

логичности оборудования, снижение его веса, удобства монтажа и демонтажа в стесненных условиях горных выработок.

Библиографический список

1. *Устройство и эксплуатация проходческого комбайна ПКС-8М / В.А. Данилов [и др.]; под ред. В.Я. Прушака. – Минск : Техналогія, 2010. – 175 с.*

2. *Конопляник А.И. Разработка проходческо-очистного комбайна с улучшенными технико-экономическими параметрами / А.И. Конопляник, В.Д. Михаленя. – Горная механика и машиностроение – №4 – 2018 – С. 54-58.*

3. *Басалай Г.А. Горные машины и оборудование: лабораторные работы: в 2 ч. / Г.А. Басалай, Г.В. Казаченко, Г.И. Лютко. – Минск: БНТУ, 2011. – Ч. 2: Анализ параметров горных машин. – 46 с.*

УДК 622.(34+363.2).(83+85)+502.3/7+504.4:622

ПРИМЕНЕНИЕ ГАЛИТОВЫХ ОТХОДОВ В ЗАКЛАДочНОЙ СМЕСИ ПОСЛЕ АКТИВАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ В ДЕЗИНТЕГРАТОРАХ, КАК ОДИН ИЗ СПОСОБОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ПРОДУКТОВ В ЗАМКНУТОМ ЦИКЛЕ ПРОИЗВОДСТВА

Тюляева Ю.С.

*Florida International University, 11200 SW 8th Street, AHC-5 360
Miami, FL 33199, USA*

Для уменьшения частоты техногенных катастроф рекомендовано применение систем разработки месторождений с закладочной выработанного пространства на калийных рудниках. С целью улучшения технико-экономических показателей рудника и экологической обстановки в районе добычи предложено применение галитовых отходов обогащения в закладочной смеси. Рассмотрены факторы, оказывающие влияние на выбор технологии разработки с искусственным поддержанием очистного пространства. Обозначены преимущества и недостатки использования технологии закладки. Раскрыты аспекты приготовления твердеющей закладки и вопросы улучшения её качества путём активации компонентов. Рассмотрена возмож-

ность активации галитовых отходов обогащения, используемых в качестве инертного заполнителя, в дезинтеграторах.

Введение

Частота геотехногенных катастроф при извлечении полезных ископаемых из недр Земли увеличивается. 1986 год – провал поверхности БКПРУ-3 «Уралкалий», Пермский край; 1999 г. – горный удар на руднике «Умбозеро» в Мурманской области; 2007 год – провал поверхности на БКРП-1 «Уралкалий», Пермский край; 2014 год – прорыв воды на рудник «Соликамск-2», Пермский край; 2017 год – прорыв воды из отработанного карьера в подземный рудник на предприятии «Мир» в Якутии; 2019 год – обрушение на рудниках «Корбалихинский» Алтайский край, «Сарылах» в Якутии, «Ново-Кальинская» в Свердловской области и др. Многие из этих катастроф привели к прекращению работы на рудниках, а соответственно повлекли за собой потерю запасов месторождений [1].

Катастрофа, в том числе и геотехногенная, возникает в результате появления нескольких причин и при стечении ряда неблагоприятных факторов. Наиболее частыми причинами, приводящими к геотехногенной катастрофе, являются: ошибки, допущенные при проектировании; ошибки, допущенные при строительстве, а зачастую усугубляются при неправильной эксплуатации и попытке внести изменения в проектные работы в ходе эксплуатации.

Всё это свидетельствует о необходимости более детального подхода к выбору технологии разработки в момент проектирования рудников и тщательном контроле в момент строительства и эксплуатации.

Геотехнология с искусственным поддержанием естественного пространства

Одним из способов минимизации геотехногенных катастроф является применение технологии с закладкой выработанного пространства [1], [2].

Анализируя мировой опыт можно сделать вывод, что порядка 35% рудников при извлечении полезного ископаемого изменяют системы разработки с закладкой выработанного пространства [3].

Факторы, влияющие на выбор технологии с закладкой:

- увеличение глубины горных работ;
- улучшение полноты выемки полезных ископаемых;

- увеличение срока службы предприятий;
- отработка под охранными объектами (необходимость сохранения земной поверхности);

На месторождениях с высокой ценностью добываемого сырья применяют системы разработки с твердеющей закладкой на основе цементного вяжущего [4]. На угольных месторождениях, ввиду малой ценности полезного ископаемого используют сухую или гидравлическую закладку крупнодробленными породами от проходки, золошлаковыми отходами ТЭЦ или специально добываемым песком. Твердеющую закладку на угольных месторождениях применяют в исключительных случаях:

- при извлечении мощных, крутопадающих пластов;
- при необходимости снижения эндогенной пожароопасности;
- при отработке пластов под охранными объектами.

Применение закладки выработанного пространства при подземной геотехнологии позволяет:

- управлять горным давлением;
- повысить безопасность ведения горных работ;
- вести одновременную отработку месторождения подземным и открытым способами;
- повысить коэффициент извлечения;
- уменьшить потери;
- улучшить качество извлекаемых руд;
- снизить негативное влияние горного производства на окружающую среду;
- сохранять земную поверхность;
- извлекать запасы, ранее считавшиеся забалансовыми, либо оставленные в целиках;

увеличить срока существования рудника, что помимо экономического аспекта, решает социальный вопрос в регионах, где горнодобывающее предприятие является градообразующим.

Несмотря на большое количество преимуществ подземной геотехнологии с закладкой выработанного пространства, она не всегда реализуется достаточным образом и требует совершенствования самой закладочной смеси, её составляющих частей и соответствующих процессов, поскольку удорожает добычу полезного ископаемого.

При применении технологии с закладкой выработанного пространства используют закладочную смесь, представляющую собой композитный материал, способный твердеть в подземных

условиях. Данная смесь имеет в своём составе: вяжущий материал; инертный наполнитель; воду затворения и химические добавки. В качестве инертного наполнителя для приготовления закладочных смесей используются как традиционные строительные материалы (песок, щебень и др.), так и отходы производства (шлак металлургического передела, хвосты обогательных фабрик, зола и золошлаки ТЭЦ и др.). Применение отходов производства в закладочной смеси обязывает учитывать ряд экологических, экономических и других ограничений при выборе состава [5], [6].

Выбор состава твердеющей смеси для различных систем разработки осуществляется с учетом [7], [8]:

- заданной прочности;
- способа транспортирования и хорошей подвижности в течение заданного времени (закладочный раствор должен оставаться в текучем состоянии в течение всего времени, необходимого для его транспортирования в закладываемую камеру);
- стоимости возведения искусственного массива (минимизировать стоимость закладочных работ);
- времени достижения заданных прочностных характеристик материала, определяющих возможную интенсивность очистных работ (т.е. требуется быстрый рост значения модуля упругости E и предельного значения сдвига T_0);
- минимальной водоотдачи и расслаиваемости в состоянии покоя;
- хорошей адгезии к горным породам.

Определение оптимальных реологических свойств твердеющей смеси обеспечивают [9]:

- устойчивое транспортирование по трассе закладочного трубопровода;
- отсутствие расслоения на всех этапах закладочных работ;
- равномерное растекание по камере;
- необходимую глубину проникновения в породу при использовании комбинированного способа закладки камер.

Применение различных свойств активации закладочной смеси и отдельных её компонентов позволяет улучшить прочностные свойства и однородность искусственного массива, использование новых материалов в составе закладочной смеси, в том числе отходы производства [10], [11].

Активация, как способ улучшения качества закладочной смеси

Под активацией необходимо понимать один из способов обработки компонентов закладочной смеси в отдельности или готовой закладочной смеси, в результате которой свойства компонентов используются наиболее полно [10].

Цели активации:

- повышение механической прочности цементного камня;
- интенсификация его твердения;
- увеличение подвижности смесей;
- сокращение расходов вяжущего без снижения прочности;
- улучшение качества инертного заполнителя и т.д.

Способы активации закладочных смесей делятся:

а) по целевому назначению:

• увеличение подвижности смесей (транспортабельность, растекаемость);

- повышение прочностных свойств;
- регулирование сроков твердения.

б) по технологическим стадиям закладочных работ:

- приготовления;
- транспортирования;
- укладки.

в) по объектам воздействия:

• обработка отдельных компонентов (вяжущее, вода затворения, инертный заполнитель, химические добавки);

- обработка их сочетаний.

г) по методам воздействия:

- измельчение;
- воздействие вибрацией;
- электромагнитная обработка;
- термообработка (обжиг) компонентов;
- введение химических добавок.

Обработка галитовых отходов производится перед их смешением с другими компонентами. В рабочем органе дезинтегратора возникают большие внутренние напряжения, которые вызваны неравномерным перераспределением скоростей. При этом гидратные связи на поверхности инертного заполнителя разрушаются. Закладочная смесь, полученная на основе активированных галитовых отходов менее подвержена расслоению, так как труднее «отдаёт» воду, более подвижна и однородна по составу (рис. 3). Приме-

нение дезинтеграционного способа активации позволяет повысить прочность на 25-30 % при сокращении цемента на 40 %.

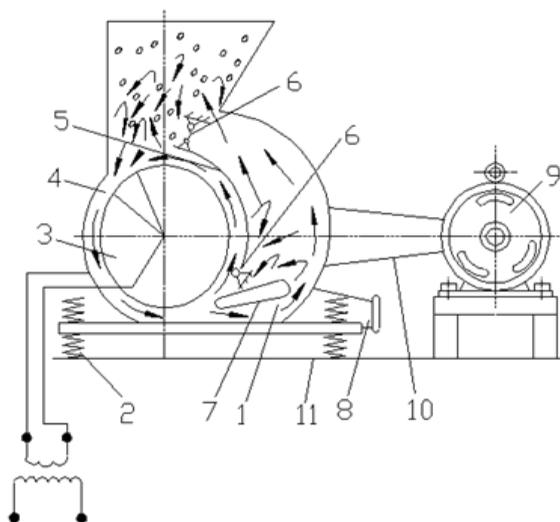


Рис. 1 – Дезинтегратор:

- 1 – корпус; 2 – упругие опоры; 3 – ротор; 4 – дебаланс;
- 5 – откидной щиток; 6 – шарниры; 7 – рассекатель;
- 8 – разгрузочное устройство; 9 – электродвигатель;
- 10 – клиноремённая передача; 11 – станина

Перед человечеством стоит огромная проблема: ухудшение экологии в результате жизнедеятельности человека, в особенности при добыче полезного ископаемого [12], [13]. Утилизация отходов горного производства ввиду их большого объёма и специфических особенностей практически невозможна. Использование промышленных отходов [14], [15], [16] наряду с отходами горного производства [1], [4], [5], [7], [8], [12] является важнейшим экологическим аспектом во всём мире.

Применение дезинтеграционной активации в дезинтеграторах позволяет применять отходы обогащения в закладочной смеси, что даёт возможность реализовать принцип организации горного производства, исключая образование отходов и рассчитывающий применение промежуточных продуктов в цикличном производстве.

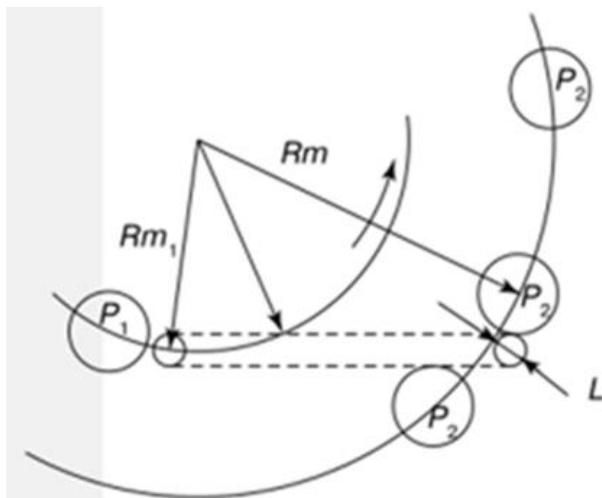


Рис. 2 – Движение материала в рабочем органе:
 Rm, Rm_1 – радиусы круга пальцев; L – диаметр частицы материала;
 P_1, P_2 – центры соседних пальцев круга

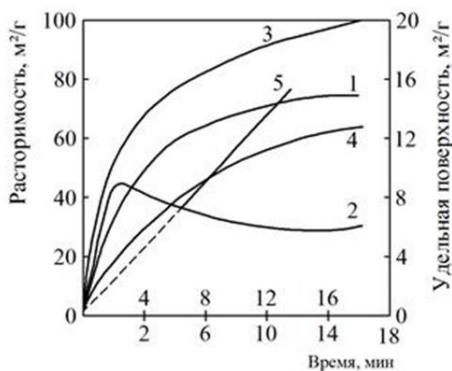


Рис. 3 – Влияние продолжительности активации галитовых отходов обогащения:
 1 – растворимость; 2 – удельная поверхность незаагрегированных порошков; 3 – удельная поверхность дезагрегированных порошков; 4 – аморфизация; 5 – сравнение роста удельной поверхности и растворимости

Библиографический список

1. Хайрутдинов, М.М. “Применение отходов горного производства в качестве закладочного материала для снижения вредного воздействия на окружающую среду”, *The use of mining waste as a filling material to reduce the harmful effects on the environment, Gornyi Zhurnal*, no. 2. pp. 64-66, 2009 (In Russian).
2. Хайрутдинов, М.М. “Пути совершенствования систем разработки с закладкой выработанного пространства”, *Ways to improve development systems with laying the developed space, Gornyi Zhurnal*, no. 11. pp. 40-43, 2007 (In Russian).
3. Хайрутдинов М. М., Карасёв Г. А. “Формирование разнородных закладочных массивов при разработке месторождений полезных ископаемых”, *Mining Information and Analytical Bulletin*. no. 3. pp. 276-2283, 2008 (In Russian).
4. Хайрутдинов, М.М. “Технология закладки высокоплотными смесями (на основе хвостов обогащения) при подземной разработке руд”, *Technology of laying high-density mixtures (based on tailings) in underground mining of ores, Mining Information and Analytical Bulletin*, no. 11. pp. 276-278, 2008 (In Russian).
5. Тулыаева Y.S., Хайрутдинов А.М. “Щадящая геотехнология”, *Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых. Материалы 14 Международной научной школы молодых ученых и специалистов*, М: ИПКОН РАН, 28 октября-01 ноября 2019 г. pp. 283-286, 2019
6. Хайрутдинов А.М., Тулыаева Y.S. “Извлечение полезного ископаемого на небесных телах. Предпосылки, технологические аспекты и правовые основы”, *Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых. Материалы 14 Международной научной школы молодых ученых и специалистов.*, М: ИПКОН РАН, 28 октября-01 ноября 2019 г. pp. 280-283, 2019
7. Хайрутдинов, М.М. М.В. Вотяков, “Разработка составов твердеющих закладочных смесей из отходов переработки руд калийных предприятий”, *Mining Information and Analytical Bulletin*. no. 10. pp. 220-222, 2007 (In Russian).
8. Вотяков, М”Повышение полноты извлечения запасов калийных руд на основе закладки выработанного пространства галитовых отходов”. Диссертация. Московский государственный горный университет, 2009.
9. Хайрутдинов М.М., Иванников А.Л., Арад В., Лонг В. Хуанг. *Проблемы транспорта закладочной смеси к месту укладки. Социально-экономические и экологические проблемы горной*

промышленности, строительства и энергетики: 13-я Международная конференция по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики. В 2 т. / Т.1: материалы конференции. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2017. – 360 с. (p.p. 282 – 287).

10. А.Н. Чистяков, М.М. Хайрутдинов, Е.В. Артюхов, “Влияние различных способов активации на физико-механические свойства закладки” *Mining Information and Analytical Bulletin*. no. 3. pp. 232-246, 2009 (In Russian).

11. Конгар-Сюрюн Ч.Б. “Построение математической модели прогнозирования качественно-количественных показателей обогатительных фабрик” *Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых. Материалы 14 Международной научной школы молодых ученых и специалистов. М: ИПКОН РАН, 28 октября-01 ноября 2019 г.* pp. 336-338, 2019

12. M. Khayrutdinov, A. Ivannikov. *The use of mining waste for backfill as one of sustainable mining activities. Proceedings of International Conferences on Geo-spatial Technologies and Earth Resources (GTER 2017), Hanoi, Vietnam, 5-6 October, 2017, 715-717, 2017*

13. Качаев Р.О., Айрапетян Э.Ц., Иванников А.Л. “О соблюдении условий охраны окружающей среды при строительстве подземных хранилищ газа”, *Горная промышленность № 2, 2017*

14. J. Kawalec, S. Kwiecień, A. Pilipenko, J. Rybak, “Application of crushed concrete in geotechnical engineering - selected issues”, *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.*, 95, 022057, 2017.

15. J. Rybak, K. Schabowicz, “Survey of vibrations generated in course of geotechnical works”. *NDE for Safety: 40th int. conf. and NDT exhibition: proceedings, Brno University of Technology*, pp. 237-246, 2010.

16. A. Herbut, J. Rybak, “Guidelines and recommendations for vibration control in the case of rapid impulse compaction”, *Advances and trends in engineering sciences and technologies II, CRC Press, Taylor & Francis Group*, pp. 761-766, 2017.