

ВИБРОАКТИВАЦИЯ ТВЕРДЕЮЩИХ СМЕСЕЙ ПРИ ИХ ТРАНСПОРТИРОВАНИИ НА УВЕЛИЧЕННОЕ РАССТОЯНИЕ

В.И. Голик, Северо-Кавказский горно-металлургический институт (ГТУ), г. Владикавказ, Россия
Н.Г.О. Валиев, Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург, Россия
Ю.В. Дмитрак, Институт проблем комплексного освоения недр РАН, г. Москва, Россия
В.Х. Дзапаров, Северо-Кавказский горно-металлургический институт (ГТУ), г. Владикавказ, Россия
М.Ю. Лискова, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь, Россия

Аннотация: Обоснована возможность использования природоохранных технологий погашения пустот твердеющими смесями без строительства закладочных комплексов и транспортных трубопроводов на земной поверхности. Определены количественные параметры природо- и ресурсосбережения с учетом стоимости земель, изымаемых из оборота, при строительстве закладочных объектов на дневной поверхности. Сформулирована модель оптимизации технологии транспортирования смесей к местам их размещения по подземным горным выработкам на увеличенное расстояние. Предложена типизация способов активации твердеющих смесей по конструктивному исполнению. Доказано, что перманентная активация компонентов при изготовлении и транспортировании твердеющих смесей позволяет снизить ущерб окружающей среде за счет транспортирования смесей по трубопроводам в подземных выработках без строительства закладочных объектов на земной поверхности. Метод транспортирования закладочных смесей по подземным выработкам с перманентной активацией рекомендуется к производству, как альтернатива строительства закладочных объектов с отчуждением участков земной поверхности.

Ключевые слова: твердеющая смесь, земная поверхность, технология, транспортирование, выработка, активация, окружающая среда.

VIBRATION ACTIVATION OF HARDENING BACKFILL DURING TRANSPORTATION OVER EXTENDED DISTANCES

V.I. Golik, North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University), Vladikavkaz, Russia
N.G.O. Valiev, Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russia
Y.V. Dmitrak, Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources RAS, Moscow, Russia
V.H. Dzaparov, North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University), Vladikavkaz, Russia
M.Y. Liskova, Perm National Research Polytechnical University, Perm, Russia,

Abstract: It has been substantiated that the possibility of using environmentally safe technologies for filling voids with hardening backfill without the construction of stowing complexes and transport pipelines on the earth's surface. Quantitative parameters of nature and resource saving are determined, considering the cost of land withdrawn from circulation during the construction of stowing facilities on the day surface. A model for optimizing the technology of backfill transportation to the place of laying along underground mined-out voids over an extended distance is formulated. A typification of methods for activating hardening backfill according to the design is proposed. It has been proven that the permanent activation of components during the preparation and transportation of hardening backfill makes it possible to reduce environmental damage by transporting backfill through pipelines in underground mined-out voids without building stowing facilities on the earth surface.

Keywords: hardening backfill, earth surface, technology, transportation, mined-out void, activation, environment.

Разработка месторождений полезных ископаемых с закладкой выработанного пространства твердеющими смесями при неоспоримых преимуществах наносит ущерб окружающей среде в случае строительства и эксплуатации объектов приготовления смесей на земной поверхности, что актуализирует проблему увеличения возможностей доставки твердеющих смесей по подземным выработкам [1-3].

Закладочные смеси транспортируются к местам их использования чаще всего за счет давления массы смеси в вертикальной части трубопровода. Процесс транспортировки осуществляется тем легче, чем больше соотношение между вертикальной и горизонтальной частями трубопровода. При равной длине частей трубопровода движение смесей по транспортирующему трубопроводу затрудняется, а при длине горизонтальной части большей, чем вертикальной,

применяют специальные способы поддержки процесса с помощью жидкости или сжатого воздуха. Оба эти способа связаны с энергетическими затратами и ухудшением однородности смеси, поэтому в настоящее время они не получают развития [4-6].

В горной практике нередко рядом с разрабатываемым месторождением в эксплуатацию вовлекаются новые месторождения или участки обрабатываемых [7], и возникает проблема подачи туда закладочных смесей. Строительство новых закладочных комплексов увеличивает затраты до неприемлемых размеров, а прокладка бетонопроводов от действующих комплексов сталкивается с проблемой сохранения земной поверхности для сельскохозяйственного пользования. Поэтому становится актуальной проблема доставки смесей на расстояние более 1,5 км при любом соотношении длин частей трубопровода.

Целью исследований данного направления является сохранение земной поверхности при доставке твердеющих смесей на большое расстояние путем активации их в бетонопроводе, проложенном в горных выработках.

Уменьшение площади изымаемых из хозяйственного оборота земель в регионах активного землепользования для функционирования закладочных комплексов возможно при использовании природоохранных технологий транспортирования твердеющих смесей при подземной добыче руд, что обеспечивается комплексным использованием средств активации компонентов твердеющей смеси на всех этапах производства смесей [8-10].

Методы исследований

Арсенал методов достижения поставленной цели включает в себя анализ теории и практики транспортирования твердеющих смесей, установление закономерностей во взаимодействии переменных факторов, моделирование, технико-экономические расчеты и апробацию результатов исследований в горной практике.

Способы транспортирования смесей обобщаются по литературным данным и типизируются по конструктивным особенностям. Параметры приготовления и транспортирования смесей принимаются по результатам практики предприятий горнодобывающих отраслей СССР и России.

Параметры виброактивации трубопровода инерционными вибровозбудителями устанавливаются экспериментальными исследованиями в ходе освоения месторождения Шокпак.

Экономическая эффективность, прибыль от рационализации подготовки и транспортирования смесей с заменой товарных продуктов доступными материалами описывается физико-математической моделью.

Потенциальный ущерб от снижения плодородия земель по агропроизводственным условиям описывается уравнением множественной линейной регрессии.

Эффективность подачи твердеющих смесей моделируется по критерию уменьшения площади земельного отвода на единицу добываемой горной массы.

Результаты исследования

Исследуемая технология отличается от известных вариантов технологий доставки твердеющих смесей перманентной активацией компонентов смеси на виброгрохоте, в деинтеграторе и трубопроводе (рис. 1) [11, 12].

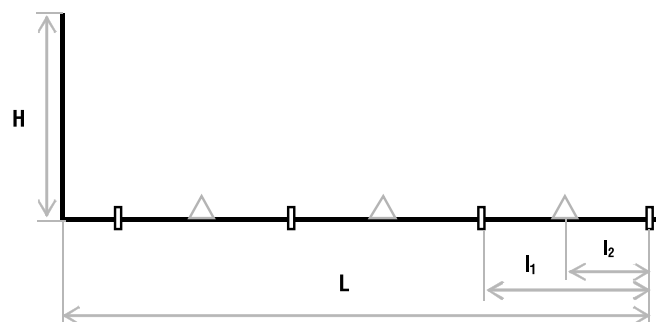


Рис. 1. Схема вибротранспорта твердеющих смесей: l - длина трубопровода, м; l_1 - расстояние между вибраторами, м; l_2 - расстояние установки вибратора на секции. /

Fig. 1. Scheme of vibratory transport for hardening mixtures: l - length of the pipeline, m; l_1 - distance between vibrators, m; l_2 - distance of vibrator installation on the section.

На подавляющем большинстве разрабатываемых подземным способом месторождений вертикальный перепад закладочных трубопроводов составляет 100...1000 м, а длина горизонтальных участков не превышает 1500 м. Используются трубы диаметра 219...273 мм, редко — меньше.

Способы транспортирования смесей типизируют по конструктивным особенностям (табл. 1).

Таблица 1 / Table 1

Способы трубопроводного транспортирования смесей / Methods of pipeline transportation of mixtures.

Тип / Type	Группа / Group	Условия / Conditions
Самотечные	Нормальный уклон	Без ограничений
	Отрицательный уклон	С использованием спецметодов
Пневно-самотечные	С пневмоврезками	Наклон и диаметр пневмоврезки
	С обратными клапанами	Принцип действия
Вибрационные	С вибраторами на секциях	Горизонтальное расположение
		Вертикальное расположение
	С приводом вибратора	Электрический, Пневматический
	По конструкции вибратора	Одновальные
		Многовальные
Вибро-пневматические	Автономное управление	Последовательное
		Единовременное
	Автоматическое управление	Программное обеспечение
Комбинированные	Совмещение способов	Сумма признаков разных способов

В дезинтеграторах при скорости удара более 250 м/с технологические свойства веществ приобретают новые свойства. Так, при скорости обработки в дезинтеграторе 100 м/с выход активной фракции 0,08 мм составляет 40...60 %.

При добавке жестких вяжущих добавок для сохранения пластичности смесей примешивают глинистые материалы.

Активация инертных заполнителей осуществляется на виброгрохоте, при колебаниях сита которого минералы контактируют с зубьями и за счет концентрации напряжений дробятся.

Параметры приготовления и транспортирования смесей характеризуются данными табл. 2.

Таблица 2 / Table 2

**Показатели транспортирования твердеющих смесей /
Indicators of transportation of hardening mixtures.**

Показатели / Indicators	Единицы / Units	Значение / Value
Прочность закладки в возрасте 28 суток	МПа	0,3 ... 1,5
Расход цемента	кг /м ³	0 ... 100
Расход шлаков	кг /м ³	160... 250
Расход воды	дм ³ /м ³	330
Дальность подачи смеси с подъемом на 14 м	м	2000
Скорость подачи смеси по трубопроводу	м/с	1,0 ... 1,5
Производительность системы	м ³ /ч	60...90

Виброактивация осуществляется инерционными вибро-возбудителями с расположением валов на трубопроводе, а секции трубопровода соединены упругими элементами. Под воздействием вибрации смесь становится текучей, что уменьшает ее сопротивление транспортированию.

Гидратация вяжущего происходит, если вода составляет 20...25 % от массы вяжущего. При подаче твердеющих смесей на расстояние до 2,5 км расход энергии составляет 0,15...0,22 кВт/м³ смеси.

Экономические преимущества комбинированной технологии транспортирования смесей поясняются на примере месторождений Северного Казахстана. Транспортирование смесей от действующего закладочного комплекса месторождения Шокпак на месторождение Камышовое по подземным выработкам характеризуется приведенными в табл. 3 показателями (рис. 2).

При транспортировании по подземным выработкам сохраняется земная поверхность и снижается нагрузка на окружающую среду. Активация смесей в трубопроводе позволяет расходовать вяжущего меньше, чем при базовом варианте (табл. 3).



Рис. 2. Схема вибро-самотечного транспорта твердеющих смесей: 1- закладочный комплекс; 2 - скважина; 3 - квершлаг; 4 - рудное тело /
Fig. 2. Scheme of vibratory and gravity transport of solid mixtures: 1 - fill complex; 2 - borehole; 3 - crossdrift; 4 - ore body.

Таблица 3 / Table 3

**Прочность твердеющей закладки с малоактивными
компонентами / Strength of the hardening backfill with inactive
components.**

Показатели / Parameters	Единицы / Units	Составы / Compositions				
		1	2	3	4	5
Расход цемента М 400	кг/м ³	40	60	80	100	120
Расход шлака	кг/м ³	360	340	320	300	280
Расход песка	кг/м ³	1200	1200	1200	1200	1200
Расход воды	дм ³ /м ³	400	400	400	400	400
Прочность в возрасте 28 суток	МПа	0,75	1,23	1,56	1,77	2,08
Производительность комплекса	тыс.м ³ /год	270	270	270	270	270
Себестоимость 1м ³ смеси	руб.	23,87	34,20	46,20	56,30	66,97

Примечание: цена по состоянию на 1991 г.

Экономическая эффективность комбинированной технологии транспортирования твердеющих смесей оценивается путем сопоставления приведенных затрат:

$$\mathcal{E} = [(C_1 + E_n K_1) - (C_2 + E_n K_2)] \times A_e, \quad (1)$$

где $\mathcal{E}$ — эффективность, руб.; E_n — коэффициент дисконтирования; K_1 — капитальные вложения в новый закладочный комплекс, руб.; K_2 — капитальные вложения при трубопроводной транспортировке, руб.; C_1 — себестоимость 1 т концентрата при строительстве нового закладочного комплекса, руб.; C_2 — себестоимость 1 т концентрата при трубопроводной транспортировке, руб.; A_e — объем производства продукции, т.

Прибыль от рационализации подготовки и транспортирования смеси с заменой товарных продуктов доступными дешевыми материалами:

$$\sum_{t=1}^{t_p} \Pi_t = \sum_{t=1}^{t_p} Q(C_{unp} - C_{a.m.}) \frac{1}{(1+E)^{t-1}} - \sum_{t=1}^{t_c} C_{nop}(1 - E_n), \quad (2)$$

где Q – запасы руд, т; $C_{a.m.}$ – затраты на добычу 1 т руды при трубопроводной транспортировке, руб./т; C_{nop} – затраты на оборудование для трубопроводной транспортировки, руб./т; E – коэффициент дисконтирования, доли ед.

За счет снижения расхода вяжущих и инертных заполнителей прибыль на 1 т добытой руды возрастает, что описывается моделью:

$$\mathcal{P} = [(c_1 + c_2) \times A_{ш} + (c_1 + c_2) \times A_{л}] - [Z_m + (c_m \times A_{л})] \times E_n, \quad (3)$$

где c_1 – приведенные затраты на строительство закладочного комплекса на базовом месторождении, руб./м³; c_2 – затраты на изготовление смесей, руб./м³; $A_{ш}$ – добыча на базовом месторождении, м³; $A_{л}$ – добыча на новом месторождении, м³; Z_m – затраты на строительство закладочного трубопровода, руб.; c_m – стоимость сэкономленных в результате активации материалов, руб./м³; E_n – коэффициент дисконтирования.

Критерий оптимальности с учетом ущерба окружающей среде:

$$\Pi_i = \sum_{t=1}^{t_p} (\Pi_{dp} - C_{dp} \pm Y) \frac{1}{(1+E)^{t-1}} \rightarrow \max, \quad (4)$$

где Π_{dp} – извлекаемая ценность полезного ископаемого, руб./.; C_{dp} – затраты на получение готовой продукции, руб./т; Y – ущерб окружающей среде, руб./т; E – коэффициент дисконтирования; t – время.

Под предотвращенным ущербом понимается, в том числе, снижение плодородия земель:

$$In = f(x)(dx_1 + dx_2 + dx_3 + \dots + dx_n) K_p, \quad (5)$$

где $dx_1, dx_2, dx_3, \dots, dx_n$ – оцениваемые параметры технологического и сельскохозяйственного производств; K_p – коэффициент риска.

Зависимость продуктивности восстанавливаемых земель от агро-производственных условий описывается уравнением множественной линейной регрессии:

$$Y = (41,319 + 4,561X_1 + 13,333X_2 + 9,392X_3 + 4,543X_4 - 16,975X_5) K_p, \quad (6)$$

где X_1 – толщина слоя почвы; X_2 – содержание гумуса в наносимом слое почвы; X_3 – кислотность восстанавливаемых земель; X_4 – состав восстанавливаемых земель; X_5 – уклон поверхности; K – коэффициент риска изменения цен.

Показатели отработки месторождений Шокпак и Камышовое моделируются с целью определения эффективности подачи твердеющих смесей с построенного на месторождении Камышовое комплекса по сравнению с подачей смесей имеющегося на месторождении Шокпак комплекса по подземным выработкам (табл. 4).

Из табл. 4 следует, что при практически равных затратах вариант подачи закладки по горным выработкам позволяет сохранить для пользования землю с эколого-экономическим эффектом [13-15].

Таблица 4 / Table 4

Моделирование вариантов обеспечения закладкой / Modeling of mining options.

Показатели / Parameters	Единицы/ Units	Источник смеси / Mixture source	
		Новый комплекс/ New complex	Подземный трубопровод / Underground pipeline
Запасы руды	т/	2000000	2000000
Запасы металла	кг/	2000000	2000000
Потери руды	%	5	5
Разубоживание руды	%	15	15
Рудничная стоимость металла	Руб.	200000000	200000000
Добыто руды	т	2200000	2200000
Строительство комплекса	Руб.	4000000	-
Строительство трубопровода	Руб.	-	1000000
Выведено из оборота земли	Га	20	-
Стоимость омертвленной земли	Руб.	400000	-
Ущерб от хранения материалов	Руб.	400000	-
Итого вариант	Руб.	180000000	183 000 000
Разница	%	100	102

Обсуждение

Активированная закладка характеризуется гомогенным распределением заполнителя в цементирующей массе, что повышает ее качество. Активация компонентов закладки расширяет номенклатуру исходного сырья, позволяя использовать некондиционные глинистые пески, суглинки, хвосты обогащения, породы и т.п. [16-18].

Ущерб от поражения флоры и фауны:

$$Y_{ф.ф} = \sum_{i=1}^m (A_n \Pi_n - A_0 \Pi_0) + \sum Z, \quad (7)$$

где m – количество видов флоры и фауны; A_n – количество флоры и фауны после реализации технологии; A_0 – количество флоры и фауны до реализации технологии; Π_n – цена флоры и фауны после реализации технологии; Π_0 – цена

флоры и фауны до реализации технологии; $\sum Z$ – затраты на уменьшение ущерба от природного выщелачивания минералов на складах.

Экономический эффект ресурсосберегающих мероприятий:

$$\mathcal{E}_t = P_t - Z_t, \quad (8)$$

где $\mathcal{E}_t$ – экономический эффект от мероприятий за t лет, руб.; P_t – стоимость результатов, руб.; Z_t – эксплуатационные затраты, руб.

Эффективность за расчетный период:

$$P_t = \sum_{i=t_H}^{t_K} p_i \alpha_i, \quad (9)$$

где P_t – эффективность в -ом г., руб.; t_H – начальный год расчетного периода; t_K – конечный год расчетного периода; α_i – коэффициент приведения разновременных затрат.

Для потенциальных ресурсов эффективность отдельных видов определяется в совокупности с ценностью других природных ресурсов:

$$D = \sum_{i=1}^n Q_i C_i = Q_p (C_p - c_0) - Q_3 C_3 - Q_n C_n - Q_6 C_6, \quad (10)$$

где Q_i – величина i -го ресурса при переработке; Q_p – запасы сырья, ед.; n – количество ресурсов; C_i – ценность i -го ресурса, руб./ед.; Q_3 – ресурсы нарушенных земель; Q_n – ресурсы пород; Q_6 – ресурсы воды.

Уменьшение площади изъятых из сельскохозяйственного оборота земель оценивается единицей площади земельного отвода, приходящейся на 1 единицу добываемой горной массы.

Комбинированная активация компонентов твердеющей смеси повышает ее гомогенность, в результате чего прочность смеси увеличивается. Комбинированная доставка активированной твердеющей смеси позволяет доставлять её по подземным выработкам, не нарушая земную поверхность и снижая нагрузку на окружающую среду.

Результаты исследования подтверждаются выводами российских и зарубежных специалистов [19–21].

Выводы

Метод увеличения длины транспортирования закладочных смесей по подземным выработкам, основанный на феномене непрерывной активации компонентов при изготовлении и доставке твердеющих смесей, снижает ущерб окружающей среде и затраты на погашение выработанного пространства и представляет собой альтернативу строительства закладочных объектов на земной поверхности.

Метод транспортирования закладочных смесей по подземным выработкам с перманентной активацией рекомендуется к производству, как альтернатива строительства закладочных объектов с отчуждением участков земной поверхности. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Ляшенко В.И., Голик В.И., Дмитрак Ю.В., Франчук В.П. Обоснование параметров вибросамотечного транспорта твердеющих закладочных смесей в шахты // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2021. Т. 19. № 1. С. 4–16.
2. Ключев Р.В., Босиков И.И., Майер А.В., Гаврина О.А. Комплексный анализ применения эффективных технологий для повышения устойчивого развития природотехнической системы. // Устойчивое развитие горных территорий. 2020. № 2. С. 283–290.
3. Xia K., Chen C., Zheng Y., Zhang H., Liu X., Deng Y., Yang K. Engineering geology and ground collapse mechanism in the Chengchao iron-ore Mine in China // Engineering Geology. 2019, vol. 249, pp. 129–147.
4. Л.А. Крупник, Ю.Н. Шапошник, С.Н. Шапошник, Г.Т. Нуршайыкова, З.К. Тунгушбаева / Разработка технологии закладочных работ на основе цементно-шлакового вяжущего на Орловском руднике // Физикотехнические проблемы разработки полезных ископаемых. 2017. №1. С. 84–91.
5. Стовманенко А.Ю., Анушенков А.Н. Трубопроводный транспорт литых твердеющих закладочных смесей с пониженным водосодержанием // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2016. № 2. С. 99–104.
6. Xie H., Li C., Gao M., Zhang R., Gao F., Zhu J. Conceptualization and preliminary research on deep in situ rock mechanics // Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering. 2021. Vol. 40. Iss. 2. P. 217–232.
7. Рыбак Я., Хайрутдинов М., Конгар-Сюрюн Ч., Тюляева Ю. Ресурсосберегающие технологии освоения месторождений полезных ископаемых // Устойчивое развитие горных территорий. 2021. Т.13. №3(49). С. 405 – 415.
8. Голик В.И., Дмитрак Ю.В., Габараев О.З., Кожиев Х.Х. Минимизация влияния горного производства на окружающую среду // Экология и промышленность России. 2018. Т. 22. № 6. С. 26–29.
9. Ляшенко В.И., Дятчин В.З., Франчук В.П. Технические средства для добычи и переработки рудных материалов. Сообщение 2 // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2017. № 4. С. 33–41.
10. Hebblewhite B. K. Geotechnical risk in mining methods and practice: critical issues and pitfalls of risk management. J Wesseloo (ed.) / Proceedings of the First International Conference on Mining Geomechanical Risk. Australian Centre for Geomechanics, Perth. 2019, pp. 299– 308.
11. Ляшенко В.И., Франчук В.П. Повышение эффективности активации компонентов твердеющей закладочной смеси в установках вибрационного трубопроводного транспорта // Изв. вузов. Горный журнал. 2017. № 4. С. 92–100.
12. Волков Е.П., Анушенков А.Н. Разработка технологии закладки горных выработок твердеющими смесями на основе хвостов обогащения // Изв. вузов. Горный журнал. 2019. № 7. С. 5–13.
13. Валиев Н.Г., Пропп В.Д., Вандышев А.М. Кафедре горного дела УГГУ – 100 лет // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. 2020. № 8. С. 130–143.
14. Исследование влияния активационной обработки на галитовые отходы обогащения при приготовлении закладочной смеси / Конгар-Сюрюн Ч.Б., Фараджов В.В., Тюляева Ю.С., Хайрутдинов А.М. // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2021. № 1. С. 43–57

15. Adamo N., Al-Ansari N., Sissakian V., Laue J., Knutsson S. Dam safety: the question of tailings dams // *Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering*. 2020, vol. 11, no. 1, pp. 1-26.
16. Валиев Н.Г., Беркович В.Х., Пропп В.Д. Исследование системы разработки горизонтальными слоями с гидрозакладкой и выемкой руды в нисходящем порядке под гибким перекрытием // *Известия высших учебных заведений. Горный журнал*. 2019. № 5. С. 5-13.
17. Sotskov V., Dereviakhina N., & Malanchuk L. Analysis of operation parameters of partial backfilling in the context of selective coal mining // *Mining of Mineral Deposits*. 2019. No. 13(4). P. 129-138.
18. Sikakwe G. U. GIS-based model of groundwater occurrence using geological and hydrogeological data in Precambrian Oban Massif Southeastern Nigeria // *Applied Water Science*. 2018. Vol. 8. Iss. 3. 79.
19. Iordanov I., Novikova Yu., Simonova Yu., Yefremov O., Podkopayev Ye., & Korol A. Experimental characteristics for deformation properties of backfill mass // *Mining of Mineral Deposits*. 2020. No. 14(3). P. 119-127.
20. Naithani A. K. Rock Mass Classification and Support Design using the Q-System // *Journal of the Geological Society of India*. 2019. Vol. 94. P. 443.
21. Qinghua Lei, Ke Gao. A numerical study of stress variability in heterogeneous fractured rockss // *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 2019. Vol. 113. P. 121-133.

REFERENCES

1. Lyashenko V.I., Golik V.I., Dmitrak Yu.V., Franchuk V.P. Substantiation of parameters of vibro-gravity transport of hardening filling mixtures into mines // *Bulletin of the Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov*. 2021. Vol. 19. No. 1. pp. 4-16.
2. Klyuev R.V., Bosikov I.I., Mayer A.V., Gavrina O.A. Complex analysis of the application of effective technologies to enhance the sustainable development of the natural and technical system. // *Sustainable development of mountain territories*. 2020. No. 2. pp. 283-290.
3. Xia K., Chen K., Zheng Yu., Zhang H., Liu H., Deng Yu., Yang K. Engineering geology and the mechanism of soil collapse at the Chengchao iron ore mine in China // *Engineering geology*. 2019, volume 249, pp. 129-147.
4. L.A. Krupnik, Yu.N. Shaposhnik, S.N. Shaposhnik, G.T. Nurshaykova, Z.K. Tungushbaeva/ Development of technology of laying works on the basis of cement-slag binder at the Oryol mine // *Physicotechnical problems of mineral development*. 2017. No. 1. pp. 84-91.
5. Stovmanenko A.Yu., Anushenkov A.N. Pipeline transport of cast hardening masonry mixtures with reduced water content // *Bulletin of the Kuzbass State Technical University*. 2016. No. 2. pp. 99-104.
6. Xie H., Li K., Gao M., Zhang R., Gao F., Zhu J. Concept development and preliminary studies on rock mechanics at depth in situ // *Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering*. 2021. Volume 40. Iss. 2. pp. 217-232.
7. Rybak Y., Khayrutdinov M. M., Kongar-Syuryun Ch. B., Tyulyayeva Y. S. Resource-saving technologies for development of mineral deposits // *Sustainable development of mountain territories*. 2021. Vol.13. No. 3(49). pp. 405 - 415.
8. Golik V.I., Dmitrak Yu.V., Gabaraev O.Z., Kojiev H.H. Minimizing the impact of mining on the environment // *Ecology and industry of Russia*. 2018. Vol. 22. No. 6. pp. 26-29.
9. Lyashenko V.I., Dyatchin V.Z., Franchuk V.P. Technical means for mining and processing of ore materials. Message 2 // *Mining information and analytical bulletin*. 2017. No. 4. pp. 33-41.
10. Hebblewhite B. K. Geotechnical risk in the methods and practice of mining: critical issues and pitfalls of risk management. J. Wessel (ed.) / *Proceedings of the First International Conference on Geomechanical risk in Mining*. The Australian Center of Geomechanics, Perth. 2019, pp. 299- 308.
11. Lyashenko V.I., Franchuk V.P. Increasing the efficiency of activation of components of the hardening filling mixture in installations of vibrating pipeline transport // *Izv. vuzov. Mining magazine*. 2017. No. 4. pp. 92-100.
12. Volkov E.P., Anushenkov A.N. Development of technology for laying mine workings with solid mixtures based on enrichment tailings // *Izv. Higher education institutions. Mining magazine*. 2019. No. 7. pp. 5-13.
13. Valiev N.G., Propp V.D., Vandyshv A.M. The Mining Department of UGSU is 100 years old // *The institutions of higher education. Mining magazine*. 2020. No. 8. pp. 130-143.
14. Effect of activating treatment of halite flotation waste in backfill mixture preparation / Kongar-Suryun Ch.B., Faradzhev V.V., Tyulyaeva Yu.S., Khayrutdinov A.M. // *Mining informational and analytical Bulletin*. 2021. No. 1. pp. 43-57
15. Adamo N., Al-Ansari N., Sisakian V., Laue J., Knutsson S. Dam safety: the question of tailings dumps // *Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering*. 2020, volume 11, No. 1, pp. 1-26.
16. Valiev N.G., Berkovich V.H., Propp V.D. Investigation of the development system by horizontal layers with hydraulic laying and ore extraction in descending order under a flexible cover // *News of higher educational institutions. Mining magazine*. 2019. No. 5. pp. 5-13.
17. Sotskov V., Derevyukhina N., Malanchuk L. Analysis of operational parameters of partial backfill in the context of selective coal mining // *Development of mineral deposits*. 2019. No. 13(4). pp. 129-138.
18. Sikakwe G. U. GIS-based model of groundwater occurrence using geological and hydrogeological data in the Precambrian Oban massif in south-eastern Nigeria // *Applied Water Science*. 2018. Vol. 8. Iss. 3. 79.
19. Iordanov I., Novikova Yu., Simonova Yu., Efremov O., Podkopaev E., Korol A. Experimental characteristics of deformation properties of the laying mass // *Development of mineral deposits*. 2020. No. 14(3). pp. 119-127.
20. Naitani A. K. Classification of rock mass and design of support using Q-system // *Journal of the Geological Society of India*. 2019. Volume 94. p. 443.
21. Tsinghua Lei, Ke Gao. Numerical study of stress variability in inhomogeneous fractured rocks // *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*. 2019. Volume 113. pp. 121-133.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Голик Владимир Иванович:

доктор технических наук,
профессор,
кафедра Горное дело,
Северо-Кавказский горно-металлургический институт (ГТУ),
г. Владикавказ, Россия,
email: v.i.golik@mail.ru

Валиев Нияз Гадимоович Оглы:

доктор технических наук,
профессор,
заведующий кафедрой горного дела Уральского
государственного горного университета,
г. Екатеринбург, Россия,
email: gtf.gd@m.ursmu.ru

Дмитрак Юрий Витальевич:

доктор технических наук,
профессор,
заведующий отделом моделирования и управления
горнотехническими системами,
ИПКОН РАН,
г. Москва, Россия,
email: dmitrak@yandex.ru

Дзапаров Вячеслав Хаматканович:

кандидат технических наук,
доцент,
Северо-Кавказский горно-металлургический институт (ГТУ),
г. Владикавказ, Россия,
email: dzapa64@yandex.ru

Лискова Мария Юрьевна:

кандидат технических наук,
доцент,
Пермский национальный исследовательский политехнический
университет,
г. Пермь, Россия,
email: liskova.rpb@gmail.com

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Golik Vladimir Ivanovich:

Doctor of Technical Sciences,
professor,
Department of Mining, North Caucasian Institute of Mining and
Metallurgy (State Technological University),
Vladikavkaz, Russia,
email: v.i.golik@mail.ru

Valiev Niaz Gadimoovich Ogly:

Doctor of Technical Sciences,
professor,
chief of the Department of Mining,
Ural State Mining University,
Ekaterinburg, Russia,
email: gtf.gd@m.ursmu.ru

Dmitrak Yuriy Vitalievich:

Doctor of Technical Sciences,
professor,
chief research scientist of the Department of Design and
Management of Mining systems,
Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources RAS,
Moscow, Russia,
email: dmitrak@yandex.ru

Dzaparov Viacheslav Khamatkanovich:

candidate of Technical Sciences,
assistant professor of the Department of Mining,
North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State
Technological University),
Vladikavkaz, Russia,
email: dzapa64@yandex.ru

Liskova Mariya Yurievna:

candidate of Technical Sciences,
assistant professor,
Perm National Research Polytechnical University,
Perm, Russia,
email: liskova.rpb@gmail.com

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА / CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

Авторы заявляют о равном вкладе каждого в работу над статьей. / The authors participated equally in the writing and collection of the material, as well as its processing.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ / CONFLICT OF INTEREST

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.