

**Н. К. СЕКСЕНОВА¹, Р. А. БЫКОВ¹, А. С. КОТЛЯРОВА¹,
М. Б. КОЖАКАНОВ¹, Н. КАНТАЙ²**

¹РГП на ПХВ «Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева», Усть-Каменогрск, Казахстан

²Восточно-Казахстанский государственный университет им. С.Аманжолова

ПРОЦЕССЫ РУДОПОДГОТОВКИ ЛЕЖАЛЫХ ХВОСТОВ ОБОГАЩЕНИЯ СВИНЦОВО-ЦИНКОВЫХ РУД БЕЛОУСОВСКОЙ ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ

Проведены тестовые испытания по определению процессов рудоподготовки лежалых хвостов обогащения перед флотацией. Установлена необходимость доизмельчения лежалых хвостов до крупности 73,4 % класса –0,044 мм. Определены модели извлечения основных ценных компонентов от крупности доизмельчения хвостов. Определена сопоставимость графиков извлечения основных ценных компонентов по экспериментальным опытам и теоретическим расчетам.

Ключевые слова: техногенные отходы, лежалые хвосты, свинцово-цинковые руды, доизмельчение, флотация, модель, графика.

Ескі байыту қалдықтарын флотациялау алдындағы дайындау үрдістерінің тесттік сынақтары өткізілді. Ескі байыту қалдықтарын 73,4% -0,044 мм классқа дейін ұнтақтау керектігі анықталды. Қалдықтарды ұнтақтау ірілігінің пайдалы компоненттерді бөліп алуға әсерін көрсететін модельдер анықталды. Тәжірибелік және теориялық есептеулер бойынша негізгі пайдалы компоненттерді бөліп алу графиктерінің сәйкестігі анықталды.

Түйін сөздер: техногендік қалдықтар, ескі байыту қалдықтары, қорғасын-мырыш кендері, ұнтақтау, флотация, модель, графиктер.

Testing were carried out to determine the processes of ore preparation of stale tailings before flotation. The necessity of additional grinding of stale tails to the size of 73.4% of the class -0.044 mm was established. The models of extraction of the main valuable components from the fineness to the grinding of tails are determined. Comparability of schedules of extraction of the main valuable components on experiments and theoretical calculations is defined.

Key words: technogenic waste, stale tailings, lead-zinc ores, grinding, flotation, model, graphs.

В условиях формирования технологии переработки хвостов обогащения как техногенного и минерального сырья, опережающее инновационное развитие предусматривает в первую очередь совершенствование процессов рудоподготовки и поиск селективно работающих флотационных реагентов на базе теории элементарного акта флотации.

Процесс рудоподготовки, включающий его измельчение и вскрытие тонковкрапленных минеральных образований, имеет первостепенное значение для достижения максимально высокого извлечения металлов, в том числе и благородных [1-4].

Для обогащения труднообогатимых руд используется распространенный флотационный метод, который приобретает все большее значение из-за возрастающих требований к комплексности и полноте использования минерального сырья. Определяющими факторами получения высоких технологических показателей являются

подготовленность минерального сырья к обогащению и оптимальность реагентного режима при его флотации [5].

В ЦОР «VERITAS» ВКГТУ им. Д. Серикбаева получил развитие механический способ измельчения труднообогатимых руд и техногенных продуктов (хвосты обогащения) до необходимой крупности с достижением эффекта раскрытия тонких минеральных сростков.

Исследования с целью разработки рентабельного метода переработки лежалых хвостов Белоусовской ОФ, ТОО «Востокцветмет» показали, что материал хвостов нуждается в предварительной дезинтеграции, доизмельчении и обесшламливании.

Представительная проба лежалых хвостов хвостохранилища Белоусовской ОФ содержит: Pb – 0,07%, Zn – 0,2%, Cu – 0,07%, Fe – 6,94% Au – 0,32 г/т, Ag – 3,18 г/т, S_{общ} – 5,01%, Ba – 0,62%, Al₂O₃ – 13,9, MgO – 4,34%, SiO₂ – 28,9%, Na₂O – 3,37%.

Процесс дезинтеграции лежалых хвостов заключался в воздушной сушке, тщательном перемешивании материала с использованием современных методов усреднения твердой массы хвостов. Гранулометрический состав лежалых хвостов определялся методом ситового анализа [6].

Ситовой анализ проводился путем ручного отсева материала на ситах с размером ячеек 1;0,63;0,5;0,315;0,071;0,044 мм.

Результаты ситового анализа с содержанием основных элементов хвостов по классам крупности приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты ситового анализа пробы лежалых хвостов Белоусовской обогатительной фабрики

Класс крупности мм	Выход %	Содержание, %, (г/т)				Распределение, %			
		Pb	Zn	Au	Fe	Pb	Zn	Au	Fe
+1	0,09	0,10	0,22	1,80	6,94	0,11	1,00	0,49	0,08
- 1+0,63	0,85	0,11	0,26	0,20	7,03	1,15	1,08	0,54	0,81
-0,63+0,5	0,38	0,09	0,26	1,60	6,98	0,42	0,48	1,91	0,36
-0,5+0,315	0,89	0,08	0,18	1,60	7,38	0,87	0,78	4,47	0,89
-0,315+0,071	42,13	0,05	0,16	0,20	5,31	25,78	32,92	26,49	30,40
-0,071+0,044	13,71	0,06	0,17	0,86	2,72	10,07	11,38	37,08	5,07
- 0,044+0	41,94	0,12	0,26	0,22	9,28	61,60	53,25	29,01	52,89
Лежалые хвосты	100	0,08	0,20	0,32	7,36	100	100	100	100

Как следует из таблицы 1, хвосты содержат до 42% мелких классов крупности – 0,044+0 мм, в которых концентрируются свыше 50% свинца и цинка. Значительное количество свинца и цинка содержится в классах флотационной крупности (классы-0,315+0,044мм). Значительное количество золота (до 64,57%) аккумулируется в мелких классах (25%) и классах флотационной крупности (64,57%).

На основании результатов ситового анализа построена характеристика крупности лежалых хвостов (рисунок 1). Форма характеристики крупности свидетельствует о преобладании мелких классов в материале хвостов, т.е. шламисто-глинистой массы.



Рисунок 1 – Характеристика крупности лежалых хвостов обогащения

Доизмельчение лежалых хвостов в лабораторных условиях проводилось с помощью шаровой мельницы с поворотной осью при отношении твердого, воды и шаров, как Т:Ж:Ш – 1:1:9.

Время доизмельчения лежалых хвостов определялось с интервалом 10-15-20-30 минут с последующей флотацией в лабораторных условиях. Опыты по флотации проводились в лабораторной флотомашине «Механобр» с объемом камеры 1 дм³, при массе пробы 125 г и содержании твердого в пульпе 17-18%.

Исследования на обогатимость пробы хвостов методом пенной флотации осуществлялись по схеме коллективной флотации с расходом реагентов: сернистый натрий – 500 г/т, медный купорос – 500 г/т, бутиловый ксантогенат натрия – 175 г/т, собиратель АЕРО-3418 – 25 г/т, пенообразователь МИБК – 10 г/т. Флотация проводилась в щелочной среде создаваемой известью, при рН пульпы 11,5-12. Общая продолжительность флотации - 18 минут.

Результаты опытов по определению степени доизмельчения лежалых хвостов свидетельствуют о том, что оптимальные показатели коллективной флотации хвостов получены при крупности измельчения 73,4% класса - 0,044 мм (рисунок 2).

Полученные результаты опытов по определению степени доизмельчения лежалых хвостов были обработаны с помощью компьютерных программ Excel и STATISTICA [7].

Как видно из рисунка 2, увеличение продолжительности измельчения свыше 15 минут не привело к повышению извлечения меди, цинка, свинца и благородных металлов. Очистка минеральных поверхностей сфалерита, галенита и меди проходила при крупности материала пробы 73,4% класса – 0,044 +0 мм.

Графики зависимости извлечения цинка и свинца в концентрат от крупности доизмельчения лежалых хвостов приведены на рисунках 3, 4. Как видно из рисунков 3, 4, единичные модели процессов извлечения цинка и свинца могут быть выражены следующими уравнениями:

$$Z = 252,9286 - 0,9519 * x - 202,3594 * y \quad (1)$$

$$Z = 117,7139 - 0,6419 * x - 392,0003 * y \quad (2)$$

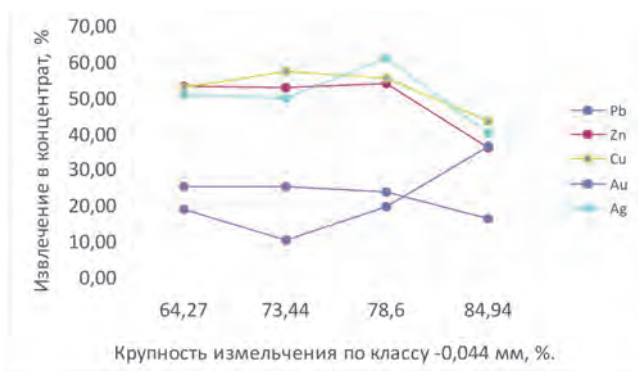


Рисунок 2 – Зависимость извлечения ценных компонентов от крупности измельчения лежалых хвостов

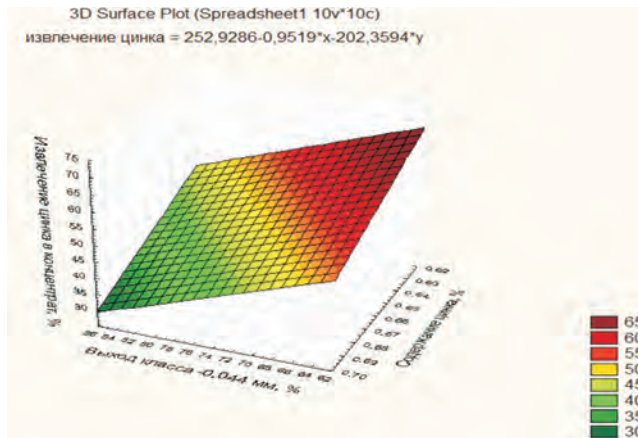


Рисунок 3 – График зависимости извлечения цинка в концентрат от крупности доизмельчения хвостов

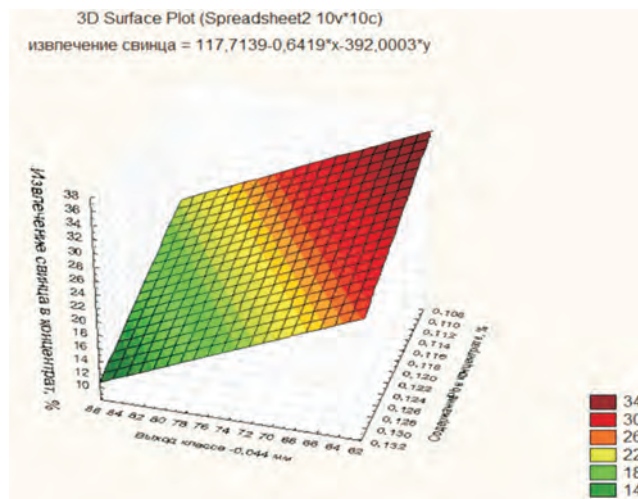


Рисунок 4 – График зависимости извлечения свинца в концентрат от крупности доизмельчения хвостов

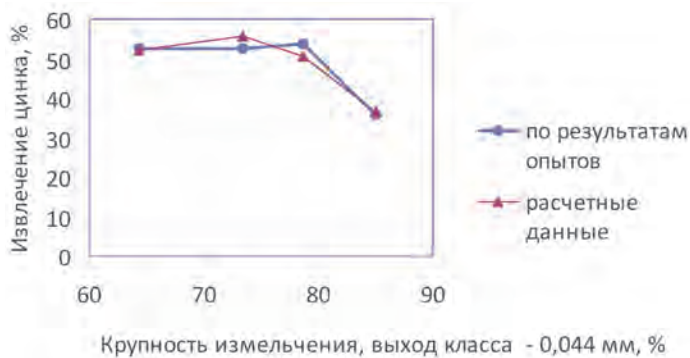


Рисунок 5 – Совместимость графиков экспериментальных опытов и теоретических расчетов извлечения цинка

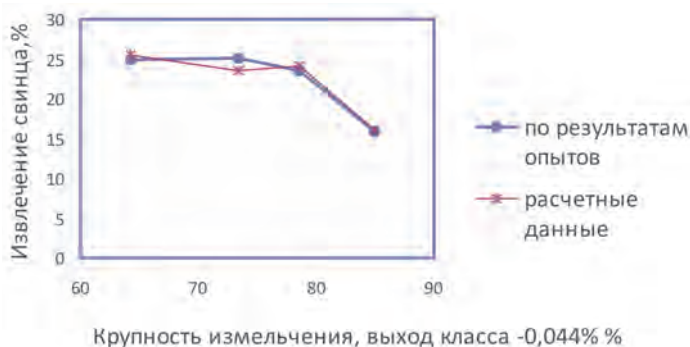


Рисунок 6 – Совместимость графиков экспериментальных опытов и теоретических расчетов извлечения свинца

На рисунках 5,6 приведены результаты сопоставления совместимости извлечения цинка и свинца экспериментальных опытов и расчетных значений в соответствии с уравнениями (1), (2).

На основании проведенных тестовых испытаний было установлено:

1. В процессе рудоподготовки лежалых хвостов определена необходимость проведения дезинтеграции, доизмельчения и оценки результатов доизмельчения материала хвостов путем проведения флотационных опытов по коллективной схеме флотации с определением уровня извлечения основных ценных компонентов.

2. Для очистки поверхностей основных минералов требуется незначительное время измельчения хвостов до крупности 73,4% класса -0,044 мм.

3. Определены единичные модели извлечения основных ценных компонентов от продолжительности измельчения материала хвостов.

4. Определена совместимость графиков извлечения основных ценных компонентов по экспериментальным опытам и теоретическим расчетам.

ЛИТЕРАТУРА

1 Евдокимов С.И., Евдокимов В.С. Переработка лежалых хвостов свинцово-цинковой обогатительной фабрики. //Известия вузов. Цветная металлургия. –2015.– № 3.– С. 3-11.

2 Руднев Б.П. Обоснование и разработка эффективных методов обогащения текущих и лежалых хвостов обогащения руд цветных, благородных и редких металлов. Диссертация к. т. н. // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. – 2004. – С. 194

3 Кондратьев С. А., Ростовцев В. И., Бочкарев Г. Р., Пушкарева Г.И., Коваленко К.А. Научное обоснование и разработка инновационных технологий комплексной переработки труднообогатимых руд и техногенного сырья. // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых, г. Новосибирск. – 2014. – №5. – С. 184-202.

4 Чантурия В.А., Вигдергауз В.Е., Инновационные технологии переработки техногенного минерального сырья. // Горный журнал. –2008. – №6. – С. 71-75.

5 Голик В.И., Дмитрак Ю.В. Перспективы комбинирования горных технологий при производстве цветных металлов. // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. – 2018. – Т.16. – №1. – С.4-10.

6 Митрофанов С.И. Исследование полезных ископаемых на обогатимость. – М: Госгортехиздат, 1963. – С.579.

7 Afifi A., V. Clark, and S. May (2003). Computer-Aided Multivariate Analysis. 4th ed. New York: CRC Press. ISBN 1-58488-308-1.