

УДК 622.504.75.05

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ОСЕРЕДКІВ САМОЗАЙМАННЯ ПОРОДНИХ ВІДВАЛІВ¹**Чоботко І.І.,** ²**Тинина С.В.**¹НТУ «Дніпровська політехніка» МОН України, ²Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України**МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ЛОКАЛИЗАЦИИ ОЧАГОВ САМОВОЗГАРАНИЯ ПОРОДНЫХ ОТВАЛОВ**¹**Чоботко И.И.,** ²**Тынина С.В.**¹НТУ «Днепровская политехника» МОН Украины, ²Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины**METHODS AND MEANS FOR LOCALIZATION OF FOCALS OF SELF-IGNITION OF SPECIFIC DUMPS**¹**Chobotko I.I.,** ²**Tynyna S.V.**¹NTU "Dniprovskaya Politechnica" MSE of Ukraine, ²Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Sciences of Ukraine

Анотація. У статті наведено хімічні формули взаємодії гідроксиду кальцію з розчиненими у воді вуглекислим газом, вільною вугільною кислотою з гідрокарбонатом кальцію й магнію та при надлишку вапна, методи та засоби боротьби з загорянням осередків породних відвалів за допомогою гідроксиду кальцію. Представлені у статті результати свідчать про оптимальний вибір методів для запобігання самозаймання породних відвалів з використанням гідроксиду кальцію, який має універсальні можливості нейтралізовувати самозаймання породи за допомогою ендогенного впливу на міжфракційний простір з поглинанням теплової енергії, що забезпечує безпеку експлуатації відвалів. Визначено оптимальне пропорційне співвідношення вапнякової суспензії та гашеного вапна, змішаного з дрібним піском та його вплив на хімічні процеси нейтралізації та осадження окислів заліза, що забезпечує поглинання виділень газів зі сполук піриту та сіркового ангідриду, що містяться у породних відвалах.

Розглянуто методи застосування гасіння плоского та конічного породного відвалу. Для запобігання горіння плоского відвалу обґрунтовано формування на їх боковій поверхні захисного слою вапнякової суспензії, який запобігає проявам теплової депресії в утворюючому або наявному осередку екзотермічного процесу. Розглянуто бульдозерний метод формування захисного слою на поверхні плоского відвалу за допомогою суміші дрібного піску з гашеним вапном. Наведено технологічну схему установки для гасіння конічного відвалу методом нагнітання розчинів на основі вапнякової суспензії ін'єкторами всередину відвалу до осередку займання. Це в першу чергу сприяє витісненню з міжфракційного простору парів газів та сірки, згортання шкідливих речовин. Технологічна схема та основні робочі вузли установки допомагають здійснити ефективне зниження температурного контуру по всьому відвалі, а також за короткий час провести роботи з ліквідації самозаймання відвалу безпосередньо впливом на осередок займання.

Ключові слова: осередки породних відвалів, гідроксид кальцію, вуглекислий газ, вапнякова суспензія, пірит, сірковий ангідрид, бульдозерний метод, гашене вапно, породний відвал, ін'єктори, осередки займання, міжфракційний простір

До недавнього часу гасінням породних відвалів не приділялося належної уваги. Це приводило до виникнення аварійних ситуацій, пов'язаних з ними, пожерів тощо.

Причина – накопичення всередині відвалу надлишкового тиску за рахунок виділення парів, внаслідок реакції окислення сполук піриту та сіркового ангідриду. Це в свою чергу провокувало техногенні аварії з катастрофічними наслідками.

Наприклад, вибух на породному відвалі може призводити до розкиду кусків

породи на досить великий радіус (до 2-2,5 км), тим самим забруднюючі прилеглі території з населеними пунктами та приводячи до загибелі людей [1].

Були запропоновані заходи запобігання самозаймання породних відвалів. До них відносяться:

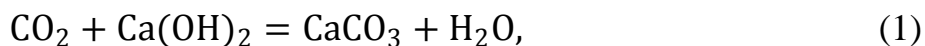
а) гасіння за допомогою води;

б) розчинів та суспензій гідроксидів і карбонатів Na, K, Ca.

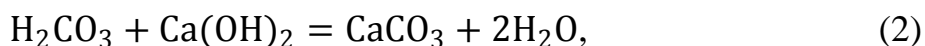
Останній спосіб показав свою значну ефективність. Так на його основі були розроблені промислові технології гасіння породи на відвалах.

Висока ефективність використання гідроксиду кальцію (гашеного вапна) для профілактики самозаймання породи обумовлена особливостями взаємодії цієї речовини на тверду та рідку фазу окислювально-відновлювальної реакції піриту, що підтверджують дослідження провідних вчених Зборщика М.П. та Осокіна В.В.

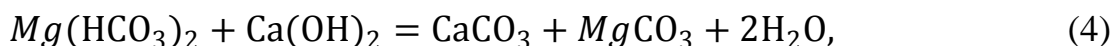
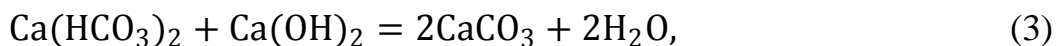
Гідроксид кальцію може взаємодіяти з розчиненим у воді вуглекислим газом [2]



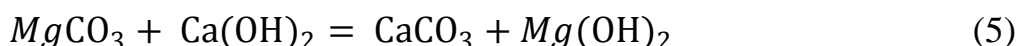
з вільною вугільною кислотою



а також з гідрокарбонатом кальцію та магнію



та при надлишку вапна



Гідроксид кальцію може бути використаний також для прямого впливу на вологі породи з великим вмістом піриту з метою запобігання або нейтралізації процесів їх самонагрівання [3].

Гідроксид кальцію, температура дисоціації якого на CaO та H₂O становить 540 °C, може бути використаний як суспензія для гасіння гірничих порід. При цьому відбувається не тільки охолодження породи речовиною, а й поглинання виділень шкідливих газів гідроксидом кальцію з осередка займання [3,4,5].

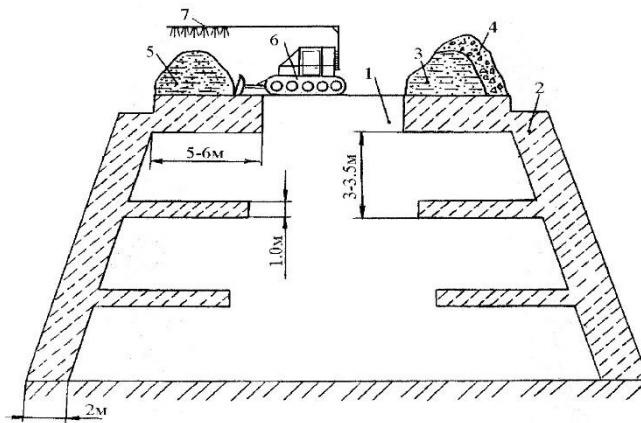
На практиці гашене вапно використовують у вигляді суспензії – вапнякового молока з вмістом CaO по масі до 10-15%. Це забезпечує високу ефективність локалізації міжфракційного простору [3,4].

Хімічні реакції з її участю протікають відносно швидко. При додаванні вапнякової суспензії до кислої води процес нейтралізації її й осадження наявних сполук заліза відбувається за невеликий проміжок часу. Таким чином, відбува-

ється швидке зв'язування міжфракційного простору з поглинанням теплоти [3].

У зв'язку з тим, що розчинність гідроксиду кальцію у воді невелика, при проведенні робіт з профілактики самозаймання гірничих порід найбільший ефект змінення твердої та рідкої фази слід чекати у зонах фільтрації суспензії. Ефективність використання вапнякової суспензії для гасіння вугілля або вуглисто-глинистих порід обумовлена ендогенною дією речовини, взаємодією гідроксиду кальцію з твердою поверхнею та продуктами окислювально-відновлювальної реакції, а також зниженням газопроникності масиву або гірничої породи, що в свою чергу штучно прискорює реакцію з поглинанням теплової енергії, що виділяється породами [2,3,4].

Горіння породи у плоских відвалах виникає за рахунок невеликого по товщині поверхневого слою уздовж їх бокової поверхні. Запобігти самозаймання породи чи провести гасіння її на схилах плоских відвалів можливо формуванням на їх боковій поверхні захисного слою, котрий запобігає проявам теплової депресії в утворюючому або наявному осередку екзотермічного процесу [3,5].



1- плоский відвал; 2-захисний шар (порожня порода та наповнювач); 3-суміш дрібного піску з гашеним вапном; 4-порожня порода; 5- порожня порода з добавкою наповнювача – піску та гашеного вапна у кількості 20-30% від насипного об'єму породи; 6-бульдозер; 7-система зволоження породи та наповнювача

Рисунок 1 - Технологічна схема формування захисного слою на поверхні плоского породного відвалу

Гасіння породи у відвалах різної конфігурації може відбуватися шляхом нагнітання води з добавками. При цьому невід'ємною частиною є охолодження осередку горіння рідиною, осадження на поверхні гірничої породи компонентів, які в ній містяться, витиснення з міжфракційного простору горючих газів, згортання шкідливих речовин новоутворення [1,2].

При виборі речовин у якості добавок до води перевагу слід надавати гашеному вапну як найбільш доступному, дешевому й екологічно чистому матеріалу. В металургійній промисловості вапно осідає на фільтрах печей для випалу вапна та розглядається як відходи виробництва. Це вапно може бути використано при виконанні робіт по профілактиці самозаймання гірничих порід та їх гасінню. З практичної точки зору позитивний ефект запобігання горінню поро-

дних відвалів досягається при використанні 3-5%-ої вапнякової суспензії [2,3].

На рис. 2 зображена діаграма змінення температури гірничої маси в околиці осередка горіння (лінія 1) та в його центрі (лінія 2) при нагнітанні до неї 5%-ої вапнякової суспензії двома насосами ІВ-20. Виміри проводилися за допомогою двох трубчатих термопар [3].

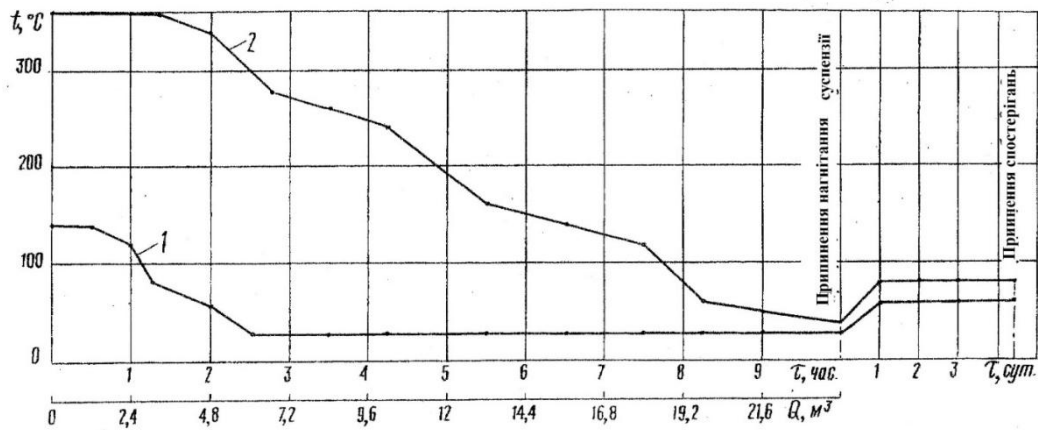


Рисунок 2 - Діаграма змінення температури відвальної породи у залежності від кількості поданої до неї вапнякової суспензії

Можливо проводити гасіння самозаймання породного відвалу за допомогою вапнякової суспензії по усьому його периметру. Породу слід обробляти знизу доверху (від основи до вершини відвалу). Гасіння породного відвалу слід виконувати переміщенням ін'єкторів знизу доверху для створення захисного слою з погашеної породи. У цьому випадку міжфракційний простір заповнено гідроксидом кальцію або продуктами взаємодії його з речовинами новоутворення. При цьому доступ кисню у зону горіння різних речовин стає все більш обмеженим, що призводить до затухання високотемпературних процесів. Гази й пари, котрі містилися всередині відвалу, виходять у атмосферу через конічну частину відвалу [4].

Видалення з відвалу горючих газів, охолодження породи та ізоляція її від доступу атмосферного кисню забезпечується шляхом вакуумування відвалу й обробки породи поверхневого слою вапняковою суспензією, як показано на рис. 3.

В пристрій для гасіння палаючих породних відвалів входять дві системи: нагнітаюча – для обробки породи вапнякової суспензією, та всмоктувальна – для вакуумування відвалу [4,5].

Нагнітаючу систему утворюють наступні гідравлічно зв'язані між собою елементи: ємність для змішування 1, в котрій здійснюється приготування вапнякової суспензії, – котлован об'ємом 200 м^3 поблизу основи відвала 10; насос 3 типу ЦНС-60, який подає під тиском вапнякову суспензію з ємності для змішування до місця гасіння породи; нагнітаючий трубопровід 7 для подання суспензії на відвал; ін'єктори 5 для нагнітання суспензії у відвальну породу.

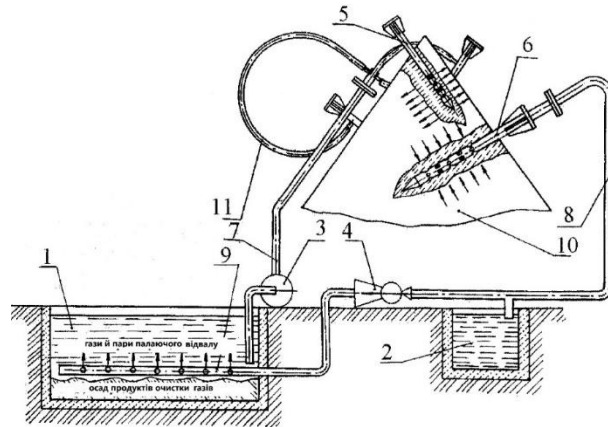


Рисунок 3- Технологічна схема гасіння конічного породного відвалу вапняковою суспензією з одночасним його вакуумуванням

Всмоктуюча система включає наступні основні елементи: вакуум-насос 4 типу ЖВН-50 для вакуумування породного відвалу, встановлений поблизу ємності для змішування; всмоктуючий патрубок 6 – відрізок труби довжиною 4-6 м й діаметром 0,1 м з перфорацією для відводу газів і парів з відвалу; всмоктуючий магістральний трубопровід 8; водовідокремлювач 2 для видалення вологи з трубопроводу. Нагнітаючий патрубок вакуум-насосу приєднаний до системи перфорованих труб 9, розміщених в даній частині ємності для змішування [2,5].

Робота цього пристрою полягає в наступному. У ємність для змішування, наповнену технічною водою, звантажують гашене вапно з розрахунку 30-50 кг на 1 м³ води. Впроваджують у відвал на всю довжину ін'єктори та всмоктуючий патрубок. Включають вакуум-насос. Видалені з відвалу гази йдуть по перфорованим трубам в дону частину ємності для змішування, при цьому відбувається інтенсивне змішування гашеного вапна газовими струменями й утворення суспензії. Цей процес супроводжується поглинанням деяких видалених газів з відвалу, потім включається нагнітаючий насос, який під тиском подає вапнякову суспензію з ємності для змішування у 2-4 ін'єктори, впроваджені у відвал. Після витягу ін'єкторів з поверхневого слою відвалу його залишають відкритими для деякого часу, щоб дати змогу водяній парі вийти в атмосферу [10].

Ефективність цього способу підтверджується багаторічним досвідом використання гасіння породних відвалів.

Висновки.

Представлені у статті результати свідчать про оптимальний вибір методів для запобігання самозаймання породних відвалів з використанням гідроксиду кальцію, який має універсальні можливості нейтралізовувати самозаймання породи за допомогою ендогенного впливу на міжфракційний простір з поглинанням теплової енергії, що забезпечує безпеку експлуатації відвалів.

Розглянуто методи застосування гасіння плоского та конічного породного відвалу. Для запобігання горіння плоского відвалу обґрунтовано формування на їх боковій поверхні захисного слою вапнякової суспензії, який запобігає проявам теплової депресії в утворюючому або наявному осередку екзотермічного процесу. Наведено технологічну схему. Для гасіння відвалів різної конфігурації

застосовано метод видалення з відвалу горючих газів, охолодження породи та ізоляція її від доступу атмосферного кисню шляхом вакуумування відвалу й обробки породи поверхневого слою вапняковою суспензією. Технологічна схема та основні робочі вузли установки допомагають здійснити ефективне зниження температурного контуру по всьому відвалі, а також за короткий час провести роботи з ліквідації самозаймання відвалу безпосередньо впливом на осередок займання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Чоботко І.І., Тинина С.В. Проблеми експлуатації та методи запобігання загоранню породних відвалів / Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси. 2017. Т 44. с.146-151.
2. Зборшик М.П., Осокин В.В. Горение пород угольных месторождений и их тушение. - Донецк: ДонГТУ, 2000.180 с.
3. Зборшик М.П., Осокин В.В. Предотвращение экологически вредных проявлений в породах угольных месторождений. - Донецк, ДонГТУ, 1996. 178 с.
4. Зборшик М.П., Осокин В.В. Природа самовозгорания и тушения отвальных пород угольных месторождений / Уголь Украины, 2015. С. 76-78.
5. Васильєва І.В. Актуальні питання моніторингу породних відвалів угольних шахт і охорони оточуючої середовища / Екологія. Мінеральні ресурси України. 2015. № 3. С. 39-45.
6. Леонов П.А., Сурначев Б.А. Породные отвалы угольных шахт. - М.: Недра, 1970. 111 с.
7. Влияние породных отвалов угольных шахт на окружающую природную среду / Гавриленко Ю.Г., Ермаков В.Н., Кренида Ю.Ф. и др. - Донецк. 2004. С. 447-450.
8. Методические положения комплексной оценки воздействия породных отвалов шахт на окружающую среду / Левкин Н.Д., Калаева С.З., Рыбак В.Л. и др. / Известия ТулГУ. Науки о Земле.2016. Вып.1. С.43-52.
9. Зубов А.Р., Зубов А.А. Экспертная система оценки породных отвалов угольных шахт как структурных элементов экологических сетей / Уголь Украины. 2016. С.31-37.
10. Зубова Л.Г., Зубов А.Р., Зубов А.А. Терриконы: монография.- Луганск: Ноулидж, 2015. 712 с.

REFERENCES

1. Chobotko, I.I. and Tynyna, S.V. (2017), "Problems of operation and methods of prevention of burning of waste heaps", Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Mechanic-technological systems and complexes. Vol. 44. pp.146-151.
2. Zborshik, M.P. and Osokin, V.V. (2000), *Gorenie porod ugolnykh mestorozhdeniy i ikh tushenie* [Burning of rocks of coal deposits and their quenching], DonSTU, Donetsk, Ukraine.
3. Zborshik, M.P. and Osokin, V.V. (1976), *Predotvrashchenie ekologicheskikh vrednykh proyavleniy v porodakh ugolnykh mestorozhdeniy* [Prevention of environmentally harmful manifestations in coal rocks], DonSTU, Donetsk, Ukraine.
4. Zborshik, M.P. and Osokin, V.V. (2015), "The nature of spontaneous combustion and quenching of coal mines", *Coal of Ukraine*, pp. 76-78.
5. Vasiliev, I.V. (2015), "Actual questions of monitoring of waste heaps of coal mines and environmental protection", *Ecology. Mineral resources of Ukraine*. no 3. pp. 39-45.
6. Leonov, P.A. and Surnachev, B.A. (1970), *Porodnye otvaly ugolnykh shakht* [Rock waste dumps of coal mines], Moscow, SU.
7. Gavrilenko, Yu.G., Ermakov, V.N., Krenida, Yu.F. et.al. (2004), "Effect of waste dumps of coal mines on the environment". Donetsk. pp. 447-450.
8. Levkin, N.D., Kalaeva, S.Z., Rybak, V.L. et.al. (2016), "Methodical provisions of the comprehensive assessment of the impact of waste dumps of mines on the environment", *Izvestiya TulGU. Nauki o Zemle*, no. 1, pp. 43-52.
9. Zubov, A.R. and Zubov, A.A. (2016), "Expert evaluation system of waste dumps of coal mines as structural elements of ecological networks", *Coal of Ukraine*. pp. 31-37.
- 10/ Zubova, L.G., Zubov, A.R. and Zubov, A.A. (2015), *Terrikony* [Dirt pile], Knowledge, Lugansk, Ukraine.

Об авторах

Чоботко Ігор Ігорович, аспірант кафедри гірничих машин та інженірингу Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна, efilonov79@gmail.com

Тинина Сергій Володимирович, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник відділу механіки еластомерних конструкцій гірничих машин, Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України (ІГТМ НАНУ), Дніпро, Україна, haritonroots@gmail.com

About the authors

Chobotko Igor Igorovich, Graduate student of the department of mining machines and engineering of the National Technical University "Dniprovsk Polytechnic", Dnipro, Ukraine, efilonov79@gmail.com

Tynyna Sergei Vladimirovich, Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Senior Researcher in Department of Mechanics of elastomeric constructions of mining machines, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics NAS of Ukraine (IGTM, NAS of

Ukraine), Dnepr, Ukraine, haritonroots@gmail.com

Аннотация. В статье приведены химические формулы взаимодействия гидроксида кальция с растворенными в воде углекислым газом, свободной угольной кислотой с гидрокарбонатом кальция и магния и при избытке извести, методы и средства борьбы с возгоранием ячеек породных отвалов с помощью гидроксида кальция. Представленные в статье результаты свидетельствуют об оптимальном выборе методов для предотвращения самовозгорания породных отвалов с использованием гидроксида кальция, который обладает универсальными возможностями нейтрализовать самовозгорания породы с помощью эндогенного воздействия на межфракционный пространство с поглощением тепловой энергии, обеспечивает безопасность эксплуатации отвалов. Определены оптимальное пропорциональное соотношение известняковой суспензии и гашеной извести, смешанного с мелким песком и его влияние на химические процессы нейтрализации и осаждения окислов железа, обеспечивает поглощение выделений газов из соединений пирита и серного ангидрита, содержащиеся в породных отвалах.

Рассмотрены методы применения тушения плоского и конического породного отвала. Для предотвращения горения плоского отвала обоснованно формирование на их боковой поверхности защитного слоя известняковой суспензии, который предотвращает проявления тепловой депрессии в создающем или имеющемся организационном экзотермическом процессе. Рассмотрены бульдозерный метод формирования защитного слоя на поверхности плоского отвала с помощью смеси мелкого песка с гашеной известью. Приведены технологическую схему установки для тушения конического отвала методом нагнетания растворов на основе известняковой суспензий инъекторами внутрь отвала к очагу возгорания. Это в первую очередь способствует вытеснению из межфракционного пространства паров газов и серы, свертыванию вредных веществ. Технологическая схема и основные рабочие узлы установки помогают осуществить эффективное снижение температурного контура по всему отвалу, а также за короткое время провести работы по ликвидации самовозгорания отвала непосредственно воздействием на очаг возгорания.

Ключевые слова: очаги породных отвалов, гидроксид кальция, углекислый газ, известняковая суспензия, пирит, сернистый ангидрит, бульдозерный метод, гашеная известь, породный отвал, инъекторы, очаги возгорания, межфракционное пространство.

Annotation. The chemical formulas for the interaction of calcium hydroxide with carbon dioxide dissolved in water, free carbonic acid with calcium and magnesium bicarbonate and excess of lime are given in the article, as well as methods and means for combating burning cells of waste heaps with the help of calcium hydroxide. The results presented in the article show the optimal choice of methods for preventing spontaneous combustion of waste heaps using calcium hydroxide, which has universal possibilities to neutralize rock spontaneous combustion by means of endogenous influence on the interfacial space with the absorption of thermal energy, which ensures the safety of the operation of dumps. Optimal proportional ratio of the limestone suspension and crushed lime mixed with fine sand and its influence on chemical processes of neutralization and deposition of iron oxides is determined, thereby ensuring absorption of gas emissions from the compounds of pyrite and sulfur anhydride contained in the waste heaps.

The methods of applying the quenching of a flat and conical waste dump are considered. To prevent combustion of a flat dump, formation on the lateral surface of a protective layer of limestone suspension, which prevents manifestations of thermal depression in the forming or existing cell of the exothermic process, is substantiated. Formation of protective layer on the surface of a flat dump with the help of bulldozer method and by using a mixture of fine sand and quenched lime is considered.

The technological scheme is presented for the installation for conical waste dump extinguishing by method of pumping solutions with limestone suspensions by injectors in the middle of the dump to the firing center. These actions primarily facilitate displacement of gases and sulfur vapor from the interfacial space, and combustion of harmful substances. The technological scheme and the main operating units of the installation help to effectively reduce the temperature contour throughout the dump, as well as to work for the short time to eliminate self-ignition of the dump directly by the influence on the fire cells.

Keywords: cells of waste heaps, calcium hydroxide, carbon dioxide, limestone suspension, pyrite, sulfur anhydride, bulldozer method, shingle dlime, waste heap, injectors, sparkplugs, interfractional space.

Стаття надійшла до редакції 16.10.2018

Рекомендовано до друку д-ром техн. наук, проф. Софійським К.К.