

ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ И УТИЛИЗАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ И ОТХОДОВ

УДК 622.7'17:622.271.4

Емельяненко Е.А., Ангелов В.А., Емельяненко М.М.

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНОГЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ ИЗ ХВОСТОВ ОБОГАЩЕНИЯ МЕДНО-КОЛЧЕДАНЫХ РУД С ЗАДАНЫМИ СТРУКТУРНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ*

В статье предложена новая технология формирования техногенных месторождений посредством заполнения текущими хвостами обогатительной фабрики специальных емкостей, изготовленных из тканного материала марки Geolon (геотекстиль).

Ключевые слова: техногенное месторождение, складирование отходов, хвостохранилище, технология Geotube.

The summary: in article the new technology of formation of technogenic deposits by means of filling of current tails of concentrating factory in the special capacities made from of a material marks Geolon (geotextiles) is offered.

Key words: technogenic deposits, warehousing of a waste, tailing dump, technology Geotube.

Рациональное использование недр и повышение эффективности горного производства предусматривает комплексное извлечение полезных компонентов, утилизацию вторичных минеральных ресурсов на основе применения инновационных технологий и высокопроизводительного горного оборудования.

Длительное освоение медно-колчеданных месторождений Урала привело к образованию на земной поверхности значительного количества отходов переработки руд. Причем, содержание в них ценных компонентов и общий объем накопленных металлов сопоставимы в ряде случаев по многим элементам с перспективными месторождениями (табл. 1), что определяет рассмотрение этих объектов как резервной сырьевой базы действующих горно-обогатительных комбинатов. Однако данные объекты, в основной своей массе, не пригодны для отработки традиционными физико-техническими способами по технологическим, экономическим или горно-геологическим условиям [1].

Таблица 1

Содержание основных ценных компонентов в хранилищах отходов обогащения руд Южного Урала

Обогатительная фабрика	Содержание элементов					
	Медь, тыс. т	Цинк, тыс. т	Сера, тыс. т	Железо, тыс. т	Золото, т	Серебро, т
Гайская	120	92	10640	5548	32	160
Бурибаевская	24,84	11,55	1412,6	1276,2	6,62	56,8
Учалинская	89,7	257,04	6306,3	8050,8	16,38	232,05
Сибайская	34,4	89,44	3646,4	5899,6	13,84	344
Всего:	239,3	326,83	22005,3	20774,6	68,84	792,85

* Работа выполнена в рамках ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России», госконтракт №14.740.11.1272.

Эффективная эксплуатация данных месторождений возможна с применением кучного и скважинного выщелачивания. Актуальность применения таких технологий не вызывает сомнений. Однако развитие их в России сдерживается рядом весомых причин: низкой интенсивностью процессов выщелачивания; недостаточной изученностью техногенной сырьевой базы; сложностью управления процессами фильтрации и выщелачивания в техногенных массивах, расположенных на поверхности и подверженных воздействию атмосферных осадков и колебанию температур; отсутствием технологических решений по формированию техногенных массивов с использованием современных геоматериалов.

Анализ сложившейся в горнопромышленном комплексе структуры отходов свидетельствует о том, что до настоящего времени формирование техногенных объектов проводилось и проводится на основе традиционных требований к складированию отходов производства. Формирование хвостохранилищ происходит часто бессистемно, и установить закономерности распределения ценных компонентов при их разработке является сложной и часто технически неразрешимой задачей. Как правило, техногенные образования формируются без учета возможности и целесообразности их эксплуатации в настоящее время или в будущем.

Именно поэтому дальнейшее развитие физико-химической геотехнологии требует принципиально новых подходов к формированию техногенных массивов из отходов горно-обогатительного производства. Для предотвращения развития экстенсивного накопления отходов производства в настоящее время необходимо особое внимание уделять проблеме рационального складирования и сохранения техногенного минерального сырья для повторной эксплуатации в будущем, а также оценке и учету их качества и объе-

мов. Авторами предлагается инновационный путь решения части этих проблем за счет принципиально нового подхода к формированию техногенных массивов из отходов горно-обогатительного производства. Исходя из этой позиции, были определены основные задачи, требующие первостепенного решения:

- исключение потерь ценных компонентов из складываемых дисперсных отходов обогащения, происходящих за счет природного выщелачивания;
- определение методов контроля, изменение их качественного состава;
- решение вопросов целенаправленной подготовки текущих хвостов обогащения к их повторной переработке в будущем физико-химической геотехнологией;
- создание благоприятных условий для процессов внутритовального обогащения на геохимических барьерах;
- изыскание способов увеличения степени их доступности для освоения в будущем.

Техногенные массивы при гидравлической укладке хвостов обогащения формируются в искусственных и естественных емкостях, образованных в результате выемки горных пород либо путем ограждения земной поверхности дамбами. Анализ обзора характеристик хвостохранилищ Южного Урала, представленный в **табл. 2**, свидетельствует о том, что хвостохранилища занимают значительные площади по отводу земель, а мощность хвостов, складированных в них, достигает 40 м. Такие геометрические параметры определяют необходимость постоянного наращивания дамб и поддержания стабильной гидротехнической ситуации на объектах. Кроме этого, данные сооружения являются объектами повышенной опасности, так как при их формировании и функционировании происходит загрязнение воздуха в результате ветровой эрозии, подземных и поверхностных вод, почвенного покрова на обширных территориях, а иногда при прорыве дамб возникают серьезные техногенные аварии, сопровождающиеся растеканием уложенного в сооружение материала и воды.

Несмотря на огромный ресурсный потенциал, отходы горно-обогатительного производства в России либо утилизируются в составе производственного цикла рудников, выступая в качестве материала для закладки и забутовки выработанного пространства, отсыпки балласта и дамб хвостохранилищ, либо используются как сырье для стройиндустрии. Широкое распространение в настоящее время находит использование выработанных карьерных пространств и подземных выработок в качестве емкостей для заполнения текущими хвостами обогащения. В свете решения проблем комплексного освоения недр данные решения являются не совсем правильными, поскольку не позволяют использовать огромный потенциал данных ресурсов, что, в свою очередь, приводит к их безвозвратной потере.

Таким образом, проблема размещения дисперсных отходов обогащения в настоящее время представляет собой одну из актуальных и жизненно важных для России экономических и экологических проблем. Решение данной проблемы требует применения новых подходов и методов исследования.

Для решения перечисленных задач проводились исследования в рамках научного направления, заключающегося в формировании из отходов добычи и переработки руд техногенных образований с предварительно заданными и обоснованными структурными и технологическими характеристиками [2].

В рамках этого была выдвинута идея заполнения текущими хвостами обогащения Учалинской обогатительной фабрики емкостей определенного размера, изготовленных из специального материала марки Geolon (геотекстиль). Данный материал состоит из нитей полипропилена (PP) высокой плотности, соединенных в прочную ткань с устойчивым положением нитей относительно друг друга, имеющих уникальную структуру пор, которые обеспечивают удержание шламовых частиц малого размера и отвод из них свободной влаги. Данные емкости изготавливаются из высокопрочной фильтрующей ткани, устойчивой к колоссальным внутренним нагрузкам, механическим повреждениям, воздействию низких температур и ультрафиолетовым лучам.

Таблица 2

Характеристика хвостохранилищ Южного Урала

Наименование	Ед. изм.	БМСК		Учалинский ГОК	Бурибаевское РУ	Гайский ГОК
		Новое	Старое			
1. Площадь по отводу земли	га	146,2	23,5	113	31	190
2. Мощность вертикальная	м	до 25	до 22	до 21	до 18	до 40
3. Длина	м	1560	740	1700	600	-
4. Ширина	м	600	350	750	600	-
5. Период эксплуатации	г	1966-2005	1959-1966	1969-наст. вр.	1942-наст. вр.	до 2010
6. Ориентировочные запасы	млн т	14	4,5	40,8	5,5	40
7. Содержание основных элементов:						
медь	%	0,2	0,24	0,22	0,45	0,3
цинк	%	0,52	0,43	0,63	0,21	0,23
сера	%	21,2	26,5	23,1	25,59	26,6
железо	%	34,3	28	29,49	23,12	13,87
золото	г/т	0,8	1	0,6	1,2	0,7
серебро	г/т	18	20	8,5	10,3	4,0

Емкости из геотекстиля, заполненные грунтом, применяются при строительстве гидротехнических сооружений – дамб и защитных заграждений, а в последнее десятилетие находят применение при обезвоживании разнообразных по происхождению суспензий (пульпа, шлам, осадок, ил) [3].

Принцип предлагаемой к внедрению технологии состоит в закачке текущих хвостов обогащения в контейнер по пульпопроводу, обезвоживании за счет стока свободной воды в течение определенного времени и новых подкачек от 1 до 5 раз пульпы до полного

заполнения емкости. После заполнения контейнера пульпой в нем начинается процесс консолидации обезвоживаемого материала. Влажность определяется природой помещенного материала, но активная стадия эксплуатации контейнера прекращается при достижении хвостами текучепластичной консистенции (рис. 1).



Рис. 1. Заполнение пульпой контейнера Geotub

Основные преимущества использования емкостей из геотекстиля при активной утилизации текущих хвостов обогащения:

- промплощадка не требует производства вскрышных работ, быстро возводится и ликвидируется;
- контейнер не принимает атмосферные осадки в значимом количестве;
- после цикла замораживания-оттаивания происходит сход выкристаллизовавшейся влаги, и материал может вновь при необходимости приобретать сыпучие свойства;
- контейнеры подлежат многослойной укладке, это позволяет расти залежи обезвоженного материала вверх;
- заполнение контейнеров осуществляется насосом или простыми методами гидромеханизации;
- обезвоживание можно производить непосредственно на месте утилизации или складирования отходов;
- контейнер способен принимать в себя фракции любого размера, твердости и плотности;
- процесс обезвоживания не требует энергопотребления;
- затраты на строительство инфраструктуры минимальны.

Таким образом, предлагаемая технология, являясь достаточно экологически чистым способом обезвоживания жидких отходов (рис. 2), может стать альтернативой аппаратным методам обезвоживания хвостов на обогатительных фабриках. Кроме того, она дает возможность складировать обезвоженный материал в виде высокопрочных конструкций, возводить высоконагружаемые полигоны, исключить пыление дисперсных отходов обогащения при высыхании и снизить экологическую нагрузку на промплощадки горно-обогатительных предприятий и способствовать формированию рекреационных ландшафтов.

Для целенаправленного формирования техногенных месторождений из текущих хвостов обогащения медно-колчеданных руд

была выдвинута идея послойной укладки разнокачественных по составу горных пород и использование для их орошения кислых минерализованных рудничных вод. Геотубы, содержащие сульфидные минералы и прослой карбонатсодержащих пород, позволят сформировать зоны активной миграции ценных пород на восстановительном геохимическом барьере. По мере необходимости каркас из геотуб можно разобрать, как «конструктор», вскрыть посредством разреза геотекстиля, а ценные компоненты, накопленные при вторичном обогащении, извлекать с использованием традиционных или химических методов обогащения, либо с использованием физико-химических геотехнологий.



Рис. 2. Процесс обезвоживания пульпы

В лаборатории МГТУ им. Г.И. Носова были проведены исследования, направленные на изучение фильтрационных характеристик текущих хвостов обогащения, уложенных в геотекстильный контейнер. Цель проведения серии опытов заключалась в тестировании водоотдающих свойств текущих хвостов обогащения, определение продолжительности обезвоживания, количество и качество получаемого фильтрата.

Для определения фильтрационных характеристик были смоделированы условия, близкие к реальному процессу обезвоживания. В геотекстильную емкость объемом 5 дм³ заливались текущие хвосты обогащения с разным соотношением твердой и жидкой фаз. Процесс фильтрации был разделен на 3 этапа. Продолжительность I этапа как наиболее активной фазы отделения жидкости составляла 10 мин, II и III этапа по – 5 мин. По завершению каждого этапа производились замеры отфильтрованной влаги. Результаты данных замеров представлены в табл. 3. По полученным результатам были построены графики изменения объема отфильтрованной влаги во времени (рис. 3). Установлено, что разные соотношения твердой и жидкой фаз не влияют на эффективность обезвоживания хвостов в мешках Geotube, так как основной объем жидкости (80% и более) стекает уже на первом этапе за первые 10 мин.

Таблица 3

Результаты замеров фильтрации в мешке Geotube

Отношение Т:Ж	Масса сухих хвостов, гр	Объем исходной воды, мл	Количество воды, отфильтрованный на I этапе, %	Объем воды, отфильтрованный на II этапе	Объем воды, отфильтрованный на III этапе	Объем конечного фильтрата, мл	Время фильтрации, мин
1:0,5	1000	500	60,0	13,0	8,0	405	30
1:1	1000	1000	80,0	6,0	4,0	900	30
1:2	1000	2000	87,50	3,5	2,25	1850	30
1:3	1000	3000	91,0	2,17	1,17	2830	30

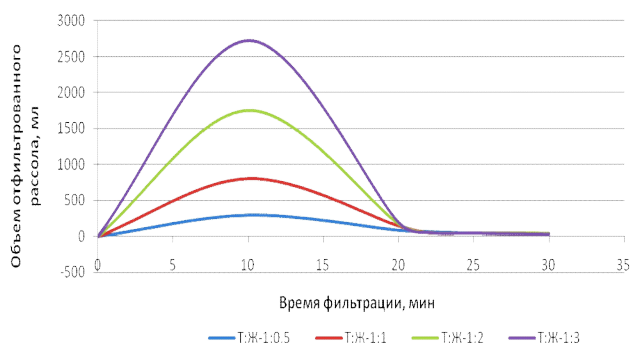


Рис. 3. Зависимости скорости фильтрации воды при разных соотношениях твердой и жидкой фазы

То есть процесс обезвоживания хвостов обогащения в мешках Geotube эффективно протекает при разных соотношениях фаз.

Таким образом, реализация данной идеи позволит целенаправленно формировать разные по составу техногенные месторождения из текущих хвостов обогащения за счет создания многообразных геохимических барьеров. Использование новых геоматериалов позволит формировать кластерные устойчивые геоструктуры, решая при этом проблемы получения в будущем дополнительной товарной продукции за счет

вторичного обогащения; сохранения качества отходов путем формирования техногенного месторождения с заданными технологическими параметрами; сокращения площади отчуждаемых земель, занимаемых под хвостохранилища; снижения экологического воздействия на окружающую среду. Таким образом, целенаправленное формирование техногенных месторождений с устойчивой структурой является важной народно-хозяйственной проблемой, решение которой будет определять перспективу и стратегию дальнейшего развития горно-обогатительных предприятий.

Список литературы

1. Новые решения проблемы комплексного освоения рудных месторождений / Рыльникова М.В., Илимбетов А.Ф., Радченко Д.Н., Милкин Д.А. // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2006. №4. С. 8–13.
2. Трубетской К.Н., Уманец Б.Н. Комплексное освоение техногенных месторождений // Горный журнал. 1992. №1. С. 12–16.
3. Принцип работы контейнеров Geotube // w.w.w.admir-er.ru.

Bibliography

1. Rylnikova M. V., Ilimbetov A.F., Radchenko D.N., Milkin D.A. New of a solution of a problem of complex development of ore deposits//the Bulletin of Magnitogorsk state technical university of G.I. Nosova. № 4 2006 P. 8–13.
2. Trubetskoy K.N., Umanets B.N. Complex development of technogenic deposits // Mountain magazine. 1992. №1. P. 12-16.
3. The Principle of work of containers Geotube // w.w.w.admir-er.ru.

УДК 669.337

Каримова Л.М., Кайралапов Е.Т., Жумашев К.Ж.

ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОГЕННОСТИ ОБЖИГА МЕДНОГО СУЛЬФИДНОГО КОНЦЕНТРАТА

Проведена оптимизация процесса обжига бедных медно-сульфидных концентратов в условиях автогенного режима окисления. Изучена зависимость максимальной температуры автогенного обжига при различных скоростях подачи смеси воздуха и кислорода.

Ключевые слова: медно-сульфидный концентрат, автогенность обжига, кислород.

The optimization of the roasting process of poor copper-sulfide concentrate in autogenous oxidation was fulfilled. The dependence of maximum temperature of autogenous roasting on the velocity of air-oxygen mix input was investigated.

Key words: copper-sulfide concentrate, autogenous roasting, oxygen.

Использование кислорода воздуха в ряде технологических процессов является необходимым. Особенно значительные результаты получены при применении воздуха, обогащенным кислородом, к существующим и вновь разрабатываемым процессам в металлургии цветных металлов.

Вовлечение в сферу производства забалансовых медно-сульфидных руд по разрабатываемой авторами технологии связано с получением бедного некондиционного концентрата и его переработкой по схеме «обжиг-выщелачивание», что требует поиска путей обеспечения автогенности процесса. Такая постановка задачи связана с ограниченным содержанием сульфидной серы и необходимостью выбора обжигового агрегата для обеспечения температурных условий сульфатизации.

Известно, что наиболее энергосберегающим агрегатом является шахтная печь, где создаются условия противотока обжигаемого материала и отходящих га-

зов. Поэтому лабораторные исследования проводили в шахтной электропечи, имеющей реактор из кварцевой трубки диаметром 40 мм. В качестве исследуемого материала использовали черновой флотоконцентрат с гранулометрическим составом по классу – 0,074 мм (выход 60,3%), с химическим составом (%): Cu – 4,3; S – ,49; Fe – 3,18; CaO – 3,05; Na₂O – 1,52; K₂O – 1,20. Шихту окатывали водой в грануляторе, имеющем чашу диаметром 0,4 м. Фракции гранул необходимого размера отсеивали на ситах. Внутрь реактора помещали корзинку с гранулами (навеска 20,0 г) крупностью 8 мм, затем из баллона подавали гелий со скоростью 100 см³/с для вытеснения воздуха до достижения начальной температуры обжига – 400 °С. По мере достижения температуры одновременно прекращали подачу гелия и отключали электрообогрев, подавая смесь воздуха и кислорода при постоянном общем расходе 100 см³/с через ротаметр. Соотношение воздуха и кислорода варьировали в пределах от 0