

Экспериментальное обоснование безотходной утилизации хвостов обогащения железистых кварцитов

В. И. Голик, С. Г. Страданченко, С. А. Масленников

Рассмотрены технологии безопасной и экономически эффективной утилизации хвостов обогащения на примере железистых кварцитов. Приведены результаты эксперимента по приготовлению твердеющих смесей на основе хвостов обогащения после извлечения из них металлов выщелачиванием. Переработку хвостов проводили в рамках единого процесса механической активацией в дезинтеграторе и химическим выщелачиванием, варианты которого различаются местом и продолжительностью подготовки, а также значениями переменных факторов. Получены параметры влияния активации в дезинтеграторах на прочность твердеющих смесей. Доказана возможность использования хвостов обогащения не только в качестве инертных заполнителей, но и в качестве вяжущих. Показано, что продуктом активации в дезинтеграторе является материал, отличающийся от исходного материала повышенным качеством и безопасностью по содержанию металлов. Рекомендовано использование вторичных хвостов обогащения для изготовления твердеющих закладочных смесей при переходе горных предприятий с открытого на подземный способ разработки месторождений.

Ключевые слова: материалы, утилизация, хвосты обогащения, железистые кварциты, твердеющая смесь, металл, выщелачивание, активация, дезинтегратор, инертный заполнитель, вяжущее.

Введение

При добыче полезных ископаемых на земной поверхности формируются техногенные месторождения из хвостов первичного обогащения руд, размеры которых неуклонно увеличиваются, поскольку необходимость обеспечения промышленности минеральным сырьём не позволяет уменьшить объем его выдачи из недр.

Открытый способ разработки месторождений вступил в противоречия с жизненными интересами горнодобывающих регионов, обладая неустраняемыми экономическими и экологическими недостатками. Предстоящий переход многих предприятий, например, расположенных в районе Курской магнитной аномалии, на подземный способ требует обеспечения твердеющими смесями для заполнения технологических пустот, производство которых в необходимых объемах еще более осложнит экологическую ситуацию в регионе.

Общепризнано, что сырьем для приготовления твердеющих смесей могут быть хвосты обогащения

руд. Ежегодно только в России образуется около 15 млн. т отходов, из которых утилизируется не более 10%. Только на предприятиях КМА накоплено более 320 млн. т хвостов обогащения железных руд.

Нельзя признать положительным накопленный опыт применения отходов горного производства для изготовления бетонов. Препятствием для широкого применения хвостов обогащения в качестве строительного сырья, в первую очередь, является наличие металлов, не извлеченных при переработке. Утилизация хвостов без извлечения этих металлов опасна одновременно и с экономической и экологической точки зрения [1].

В состав металлосодержащих минералов входят ценные и дефицитные металлы, стоимость которых может быть сопоставима со стоимостью извлекаемых металлов.

Так, в состав минералов Лебединского месторождения, кроме основного металла — железа, входят кобальт, никель, медь, мышьяк, палладий, серебро, сурьма, теллур, платина, свинец, бериллий и другие металлы.

Помимо собственных минеральных фаз значительные количества металлов концентрируются в сульфидах, сульфоарсенидах и других рудных минералах вследствие процессов благороднометалльного рудогенеза в железистых кварцитах.

Наличие в товарной продукции не извлеченных металлов опасно химическим и радиологическим загрязнением, так как содержащиеся в отходах металлы под действием процессов естественного выщелачивания мигрируют в экосистемы окружающей среды, приводя к тяжелым последствиям.

Утилизации минеральных отходов ограничивается возможностями применяемого обогатительного оборудования. Для утилизации доступны отходы с минимальным содержанием компонентов, которое в то же время превышает санитарные нормы. Огромные запасы техногенных месторождений, некондиционные для технологий извлечения металлов, разрушительно воздействуют на окружающую среду, масштабы которого увеличиваются по мере развития тенденции выборочной разработки месторождений для обеспечения сиюминутной прибыли.

Возможности извлечения металлов из хвостов переработки увеличились при освоении технологий с химическим выщелачиванием, например, кучным или перколяторным с активацией процесса перемешиванием в агитаторах. Однако при малых концентрациях металлов продолжительность и невозможность извлечения до санитарно безопасного уровня не позволяют увеличить область применения этих технологий.

В последнее время накоплен небольшой опыт извлечения металлов из хвостов горного производства путем комбинирования процессов механической активации и выщелачивания, что позволяет извлекать металлы до уровня предельно допустимой концентрации на 2 порядка быстрее, чем при агитационном выщелачивании [2, 3].

В технологии приготовления твердеющих смесей все активнее используют способность дезинтеграторов изменять свойства материалов. В результате смеси обладают необходимой нормативной прочностью при низком качестве исходных компонентов [4–6].

В горной отрасли при утилизации отходов обогащения руд целью является оптимизация составов твердеющих смесей для обеспечения нормативной прочности закладочных массивов в выработанном пространстве. Это достигается подбором компонентов смеси и использованием методов интенсификации выщелачивания металлов. Так, прочность смеси может быть существенно увеличена при комбинировании заполнителей по крупности.

Наиболее актуальным является направление использования хвостов обогащения полезных ископаемых в составе твердеющей смеси не только в качестве инертных заполнителей, но и вяжущих компонентов.

Мелкие фракции обогащения размером до 0,076 мм, включающие карбонатные компоненты, используют в качестве вяжущих. Измельчение хвостов обогащения до тонкодисперсной фракции позволяет изготавливать закладочные смеси достаточной прочности для заполнения основного объема техногенных пустот. Физико-химические процессы в твердых веществах протекают тем быстрее и полнее, чем больше поверхность участвующего в процессе вещества.

Эффективность технологии механохимической активации хвостов обогащения железистых кварцитов оценивается путем сравнения ее показателей с показателями агитационного выщелачивания в перколяторах по критерию извлечения металлов методом Венкена – Бокса с интерпретацией результатов в форме логарифмической или полиномиальной интерполяции.

Снижение расхода цемента на приготовление твердеющих смесей при обеспечении нормативной прочности закладочных массивов, расширение области утилизации хвостов обогащения и улучшение состояния окружающей среды обеспечивается реализацией нескольких направлений.

В [7] предложено включать в состав закладочной смеси:

- в качестве вяжущего дополнительно молотый доменный кислый шлак, а в качестве заполнителя — смесь хвостов обогащения железистых кварцитов со шлаковым щебнем;

- молотый побочный продукт ванадиевого производства, а в качестве заполнителя — хвосты обогащения;

- молотый кислый гранулированный доменный шлак, а в качестве заполнителя отходы обогащения мокрой магнитной сепарации железистых кварцитов, побочный продукт ванадиевого производства и суперпластификатор.

В [1, 12] рекомендованот в качестве заполнителя использовать хвосты обогащения и портландцемент, измельченные в дезинтеграторе.

В состав закладочной смеси в [10] включен сталелитейный шлак и активизатор — горелые породы шахтного отвала и шлам от нейтрализации электролитовизвестью.

В [3, 6] предложено для закладки выработанного пространства использовать отходы выщелачивания хвостов обогащения, негашеную известь илигно-сульфонат натрия.

Рассмотренные направления предполагают использовать хвосты обогащения, преимущественно, в качестве заполнителя без извлечения из них полезных и ценных металлов, снижая полноту использования недр.

В современных технологических процессах изменение состояния вещества с получением нового качества путем воздействия на него механической энергией в рабочей камере дезинтегратора используется достаточно широко [8, 9].

При обработке в дезинтеграторе в веществе аккумулируется дополнительная энергия, величина которой может достигать 30 % от всей затраченной на обработку энергии. Возникающие в дезинтеграторе скорости удара на порядок больше, чем в мельницах, а ускорения достигают миллионов ускорений свободного падения. В рабочей камере дезинтегратора происходит измельчение частиц материала ударами с максимальной скоростью около 175 м/с. Активация хвостов обогащения в дезинтеграторе позволяет мелким фракциям по прочности конкурировать с цементом.

Цель данной работы — обоснование технологии безопасной и экономически эффективной утилизации хвостов обогащения на примере железистых кварцитов КМА.

Материалы и методы исследования

Исследована возможность совмещения в рамках единого процесса переработки хвостов механической активации в дезинтеграторе с химическим выщелачиванием. По существу, продуктом активации в дезинтеграторе является новый материал, отличающийся от исходных хвостов обогащения повышенным качеством и безопасностью по содержанию металлов (рис. 1).

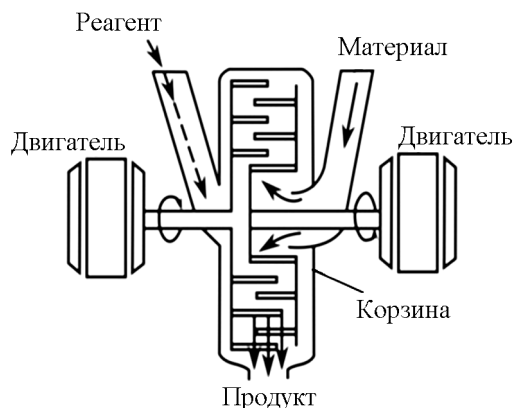


Рис. 1. Выщелачивание хвостов в дезинтеграторе.

Исследование параметров единого процесса переработки хвостов — механической активации в дезинтеграторе с химическим выщелачиванием осуществлено в установке DESI-11, изготовленной Центром прикладной механохимии “Гефест” (рис. 2).

Для оценки влияния активации на прочность твердеющих смесей исследованы смеси имеющие химический состав, в масс. %: SiO_2 — 64, Fe — 8, Al_2O_3 — 5,2, Mn — 3,2, K_2O — 0,7, P — 0,1, Ca — 0,8, MgO — 0,2, Cu — $5 \cdot 10^{-3}$, Ni — $4 \cdot 10^{-3}$, Zn — $5 \cdot 10^{-4}$, As, Ba, Be, Bi, Co, Cr, Li, Mo, Nb, Pb, Sb, Sn, Sr, Ti, V, Y — на уровне $(30 - 50) \cdot 10^{-5}$ и следующие свойства:

- крупность хвостов обогащения — 1 мм;
- соотношение компонентов: инертные, вяжущее, вода — 1445:100:380;
- продолжительность твердения — 7, 14 и 28 суток;
- частота вращения роторов дезинтегратора — 200 Гц;
- состав реагента: 10 г/л серной кислоты и 160 г/л хлорида натрия.

В работе использовали следующие варианты активации хвостов в составе смесей:

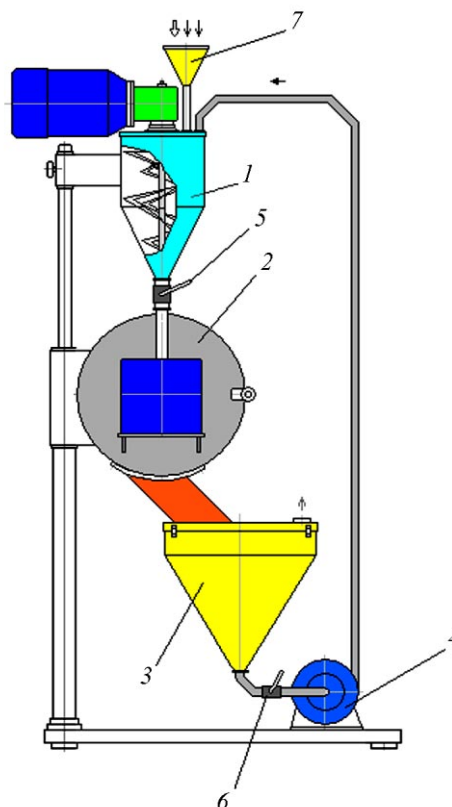


Рис. 2. Схема лабораторного дезинтегратора DESI-11 для активации минералов: 1 — смеситель; 2 — дезинтегратор; 3 — приемный бункер; 4 — насос; 5, 6 — кран; 7 — воронка.

1. Без активации.
2. Механическая активация в сухом состоянии.
3. Выщелачивание в агитаторе без активации.
4. Механическая активация с агитационным выщелачиванием.
5. Выщелачивание в дезинтеграторе.
6. Многократное выщелачивание в дезинтеграторе.

Прочность смесей определяли по методике, рекомендованной в ГОСТ 10180-90.

Коэффициент вариации экспериментов V по каждой серии опытов рассчитывали по формуле

$$V = \frac{\delta}{\bar{x}} \cdot 100,$$

где δ — среднее квадратическое отклонение, $\bar{x}$ — среднее арифметическое.

Результаты

Результаты исследований твердеющих смесей на прочность представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты исследования смесей с цементом и хвостами без активации

Свойства	Расход портландцемента, кг/м ³					
	30	60	80	100	120	180
Прочность, МПа	0,79	0,92	0,101	1,20	1,41	1,80
Коэффициент вариации экспериментов V	27	26	28	12	15	18

Расход воды 380 л/м³.

Для увеличения прочности смеси хвосты классифицированы по крупности (табл. 2).

Прочность смесей, в которых хвосты обогащения комбинируется по признаку оптимальной крупности (50% крупной и 50% мелкой) увеличивается, что оценивается коэффициентом 1,15 – 1,25 (табл. 3).

Таблица 3

Прочность смесей с комбинированным по крупности заполнителем, МПа

Свойства	Расход портландцемента, кг/м ³					
	30	60	80	100	120	180
Прочность, МПа	0,85	1,02	1,23	1,40	1,57	1,85
Коэффициент вариации экспериментов V	21	25	17	19	14	11

Расход воды 380 л/м³.

Прочность смеси изменяется в зависимости от способа ее подготовки в процессе выщелачивания металлов. Изменение прочности смесей с использованием цемента и без представлены в табл. 4.

В табл. 5 приведена прочность смеси с использованием в качестве вяжущего активированных в дезинтеграторе хвостов обогащения.

Хвосты механохимической активации отходов обогащения угля представляют собой дисперсную массу, состоящую из частиц размерами около 0,1 мм, которая отличается более равномерной структурой. Эффект этого иллюстрируется увеличением прочности бетона, изготовленного при прочих равных условиях на основе хвостов, приготовленных разными способами: размолотых в мельнице и активированных в дезинтеграторе.

Таблица 2

Характеристика фракций хвостов по крупности

Фракция	Остаток на ситах в % фракций размером, мм								Потери при отмучивании, кг/м ³	Удельная поверхность, м ² /кг	Плотность, кг/м ³
	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	–0,14			
Крупная	29,0	20,5	15,0	7,7	12,5	4,7	6,4	4,2	3,6	5,0	2700
Мелкая	13,6	16,7	31,7	4,3	17,4	10,0	4,3	3,5	5,0	5,1	2680

Таблица 4

Влияние подготовки на прочность смесей с вяжущим цементом и без цемента

№	Вид активации	Прочность смеси, МПа					
		хвосты: цемент: вода = 1445: 100: 380			хвосты: цемент: вода = 1445: 0: 380		
		7 суток	14 суток	28 суток	7 суток	14 суток	28 суток
1	Без активации	1,04	1,11	1,20	0,64	0,81	0,91
2	Механическая активация	1,16	1,25	1,32	0,86	0,95	1,12
3	Выщелачивание без активации	0,52	0,61	0,72	0,42	0,57	0,62
4	Механическая активация с агитационным выщелачиванием	0,68	0,73	0,88	0,60	0,69	0,78
5	Выщелачивание в дезинтеграторе	0,73	0,77	0,94	0,63	0,71	0,84
6	Многократное выщелачивание в дезинтеграторе	0,92	1,10	1,22	0,82	1,00	1,12

Таблица 5

Влияние активации на прочность смесей
с цементом после 28 суток

№	Вид активации	Прочность, МПа	
		цемент 100 кг/м ³	активация без цемента
1	Без активации	1,30	1,01
2	Механическая активация	1,52	1,22
3	Выщелачивание без активации	0,92	0,68
4	Механическая активация с агитационным выщелачиванием	1,08	0,88
5	Выщелачивание в дезинтеграторе	1,20	0,94
6	Многократное выщелачивание в дезинтеграторе	1,54	1,14

Обсуждение результатов

Прочность бетонов на основе хвостов обогащения при активации их в дезинтеграторах повышается с 1,30 до 1,52 МПа или в 1,17 раза.

Выщелачивание хвостов обогащения в дезинтеграторе по сравнению с активацией без выщелачивания уменьшает прочность смеси за счет увеличения влажности.

Хвосты обогащения, активированные в дезинтеграторе, после извлечения из них металлов до уровня санитарных требований пригодны для изготовления товарной продукции даже без добавления цемента, в том числе массивов из твердеющих смесей, обеспечивающих при определенных геомеханических условиях необходимую прочность.

Особенность предлагаемой схемы комплексирования состоит в том, что ее звенья составляют единую систему в рамках добывающего производства, а



Рис. 3. Схема приготовления твердеющей смеси на основе хвостов обогащения.

вырученные средства облегчают его финансовое положение (рис. 3).

Закладочные смеси на основе хвостов обогащения железистых кварцитов обеспечивают необходимую прочность искусственных массивов при сжатии 6 – 13 МПа, что с избытком отвечает требованиям к искусственным массивам.

В развитых странах большое значение уделяется экологической безопасности, в том числе увеличению объемов утилизации техногенных отходов и повышению экологической безопасности [10].

В мировой практике увеличение объемов утилизации отходов обеспечивается использованием твердеющих смесей в качестве инертных заполнителей без извлечения опасных компонентов. Такой подход противоречит требованию обеспечения экономических и экологических требований к технологии. Тяжелые металлы, содержащиеся в хвостах, под воздействием водных сред переходят в мобильное состояние и становятся причиной деградации экосистем.

Практика перемещения хвостов обогащения в выработанное пространство может быть признана корректной только при снижении содержания в отходах металлов до норм предельно допустимых концентраций или фоновое значение.

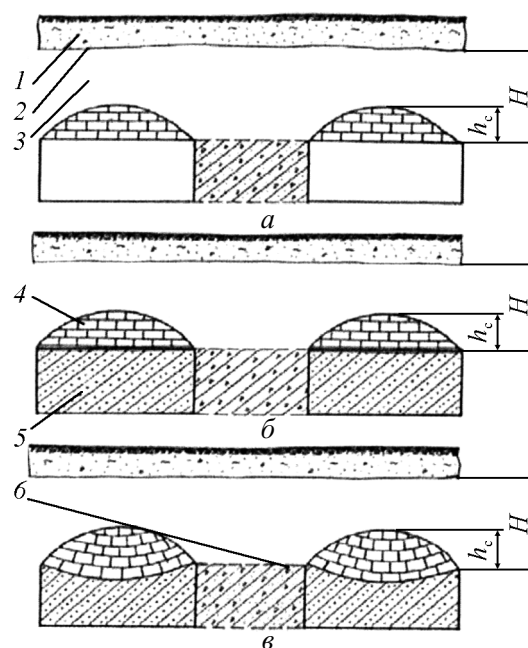


Рис. 4. Управление состоянием массива: а – без закладок; б – закладка малопрочными смесями при плоской кровле; в – закладка малопрочными смесями при сводчатой кровле: 1 – наносы, 2 – рыхлые отложения, 3 – породы, 4 – породные блоки, 5 – малопрочная закладка, 6 – прочная закладка, H – высота столба до поверхности, h_c – высота свода естественного заклинивания пород.

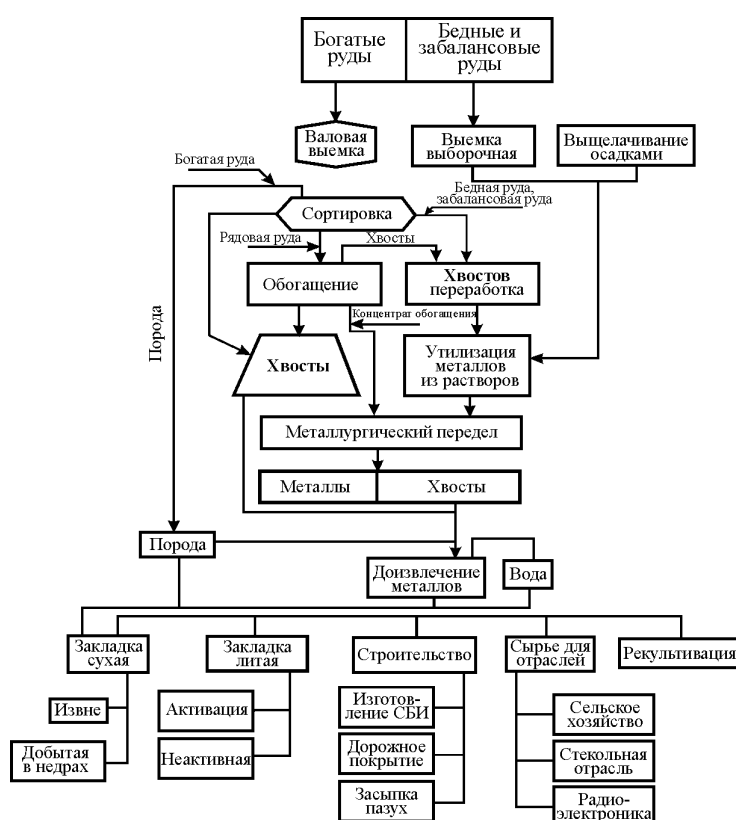


Рис.5. Схема получения и направления использования материалов.

Таким образом, более полное достижение целей горного производства обеспечивает технология использования хвостов обогащения в форме перемещения в выработанное пространство после извлечения металлов.

Технология изготовления товарной продукции из вторичных хвостов обогащения руд должна обеспечивать:

- получение продукции из отходов обогащения руд плотностью не менее $2,4 \text{ т/м}^3$;
- использование лежалых хвостов обогащения руд;
- прочность твердеющих смесей на одноосное сжатие $0,5 - 1,5 \text{ МПа}$, достаточную для закладки большинства выработанного пространства;
- снижение расхода цемента на приготовление и доставку смесей в разы по сравнению с базовым значением.

Технологически и экономически целесообразнее использование текущих хвостов обогащения металлических руд с увязкой процессов обогащения и приготовления смесей в единую систему.

После извлечения металлов и солей хвосты обогащения могут быть использованы в составе

смеси не только в качестве инертных заполнителей, но и в качестве вяжущих.

Бесцементные смеси на основе активированных хвостов обогащения могут быть использованы на участках, разгруженных от критических напряжений образующих трех шарнирную арку пород (рис. 4) [11].

Искусственный массив воспринимает нагрузку пород высотой в пределах свода естественного равновесия (4), поэтому на участках рудного поля, разделенных прочными искусственными массивами (6) или рудными целиками на безопасные по критическим напряжениям секции возможно применение массивов пониженной прочности (5), как при сохранении плоских пролетов, так в случае разрушения несущего слоя заклинившихся пород.

Утилизируемые без ограничения по санитарным условиям материалы — продукты механохимической переработки могут быть практически неограниченной сырьевой базой для смежных отраслей народного хозяйства (рис. 5).

Нейтрализация химического загрязнения окружающей среды хвостами обогащения является шагом в направлении гуманизации горного производства [12].

Выводы

Проведены многофакторные эксперименты с анализом данных вариантов активации хвостов обогащения в процессе выщелачивания.

Подтверждена корректность технологии извлечения металлов из хвостов обогащения руд путем комбинированного химического обогащения и механической активации минералов в дезинтеграторе.

Теоретически и экспериментально доказано, что выщелачивание металлов из хвостов обогащения в дезинтеграторе в течение нескольких минут существенно улучшает качество вторичных хвостов переработки и прочность искусственных массивов из них.

Технология обеспечивает безотходную утилизацию хвостов обогащения, обладая преимуществами экономического и экологического характера по сравнению с традиционными технологиями.

Литература

1. Голик В.И., Полухин О.Н. Природоохранные технологии в горном деле. ИД Белгород НИУ БелГУ. 2013, 281 с.
2. Голик В.И. Концептуальные подходы к созданию мало- и безотходного горнорудного производства на основе комбинирования физико-технических и физико-химических геотехнологий. Горный журнал, 2013, № 5, с. 93 – 96.
3. Polukhin O.N., Komashchenko V.I., Golik V.I., Drebenstedt C. Substantiating the possibility and expediency of the ore beneficiation tailing usage in solidifying mixtures production. Technische University Bergakademie Freiberg, Germany Publisher: Medienzentrum der TU Bergakademie Freiberg Printed in Germany, 2014, p. 402 – 413.
4. Хинт И.А. УДА — технология: проблемы и перспективы. Таллинн: Валгус, 1981, 36 с.
5. Golik V.I. Mechanochemical technology of metals extraction from ore coal washery. Proceedings of XV Balkan mineral processing congress Sozopol Bulgari, Proceedings of XV Balkan mineral processing congress Sozopol, Bulgaria, 2013, pp. 12 – 16.
6. Golik V.I., Komashchenko V.I., Drebenstedt K. Mechanochemical activation of the ore and coal tailings in the desintegrators. Springer International Publishing Switzerland 2013, pp. 1047 – 1055. DOI: 10.1007/978-3-319-02678-7_101,
7. Лизункин В.М., Морозов А.А., Бейдин А.В. Комбинированная геотехнология добычных работ с рентгено-радиометрической сортировкой и выщелачиванием урана из бедной рудной массы в подземных условиях. Горный журнал, 2013, № 8 – 2, с. 82 – 86.
8. Голик В.И., Полухин О.Н. Концепция извлечения металлов из хвостов переработки железных руд. Горный информационно-аналитический бюллетень. Специальный выпуск, 2013, № 3, № ОС4, с. 56 – 61.

9. Гендлер С. Г. Обеспечение комплексной безопасности при освоении минерально-сырьевых и пространственных ресурсов недр. Горный журнал, 2014, № 5, с. 98 – 102.
10. Голик В.И., Полухин О.Н. Природоохранные геотехнологии в горном деле. Белгород: ИД “Белгород” НИУ “БелГУ”, 2013, 282 с.
11. Голик В.И. Подземная разработка месторождений. М.: Инфра, 2013, 117 с.
12. Фоменко А. А. Использование техногенных скоплений и забалансовых руд цветных металлов в контексте экономики природопользования Горный журнал, 2013, № 2, с. 89 – 94.

References

1. Golik V.I., Poluhin O.N. *Prirodookhrannye tekhnologii v gornom dele* [Environmental technologies in mining]. ID Belgorod State Univ. Publ., 2013, 281 p.
2. Golik V.I. Kontseptualnye podkhody k sozdaniyu malo- i bezotkhodnogo gornorudnogo proizvodstva na osnove kombinirovaniya fiziko-tekhnicheskikh i fiziko-khimicheskikh geotekhnologii [Conceptual approaches to the creation of small and non-waste mining production based on a combination of physical and technical, physical and chemical geo-technology]. *Gornyy zhurnal — Mining Journal*, 2013, no. 5, pp. 93 – 96.
3. Polukhin O.N., Komashchenko V.I., Golik V.I., Drebenstedt C. Substantiating the possibility and expediency of the ore beneficiation tailing usage in solidifying mixtures production. Technische University Bergakademie Freiberg, Germany, Medienzentrum der TU Bergakademie Freiberg Publ., 2014, pp. 402 – 413.
4. Hint I.A. Removal technology: problems and prospects. Tallinn: Valgus, 1981, 36 s.
5. Golik V.I. Mechanochemical technology of metals extraction from ore coal washery. Proceedings of XV Balkan mineral processing congress, Sozopol, Bulgari, 2013, pp. 12 – 16.
6. Golik V.I., Komashchenko V.I., Drebenstedt K. Mechanochemical activation of the ore in coal tailings in the desintegrators, Springer International Publishing Switzerland, 2013, pp. 1047 – 1055. DOI: 10.1007/978-3-319-02678-7_101.
7. Golik V.I., Poluhin O.N. *Kontseptsiya izvlecheniya metallov iz khvostov pererabotki zheleznykh rud* [The concept of extraction of metals from tailings of iron ore]. Mining informational and analytical bulletin. Special issue OS4, 2013, no. 3, Moscow, Gornaya kniga Publ., pp. 56 – 61.
8. Gendler S.G. Obespechenie integrated security during the development of mineral resources and spatial interior. *Gornyy zhurnal — Mining Journal*, 2014, no. 5, pp. 98 – 102.
9. Lizunkin V.M., Morozov A.A., Beydin A.V. Kombinirovannaya geotekhnologiya dobychnykh работ s rentgenoradiometricheskoy sortirovkoy i vyshchelachivaniyem urana iz bednoy rudnoy massy v podzemnykh usloviyakh [Combined geotechnology mining operations with X-ray radiometric sorting and leaching of uranium ore from a

- poor masses in underground conditions]. *Gorny zhurnal — Mining Journal*, 2013, no. 8 – 2, pp. 82 – 86.
10. Golik V.I., Poluhin O.N. *Prirodookhrannyye geotekhnologii v gornom dele* [Environmental geotechnology in mining]. ID Belgorod State Univ. Publ., 2013, 282 p.
11. Golik V.I. *Podzemnaya razrabotka mestorozhdeny* [Underground mining]. Moscow, Infra Publ., 2013, 117 p.
12. Fomenko A.A. Ispolzovaniye tekhnogennykh skopleniy i zabalansovykh rud tsvetnykh metallov v kontekste ekonomiki prirodopolzovaniya [Using technological clusters and off-balance sheet of non-ferrous metals in the context of environmental economics]. *Gorny zhurnal — Mining Journal*, 2013, pp. 89 – 94.

Статья поступила в редакцию 20.01.2015 г.

Голык Владимир Иванович — Северо-Кавказский государственный технологический университет (Республика Северная Осетия-Алания, 362021, г. Владикавказ, ул. Николаева, 44), доктор технических наук, профессор кафедры, специалист в области разработки месторождений полезных ископаемых. E-mail: v.i.golik@mail.ru.

Страданченко Сергей Георгиевич — Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Донского государственного технического университета в г. Шахты (346500, Ростовская область, г. Шахты, ул. Шевченко, 147), доктор технических наук, директор, специалист в области разработки месторождений полезных ископаемых. E-mail: mail@sssu.ru.

Масленников Станислав Александрович — Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) Донского государственного технического университета в г. Шахты (346500, Ростовская область, г. Шахты, ул. Шевченко, 147), кандидат технических наук, заведующий кафедрой, специалист в области разработки месторождений полезных ископаемых. E-mail: MaslennikovSA@mail.ru.

Experimental study of non-waste recycling tailings ferruginous quartzite

V. I. Golik, S. G. Stradanchenko, S. A. Maslennikov

Technology of safe and cost-effective disposal on example of ferruginous quartzites tailings is considered. The results of experiments on preparation of hardening mixtures based on tailings after extraction of metals by leaching process are presented. Processing of tails realize with mechanical activation in the disintegrator with chemical leaching. Variants of the process differ on destination and duration, as well as the values of variables. The parameters of the effect of activation in disintegrators on hardening mixtures strength are obtained. The possibility of tailings use not only as inert fillers, but as binders is proven. It is shown that product of activation in disintegrator is a material different from the initial raw material with high quality and safety due to content of metals. It is recommended to use the secondary tailings for making hardening filling mixtures under transition from the open mining enterprises to underground mining.

Keywords: materials, waste, tailings, ferruginous quartzites, hardening mixture, metal leaching, activation, disintegrator, an inert filler, binder.

Golik Vladimir — North Caucasus State Technical University (Russia, Republic of North Ossetia-Alania 362021, Vladikavkaz, Nikolaeva str., 44), Doctor. techn. Sciences, prof., specialist in the development of mineral deposits, e-mail: v.i.golik@mail.ru.

Stradanchenko Sergei — Institute of the service sector and entrepreneurship DSTU (Russia 346500, Rostov region, Shakhty, 147 Shevchenko st.), doctor. techn. Sciences, prof., director, specialist in the development of mineral deposits, e-mail: mail@sssu.ru.

Maslennikov Stanislav — Institute of the service sector and entrepreneurship DSTU (Russia 346500, Rostov region, Shakhty, 147 Shevchenko st.), PhD. techn. Sciences, assoc., head of department, specialist in the development of mineral deposits, e-mail: MaslennikovSA@mail.ru.