источников:

1. Орлова О.И. Исследование состояния системы управления охраной труда в учреждениях высшего образования / О.И. Орлова // Аллея науки. – 2018. – Т. 2, № 10 (26). – С. 631–635.
2. Проблемы комплексного управления охраной труда в образовательных учреждениях / А.С. Гринина // Научный вестник Южного института менеджмента. – 2017. – № 1. – С. 51–55.
3. Солдунов А.В. Обучение охране труда в образовательных организациях: особенности риск-ориентированного подхода при осуществлении надзора в сфере труда / А.В. Солдунов, Л.Ю. Солдунова // Вестник Саратовского областного института развития образования. – 2019. – № 1 (17). – С. 101–105.
4. Коркачев В.А. Проблемные аспекты формирования стратегии управления охраной труда на предприятии / В.А. Коркачев, А.Г. Коряков // Экономика и управление инновациями. – 2019. – № 3. – С.78–87.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМ РАННЕГО ОБНАРУЖЕНИЯ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ПОЖАРОВ НА ШАХТАХ, РАЗРЕЗАХ И ОТВАЛАХ УГОЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Н.Ю. Луговцова, к.т.н., доц.

Юргинский технологический институт (филиал)

Национального исследовательского Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

E-mail: lnyu@tpu.ru

Аннотация: В работе предлагается новый механизм снижения скорости сорбции кислорода углем, основанный на взаимодействии теплофизических параметров воздуха и влажности угля. Проведены исследования по влиянию влаги в различном агрегатном состоянии на скорость сорбции углем кислорода с учетом особенностей строения углей, степени его метаморфизма, химического состава и физических свойств. Выявлены зависимости тепловлажностных параметров окружающей среды на время протекания химической реакции окисления скоплений угля, их размеры, геометрическую форму (параллелепипед, высотой L и неограниченными шириной и длиной, цилиндр, радиусом R с неограниченной длиной, сфера, радиусом R).

Ключевые слова: самовозгорание угля, скорость сорбции, химическая активность, теплофизические параметры воздуха.

Abstract: The work proposes a new mechanism for reducing the rate of oxygen sorption by coal, based on the interaction of coal humidity and thermophysical parameters of air. Studies have been carried out on the effect of moisture in various states of aggregation on the rate of oxygen sorption by coal, taking into account the structural features of coal, the degree of its metamorphism, chemical composition and physical properties. The dependences of the heat and humidity parameters of the environment on the time of the chemical reaction of oxidation of coal accumulations, their sizes, geometric shape (parallelepiped, height L and unlimited width and length, cylinder, radius R with unlimited length, sphere, radius R) were revealed.

Keywords: spontaneous combustion of coal, sorption rate, chemical activity, thermophysical parameters of air.

Разработка угольных месторождений всегда сопровождается авариями и несчастными случаями, причем большая часть аварий связана с подземными пожарами в шахтах, отвалах и разрезах. Они вызываются, как правило, самонагреванием угля с последующим переходом в самовозгорание, которое приводит к пожару.

Изучение закономерностей возникновения процессов самовозгорания угля, и способов раннего обнаружения этих процессов давно привлекает внимание ученых.

Основной целью работы является исследование и определение новых физических условий, и создание математических моделей развития процессов самовозгорания угля, описывающих изменение скорости, температуры, влажности и концентрации кислорода в угольном скоплении.

Горнодобывающая отрасль является одной из основных, составляющих промышленность Сибирского федерального округа. Порядка 80 % всех минеральных ресурсов Сибири составляют уголь и молибден. Круп-

нейшими по объемам добычи угля в округе являются Кузнецкий, Канско-Ачинский, Иркутско-Черемховский и Минусинский бассейны. Причем, добыча производится, как открытым (разрезы), так и подземным (шахтным) способами. Практически все разрабатываемые пласты, вне зависимости от способов добычи, в той или иной степени проявляют склонность к самовозгоранию при их вскрытии. В процессе ведения открытых горных работ на угольных разрезах часто возникают техногенные пожары, как например, пожар на Харанорском месторождении бурого угля в Забайкалье в мае 2018 года, на Тунгуйском угольном разрезе в Бурятии в октябре 2018 года, Коркинском угольном разрезе в Челябинске в 2017 году и многие другие. Кроме того, при открытом способе добычи всегда образуются отвальные породы – терриконы, которые также нередко самовозгораются. Известно, что в глубине терриконов, подверженных горению, температура достигает 1000 °С и более, а процесс горения может длиться до 20 лет. При шахтном способе добычи возникают эндогенные пожары в результате самовозгорания угольных скоплений в выработанном пространстве шахт. Основная опасность таких пожаров заключается в том, что их сложно обнаружить на ранней стадии и предотвратить.

Экологический ущерб только от эндогенных пожаров в Кемеровской области в среднем составляет около 1 млрд. руб. в год. Ущерб, наносимый окружающей среде, заключается в выбросах в атмосферу вредных и ядовитых веществ, образующихся при горении угольных пластов, в частности, согласно недавно проведенным исследованиям, над эндогенными пожарами от шахт Кузбасса выделяется дополнительно в атмосферу 21 тыс. т в год оксида углерода, 19 тыс. т в год водорода и 210,5 тыс. т в год метана.

Несмотря на все имеющиеся на сегодняшний день способы предотвращения самовозгорания угля, данная проблема остается актуальной, поскольку многие теоретические стороны не проработаны в полном объеме, а расширение объема горных работ, и вследствие этого увеличение площади отвалообразования, а также тенденция закрытия отработанных шахт, требует постоянного увеличения усилий для предупреждения самовозгорания, локализации и тушения пожаров.

К настоящему времени выдвинуто множество теорий, основными из которых являются теория самовозгорания пирита, кислородная теория, бактериальная теория и теория горного давления. Многие ученые (Скрицкий В.А., Портола В.А., Игишев В.Г., Саранчук В.И. и др.) сходятся во мнении, что возникновение самовозгорания происходит при воздействии кислорода воздуха и низкотемпературном окислении угля. Согласно кислородной теории, самовозгорание угля происходит в результате реакций окисления кислородом воздуха в угольных пластах. В результате химической реакции угля с кислородом воздуха повышается его температура (самонагревание). Когда уголь достигает критической температуры, процесс саморазогревания переходит в процесс самовозгорания угля. В этом случае нагрев угля объясняется возникновением сорбционных процессов, когда уголь поглощает кислород из воздуха. На первой стадии кислород поглощается углем, что приводит к образованию на его поверхности нестабильных соединений кислорода. На следующей стадии происходит химическое разложение нестабильных соединений кислорода с образованием оксида углерода, углекислого газа и воды. На этой стадии окисления угля выделяется до 70 % всего тепла. Несмотря на большое количество исследований, проведенных для выяснения этих вопросов, знания в этой области еще не полностью удовлетворяют требованиям промышленности. Нет сомнения, что самонагревание вызвано окислением угля и накоплением выделяющегося при этом тепла, но конкретные условия и механизм этого процесса настолько необычны и еще не ясны, что общих химических представлений недостаточно для их определения.

Основную роль в процессе самовозгорания угольных пластов играют геологическое строение и качество угля. Важнейшими горно-геологическими факторами, способствующими развитию эндогенных пожаров, являются мощность пласта, глубина залегания и угол падения пласта.

Кроме того, в зонах тектонических нарушений и в старых горных выработках угли могут обладать повышенной химической активностью, характеризующей скорость поглощения углем кислорода.

Химическая активность может существенно изменяться в зависимости от степени метаморфизма, глубины залегания пласта, элементного состава угля и многих других факторов. Многочисленные исследования посвящены влиянию начальной влажности угля на его самовозгорание. В некоторых литературных источниках утверждается, что влага, действуя на уголь, может выступать катализатором процесса окисления, тем самым ускоряя процесс самовозгорания угля. В других источниках, наоборот, установлено, что скорость поглощения кислорода углем снижается с увеличением его влажности. Причиной этого считают то, что при заполнении жидкостью пор и трещин на поверхности угля образуется пленка воды, замедляющая проникновение кислорода к активным центрам. Также в некоторых работах утверждается, что при повышении влажности угля процесс самовозгорания угля замедляется из-за потери выделяемого тепла за счет нагрева и испарения жидкости.

В рамках работы проведены исследования по влиянию влаги в различном агрегатном состоянии на скорость сорбции углем кислорода с учетом особенностей строения углей, степени его метаморфизма, химического состава и физических свойств. Выявлены зависимости тепловлажностных параметров окружающей среды на время протекания химической реакции окисления угольных скоплений, их размеры, геометрическую форму (параллелепипед, высотой L и неограниченными шириной и длиной, цилиндр, радиусом R с неограниченной длиной, сфера, радиусом R).

Полученные в ходе выполнения работы результаты и знания позволили определить физико-химический механизм протекания реакции низкотемпературного окисления угля и условия возникновения и развития очагов самовозгорания, а также, на основе этих знаний, создать принципиально новую экономически эффективную систему раннего обнаружения и предупреждения пожаров на угольных предприятиях, и тем самым снизить экологический ущерб от горнодобывающей деятельности.

Ранее, при исследовании химической активности углей, была установлена закономерность одновременного воздействия хладагента, процесса испарения и охлаждения скоплений угля на скорость сорбции кислорода углем. Обосновано, что определяющим фактором эндогенных пожаров является процесс самовозгорания угля, обусловленный его химической активностью. Доказано, что снижение температуры угольного скопления на каждые 10 °С снижает химическую активность угля в 2 раза, тем самым резко увеличивая инкубационный период процесса самовозгорания угля.

Получены уравнения экспоненциальной зависимости скорости сорбции кислорода углем от температуры во времени: $U_1 = 0,0024^{e^{0,0663T}}$, $U_2 = 0,0019^{e^{0,0665T}}$, $U_3 = 0,0015^{e^{0,0574T}}$ с разницей через каждые 24 часа. При комплексном воздействии увлажнения и охлаждения снижение температуры угля с 25 до 0 °С снижает его химическую активность в 3-4 раза. Доказано, что при увлажнении скоплений угля на каждые 10 % и последующем продувании сухим воздухом температура угля снижается на 1 °С. Однако, исследованы были угли только Кузнецкого угольного бассейна. По статистике же, наиболее склонны к самовозгоранию бурые угли, добываемые, преимущественно, в Канско-Ачинском и Иркутско-Черемховском бассейнах.

Для успешной реализации ранее проведенных исследований, а также исследования механизмов и условий развития процессов самовозгорания углей в шахтах, отвалах и разрезах, необходимо более детально изучить процессы развития эндогенных пожаров шахт, отвалов и разрезов в совокупности с проведением натуральных испытаний системы раннего обнаружения и предупреждения самовозгорания. Исследования механизмов и причин возникновения процессов самовозгорания угольных скоплений являются крупной фундаментальной задачей, решение которой может в значительной мере определить процесс безопасного развития горнодобывающей отрасли.

Список использованных источников:

1. Akinshipe O. The quantification of atmospheric emissions from complex configuration sources using reverse dispersion modeling / O. Akinshipe, G. Kornelius // *International Journal of Environmental Science and Technology*. – 2017. – vol. 14. – Issue 11. – pp. 2367–2378. – DOI: 10.1007/s13762-017-1316-0.
2. Kurakov Yu. I. The effect of coal mine dumps on the atmospheric conditions / Yu. I. Kurakov // *Khimiya Tverdogo Topliva*. – 2005. – Vol. 6. – P. 70–76.
3. Тимофеева С.С. Возможности использования магнийсиликатных отходов для снижения экологической нагрузки на атмосферу при самовозгорании угля / С.С. Тимофеева, Г.И. Смирнов // *Вестник Технологического университета*. – 2018. – Т. 21, № 1. – С. 66–70.
4. Тимофеева С.С. Роль угля в энергетике XXI века и оценка рисков при его добыче и потреблении / С.С. Тимофеева, Г.И. Смирнов // *XXI век. Техносферная безопасность*. – 2016. – Т. 1, № 4 (4). – С. 92–106.
5. Тимофеева С.С. Безопасность добычи угля в показателях риска / С.С. Тимофеева, Е.А. Хамидуллина, Г.И. Смирнов // *Безопасность в техносфере*. – 2014. – Т. 3, № 4. – С. 34–39.
6. Смирнов Г.И. Возможности использования пожарных извещателей для обнаружения самовозгорания угля на ранних стадиях / С.С. Тимофеева, Г.И. Смирнов // *Вестник Иркутского государственного технического университета*. – 2014. – № 11 (94). – С. 103–107.
7. Khamidullina E.A. Accidents in coal mining from perspective of risk theory / E.A. Khamidullina, S.S. Timofeeva, G.I. Smirnov // *IOP Conference Series: materials Science and Engineering Ser. «International Conference on Construction, Architecture and Technosphere Safety, ICCATS 2017»*. – 2017. – С. 012210.
8. Тимофеева С.С. Оценка экологической нагрузки технологических процессов добычи угля на окружающую среду на примере Черемховского разреза / С.С. Тимофеева, М.А. Мурзин // *Вестник Иркутского государственного технического университета*. – 2015. – № 3 (98). – С. 108–114.
9. Эндогенная пожароопасность шахт Кузбасса / В.А. Портола, Н.Л. Галсанов, М.В. Шевченко, Н.Ю. Луговцова // *Вестник Кузбасского государственного технического университета*. – 2012. – № 2 (90) – С. 44–47.
10. Портола В.А. Развитие процесса самовозгорания в скоплении предварительно охлажденного угля / В.А. Портола, Н.Л. Галсанов, Н.Ю. Луговцова // *Вестник Кузбасского государственного технического университета*. – 2013. – № 1 (95). – С. 49–52.