

© І.І. Чоботько¹

¹ Відділення фізики гірничих процесів Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова Національної академії наук України, Дніпро, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ОБРОБКИ РОЗЧИНАМИ НАТРІЄВОЇ ГРУПИ ПАЛАЮЧИХ ВІДХОДІВ ВУГЛЕВИДОБУТКУ НА ВЗАЄМОДІЮ З НАВКОЛИШНІМ СЕРЕДОВИЩЕМ

© I. Chobotko¹

¹ Department of Physics of the Mining Processes of Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poljakov of National Academy of Sciences of Ukraine, Dnipro, Ukraine

STUDY OF SODIUM-GROUP SOLUTION TREATMENT OF BURNING COAL MINING WASTES FOR INTERACTION WITH THE ENVIRONMENT

Мета. Запропонувати новий підхід обробки відходів вуглевидобутку суспензіями на основі натрієвої групи завдяки чому досягається збереження екології вуглевидобувних регіонів.

Методика. Для вирішення поставлених задач були застосовані методи аналізу літературних джерел, математичної-статистики, метод екологічної оцінки альтернативних варіантів технологічних рішень щодо застосування суспензій для обробки відходів вуглевидобутку.

Результати. Вперше запропоновано використання натрієвої групи содових розчинів: карбонату натрію, гідрокарбонату натрію та гідроксиду натрію для обробки відвальної маси. На основі проведених досліджень виявлено взаємодію зазначених зразків відвальної маси з урахування впливу навколишнього середовища. Запропоновано пропозиції содових розчинів натрієвої групи обробки відвальної маси на основі яких досягається збереження екологічної стабільності гірничопромислових регіонів.

Наукова новизна. Аналіз показників ефективності технологічних рішень по обробці відвальної маси відходів вуглевидобутку інгібіторами на основі суспензій дозволили розробити рекомендації по використанню суспензій натрієвої групи при обробці відвальної маси на початковому етапі формування відходів вуглевидобутку, що забезпечить екологічну стабільність гірничопромислових регіонів. В результаті виконання дослідження запропоновано нову методику обробки відвальної маси розчинами натрієвої групи завдяки чому нівелюється вплив навколишнього середовища на хімічні процеси в міжшатковому просторі відвальної маси відходів вуглевидобутку.

Практична значимість. Запропонована методика обробки суспензіями на основі натрієвої групи може бути застосована для комплексної обробки відвальної маси, що дозволить запобігти виникненню екологічних ризиків забруднення гірничопромислових регіонів, а також спрогнозувати рівень впливу навколишнього середовища на відвальну масу оброблену натрієвими розчинами, що дозволить знизити ймовірність розвитку сірнокислотних зон, як фактору розвитку процесів самозаймання відходів вуглевидобутку.

Ключові слова: обробка відходів вуглевидобутку, суспензії, натрієва група, екологія, карбонат натрію, гідрокарбонат натрію, гідроксид натрію, обробка відвальної маси.

Вступ. Невід'ємною частиною вуглевидобувних підприємств є відходи вуглевидобутку, які займають значну площу корисних земель з урахуванням захисної санітарної площі. Відомо, що шахтарями у 2020 р. видобуто 18,9 млн. т гірничої породи з неї у накопичено 60 млн. т у вигляді відходів вуглевидобутку (породних відвалів), що становить екологічне навантаження на вуглевидобувні регіони. Значний відсоток становлять непалаючі відходи вуглевидобутку, що є первісним фактором при утворенні порушених земель [1].

Присутність оксиду заліза у відходах вуглевидобутку вугілля та вуглисто-глинистих порід обумовлена наявністю в них як сірчистих сполук його піриту, марказиту, мельниковигу, пірротину, так і сидериту. З усіх форм заліза різко домінує піритне залізо. Пірит є звичайним наскрізним мінералом осадових порід. Особливо великий вміст піриту в глинистих осадах, багатих на органічну речовину. Пірит міг утворитися у різних термодинамічних умовах у відновному середовищі за наявності сірководню та присутності у розчинах сполук заліза. Згідно з найбільш визнаними уявленнями, піритизація вміщуючих порід відходів вуглевидобутку відбувалася, як правило, локально за схемою: іонні розчинигель-кристалоїди. Піритова мінералізація порід відходів вуглевидобутку представлена хвилясто-лінзовидними напластуваннями, конкреціями, жовнами, псевдоморфозами з органічних залишків [2].




У відходах вуглевидобутку спостерігається швидке окислення піриту з виділенням сірчаної кислоти. При цьому існує кореляційний зв'язок між кислотністю середовища та вмістом сульфатів, що утворюються при окисленні піриту у відвальній масі. Вважається, що причиною цього є окислення піриту та перехід у підземні води сірчаної кислоти. Води колчеданних копалень у більшості випадків мають кислу реакцію внаслідок вмісту в них вільної сірчаної кислоти – продукту окислення сульфідів. Встановлено, що в осередках самонагрівання часто спостерігається виділення значної кількості мінеральних солей переважно білого, бурого та жовтого кольору, у складі золи яких відзначено високий вміст полуторних оксидів заліза та алюмінію [3, 4].

В роботах [5] було запропоновано розчини на основі: KOH , K_2CO_3 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, CaCO_3 . для обробки відвальної маси, проте вони не дістали подальшого розвитку

Основна частина. Для дослідження було використано три види розчинів на основі натрієвої групи: гідрокарбонат натрію, карбонат натрію та гідроксид натрію дані котрих наведені в (табл. 1).

На (рис. 1) розглянута принципова схема використання розчинів натрієвої групи при обробці породної відвальної маси відходів вуглевидобутку. У вигляді вхідних параметрів використання натрієвих розчинів, як інгібіторів процесів мозаймання відвальної маси та вихідних параметрів на виході, де буде отримано безпечні відходи вуглевидобутку, що дозволить стабілізувати екологічний стан навколишнього середовища гірничопромислових регіонів [6].

Хімічні характеристики натрієвої групи

| Візуальний вигляд | Стан/початковий вигляд | Хімічна формула | Молярна маса, г/моль | Щільність, г/см ³ | Температура, С ⁰ : -плавлення -розкладання | Розчинність у воді t=20 ⁰ С, г/100 мл |
|--|------------------------------|----------------------------------|----------------------|------------------------------|---|--|
| 1. Гідрокарбонат натрію | | | | | | |
|  | Твердий/білий порошок | Na ₂ HCO ₃ | 84,0066 | 2,159 | -60≈200 | 9,59 |
| 2. Карбонат натрію | | | | | | |
|  | Твердий/білий порошок | Na ₂ CO ₃ | 105,99 | 2,53 | -854 -1000 | 21,8 |
| 3. Гідроксид натрію | | | | | | |
|  | Твердий/гранульовані капсули | NaOH | 39,997 | 2,13 | -323 -1403 | 108,7 |

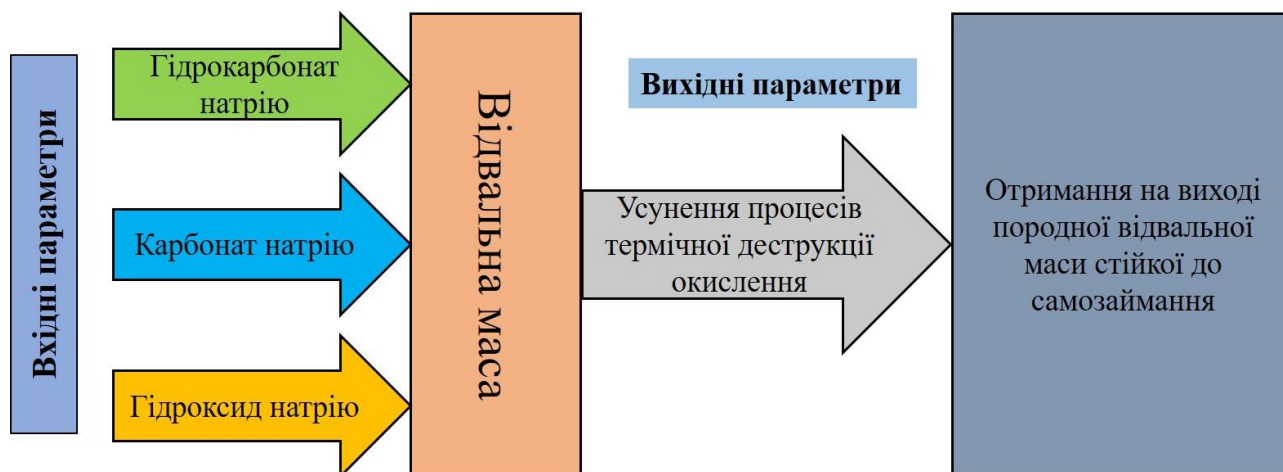


Рис. 1. Схема вхідних та вихідних параметрів при обробці породної відвальної маси 3-ма видами натрієвих розчинів

Розподіл на фракції відвальної маси здійснювався через лабораторні сита (рис. 2, А). Відбиралась перегоріла відвальна маса породного відвалу (рис. 2, Б) та горіла відвальна маса (рис. 2, В), яка пропущена через лабораторні сита за класом крупності: 10 мм, 5,5 мм, 4,5 мм, 3/20 мм, 0,5 мм, >0,5 мм. Загальний вигляд (рис. 3) лабораторних сит з прохідними отворами [7].

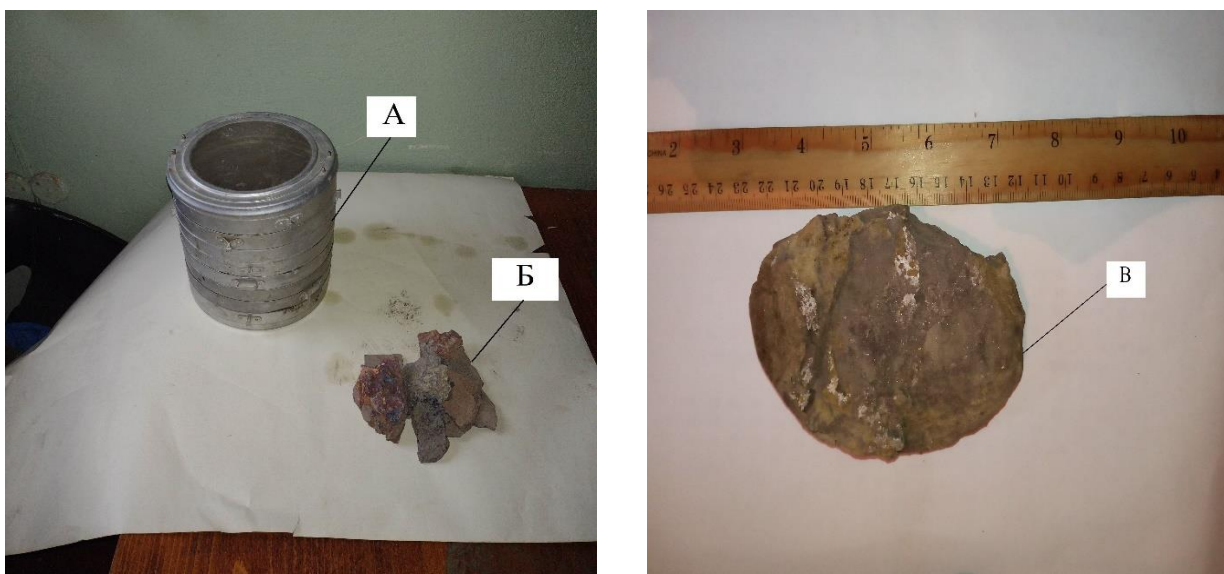


Рис. 2. Загальний вигляд лабораторних сит (А), перегорілої відвальної маси (Б) та горілої відвальної маси (В)

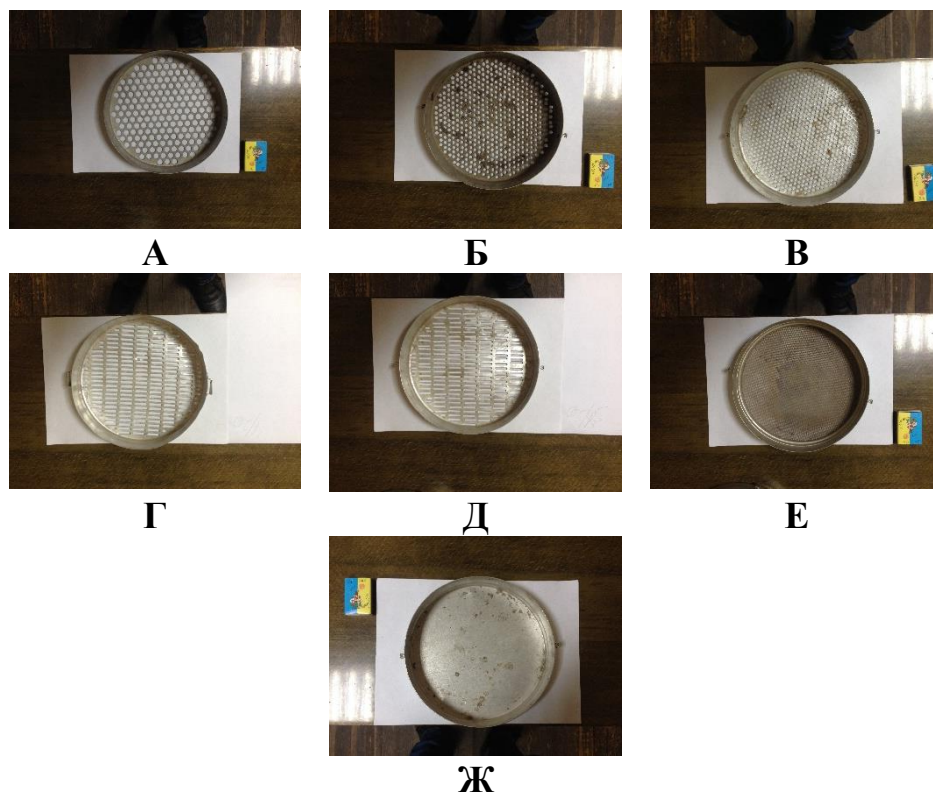


Рис. 3. Вигляд секцій лабораторних сит за класами крупності з прохідними діаметрами отворів: А – 10 мм; Б – 5,5 мм; В – 4,5 мм; Г – 4/20 мм; Д – 3/20; Е – 0,5 мм; Ж – > 0,5 мм

Отриману відвальну масу було розсортовано на контрольну та експериментальну групи за класом крупності, результати наведені на (рис. 4).

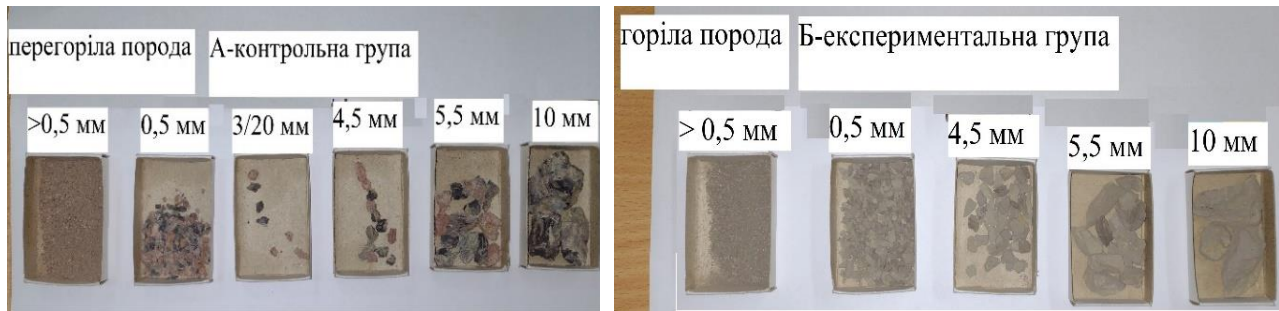


Рис. 4. Розподілення фракцій контрольної (А) та експериментальної групи (Б) зразків відвальної маси за класами крупності відповідно перегорілої та горілої породи

Оскільки переважну кількість гранулометричного складу відходів вуглеводобутку (породних відвалів) складають породи з фракцією в середньому більше 10 мм, для дослідження було обрано саме 12 зразків за цим параметром перегорілої породи й горілої породи та розподіленої на контрольну й експериментальні групи [8].

Приготування суспензії здійснювалося наступним чином до лабораторної колби 100 мл домішувалося 50 гр. гідрокарбонату, карбонату та гідроксиду натрію на 100 мл води до утворення розчину 50%, температура води становила 20°C (рис. 5).



Рис. 5. Колби з 3-ма видами натрієвих розчинів 50%

Обробка здійснювалася наступним чином через пульверизатор відбувалось зрошення відвальної маси трьома видами суспензії: гідроксидом, гідрокарбонатом та карбонатом натрію загальної концентрацією 50% з подальшою просушкою відвальної маси протягом 1 місяця.

Зазначені суспензії можуть використовуватися, як інгібітори для обробки відвальної маси. Вони є найбільш доступними та дешевими.

Питомі витрати суспензії при обробці палаючих відходів вуглеводобутку знаходять за формулою

$$M = \frac{(t_1 - t_2) c_n \gamma_n}{q} \text{ (кг/м}^3\text{)}, \quad (1)$$

де: q – питомий об’єм тепла; t_1 та t_2 – початкова та кінцева температура породної відвальної маси; c_p – теплоємність породної відвальної маси; γ_p – щільність породної відвальної маси.

Швидкість охолодження характеризується за формулою

$$v = \frac{l(t_1 - t_2)}{\tau} \text{ (м град/год),} \quad (2)$$

де, l – глибина охолодження породної відвальної маси; τ – час охолодження породної відвальної маси [9].

Висока ефективність використання розчинів натрієвої групи для профілактики самозаймання порід пояснюється особливостями впливу цих розчинів на їх тверду і рідку фази. Гідроксид натрію може взаємодіяти з розчиненим у воді вуглекислим газом та з вільною вугільною кислотою.

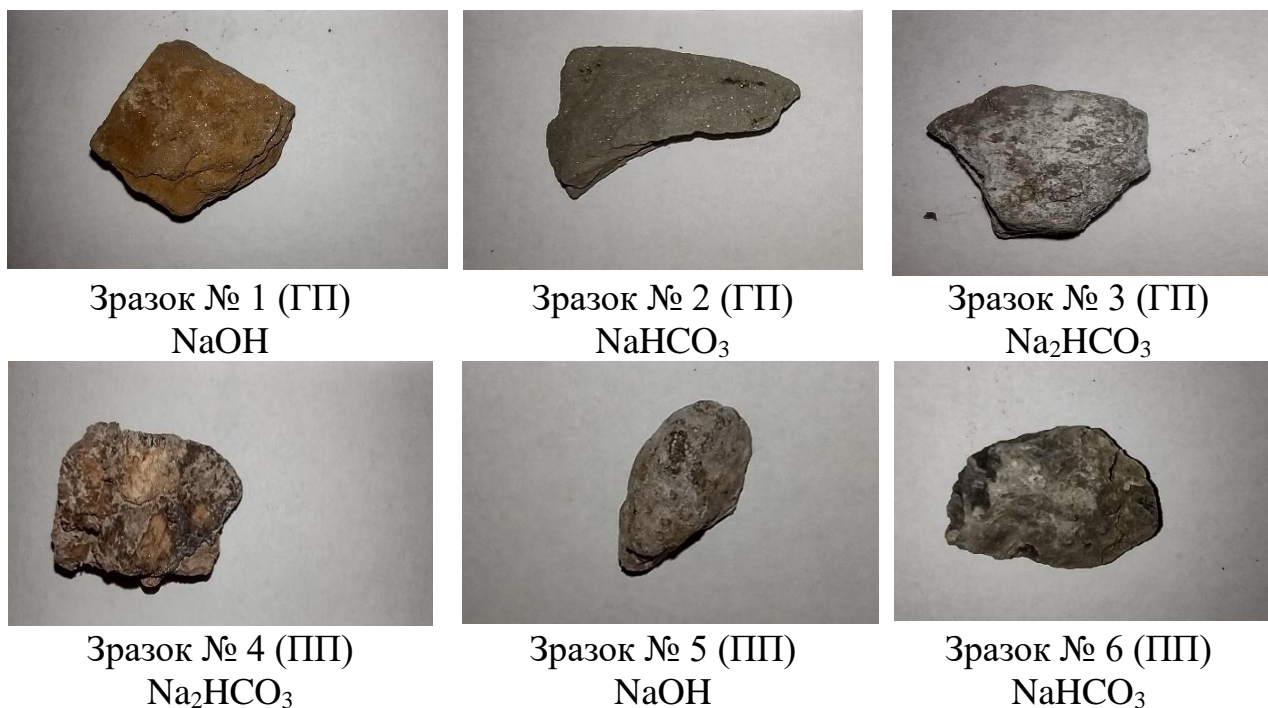


Рис. 6. Загальний вигляд результатів обробки зразків відвальної маси перегорілої (ПП) та горілої породи (ГП) відходів вуглевидобутку розчинами натрієвої групи

В результаті контакту з навколишнім середовищем (див. рис. 6) в зразках відвальної маси відходів вуглевидобутку відбулись суттєві зміни при обробці різними розчинами натрієвої групи. Зразок № 1 представляє горілу породу оброблену гідроксидом натрію дозволяє стверджувати, що відбулося значне окислення SiO_2 (діоксид кремнію) вміст якого 74 % та Al_2O_3 (оксид алюмінію) вміст 17% про що свідчить рожевий колір. На зразку № 2 горілої породи обробленою гідрокарбонатом натрію видно, що суттєвих змін не відбулося. Зразок № 3 оброблений карбонатом натрію спостерігається кристалізація розчину на поверхні зразка це дозволяє ізолювати пористу структуру шматка, що дозволяє

виключити процеси подальшого окислення в міжшматковому просторі породного відвалу під дією навколишнього середовища. В зразках № 4, 5, 6 перегорілої породи де також превагу складає SiO_2 (діоксид кремнію) вміст 65% та Al_2O_3 (оксиду алюмінію) вміст 23 % спостерігається аналогічна візуальна картина [10].

Висновки. Для вирішення проблеми ефективної обробки відвальної маси відходів вуглевидобутку можна стверджувати, що теоретично доцільно застосовувати зазначені розчини на основі натрієвих груп: гідрокарбонату натрію, карбонату натрію та гідроксиду натрію. Однак слід врахувати, що обробка гідрокарбонатом натрію відвальної маси має не значний вплив на породу звідки слід зробити висновок про значних змін не відбулося. Цікавий інтерес представляють розчини гідроксиду та карбонату натрію де є миттєва реакція окислення, що дає змогу застосовувати розчини на основі цієї натрієвої групи при обробці відвальної маси відходів вуглевидобутку. Використання карбонату та гідроксиду натрію дозволить запобігти вітрової ерозії частинок відвальної маси та запобігти процесам утворення сірнокислених зон всередині відходів вуглевидобутку, що дасть змогу поліпшити екологію навколишнього середовища.

Перелік посилань

1. Піндер, В.Ф. (2021). *Рекультиваційні заходи зниження техногенного впливу породних відвалів вугільних шахт на довкілля : дис. ... канд. техн. наук : 21.06.01*. Львівський державний університет безпеки життєдіяльності
<https://lpnu.ua/sites/default/files/2021/dissertation/11682/disertaciya-pinder.pdf>
2. Чоботько, І.І. (2021). Обґрунтування параметрів вибору обладнання для гасіння відходів вуглевидобутку. *Вісті Донецького гірничого інституту*, 2(49), 68-77.
<https://doi.org/10.31474/1999-981X-2021-2-68-77>
3. Чоботько, І.І., & Тынына, С.В. (2017). Проблемы эксплуатации и методы предотвращения возгораемости породных отвалов. *Вісник національного технічного університету «ХПИ»*, 44(1266), 146-151. <http://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/35681>
4. Чоботько, І.І., & Тинина, С.В. (2019). Моніторинг теплового стану породних відвалів. «Гірничий вісник» *Криворізького національного університету*, 106, 9-13. <http://iomining.in.ua/wp-content/uploads/GV/GM106.pdf>
5. Зборщик, М.П., & Осокин, В.В. (2015). Природа самовозгорания и тушения отвальных пород угольных месторождений. *Уголь Украины*, 3-4, 76-78. http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/ugukr_2015_3-4_18.pdf
6. Саранчук, В.И. (1978). *Борьба с горением породных отвалов*. Наук. думка.
7. Петльований, М.В., & Гайдай, О.А. (2017). Аналіз накопичення і систематизація породних відвалів вугільних шахт, перспективи їх розробки. *Геотехнічна механіка*, 136, 147-158. <http://dspace.nbuv.gov.ua/handle/123456789/158621>
8. Глузберг, Е.И. (1978). Физическая теория самовозгорания угля. *Методические разработки*. КПТИ.
9. Твердов, А. А., Яновский, А. Б., Никишичев, С. Б., & Апель, Г. (2010). Профилактика и ликвидация горения породных отвалов. *Уголь*, 2, 3-7.
10. Зубова, Л.Г. (2008). *Терриконы, их утилизация и рекультивация. Монография*. изд-во ВНУ им. В. Даля.

ABSTRACT

Purpose. To propose a new approach to the treatment of coal mine wastes with sodium-based suspensions, thereby preserving the ecology of coal mining regions.

Methodology. To solve these problems we applied methods of literature analysis, mathematical statistics, method of ecological assessment of alternative technological solutions for the use of suspensions for the treatment of coal mining wastes.

Findings. For the first time the use of sodium soda solution group: sodium carbonate, sodium hydrogen carbonate and sodium hydroxide for treatment of waste mass is proposed. On the basis of the carried out researches interaction of the specified samples of the waste mass is revealed, taking into account influence of environment. Suggestions of soda solutions of sodium group treatment of waste mass, on the basis of which preservation of ecological stability of mining regions is achieved, are offered.

Originality. The analysis of efficiency indicators of technological solutions for treatment of waste coal tailings by inhibitors on the basis of suspensions allowed to develop recommendations for use of sodium group suspensions in the treatment of tailings at the initial stage of formation of waste coal, which will ensure the environmental stability of mining regions. As a result of the study, a new technique of waste rock treatment with solutions of sodium group, which levels the influence of the environment on the chemical processes in the interstitial space of the waste rock of coal-mining is proposed.

Practical implications. The suggested technique of treatment with suspensions on the basis of sodium group can be applied for the complex treatment of waste mass which will allow to prevent occurrence of ecological risks of pollution of mining regions, and also to predict the level of influence of environment on the waste mass treated with sodium solutions of factor of development of processes of self-ignition of coal-mining wastes.

Keywords: *coal mine waste treatment, suspensions, sodium group, ecology, sodium carbonate, sodium bicarbonate, sodium hydroxide, slurry treatment.*