

ТЕХНОЛОГИЯ ОБОГАЩЕНИЯ ЛЕЖАЛЫХ ХВОСТОВ ВОЛЬФРАМСОДЕРЖАЩИХ ПЕСКОВ

А.Н. Дьяченко, С.И. Иванков, Р.И. Крайденко, А.Б. Манучарянц,
Д.Г. Петкевич-Сочнов, Г.С. Спицин, Ю.В. Передерин,
А.Г. Карпов, В.Ю. Егоров

Рассмотрена существующая схема цепи аппаратов обогащения вольфрамсодержащего сырья на фабрике ЗАО «Закаменск» и выявлены основные её недостатки. Установлен минеральный состав исходных лежалых хвостов. Определены продукты, выводимые из процесса обогащения в технологической линии ЗАО «Закаменск», имеющие основные потери вольфрама. Приведены необходимые изменения в действующей схеме обогащения вольфрамсодержащего сырья, позволяющие увеличить выход вольфрама в товарный концентрат.

Ключевые слова: обогащение, вольфрамсодержащие хвосты, триоксид вольфрама, гюбнерит, флотация.

По состоянию минеральной сырьевой базы Российской Федерации на 1 января 2013 года разведанные запасы вольфрама составили 1267 тысяч тонн в пересчете на триоксид вольфрама. При этом, располагая одной из крупнейших в мире баз вольфрама (второе место после Китая по объемам запасов) Россия уступает Китаю по его добыче почти в 20 раз, добывая около 4,5 % от мирового объема. Руды, в которых сосредоточен вольфрам, относятся к бедным с содержанием вольфрама 0,04–0,15 % WO_3 – месторождения Забайкалья, 0,35–1,7 % WO_3 – месторождения Дальнего Востока.

Одной из динамично развивающихся компаний по добыче вольфрама является ЗАО «Закаменск», которое ведет освоение техногенного Барун-Нарынского месторождения в Республике Бурятия, запасы которого сформировались в хвостохранилищах Джидинского вольфрам-молибденового комбината. В 2012 году компания завершила разведку объекта и решением Бурятской территориальной комиссии по заказам по состоянию на 01.04.2012 года были утверждены балансовые запасы триоксида вольфрама для открытой отработки: категории C_1 – 19,8 тысяч тонн, C_2 – 0,9 тысяч тонн. В ходе проводившихся на месторождении работ компания в 2012 году добыла 319 тонн триоксида вольфрама [1].

Реализованная на ЗАО «Закаменск» технология обогащения (рисунок 1) характеризуется сравнительной простотой и условно делится на две части:

– первичное гравитационное обогаще-

ние с получением черного гравитационного концентрата;

– доводка гравитационного концентрата с получением товарной продукции.

Изучен минеральный состав исходных лежалых хвостов (таблица 1), который показал, что вольфрам сосредоточен в форме Гюбнерита $MnWO_4$. По данным химического анализа содержание оксида вольфрама достигает 0,18 %.

Результаты анализа хвостов каждого обогатительного процесса с учетом данных качественно-количественной схемы балансового опробования позволили сделать выводы, что основные потери вольфрама в технологической линии ЗАО «Закаменск» сосредоточены в следующих продуктах, выводимых из процесса обогащения:

– хвосты концентраторов I стадии обогащения при крупности минус 1+0 мм – 22,23 % при содержании в них WO_3 0,07–0,08 %;

– хвосты отсадки – 4,89 % при содержании в них WO_3 0,06–0,07 %;

– хвосты концентрации на столе подрешетного концентрата отсадки при крупности плюс 1 мм – 4,2 % при содержании в них WO_3 0,12–0,14 %;

– пенные продукты сульфидной флотации (основной и контрольной) – 7,0 % при содержании в них WO_3 0,15–0,16 %;

– слив гидроциклона II стадии обогащения – 6,1 % при содержании в нем WO_3 3,36 %;

– хвосты концентрации на столе в цикле доводки вольфрамового концентрата – 4,3 % при содержании в нем WO_3 0,1–0,15 %.

ТЕХНОЛОГИЯ ОБОГАЩЕНИЯ ЛЕЖАЛЫХ ХВОСТОВ ВОЛЬФРАМСОДЕРЖАЩИХ ПЕСКОВ

Таблица 1 – Минеральный состав исходных лежалых хвостов

Минерал	Теоретическая формула	Содержание, %
Гюбнерит	$MnWO_4$	0,5
Шеелит	$CaWO_4$	–
Пирит	FeS_2	6
Кварц	SiO_2	35
Флюорит	CaF_2	3
Микроклин	$KAlSi_3O_8$	6
Плагиоклаз	$(N,Ca)AlSi_3O_8$	18
Эпидот	$Ca_2Al_2Fe(SiO_4)(Si_2O_7)O(OH)$	3,5
Мусковит (частично гидратирован)	$KAl_2(AlSi_3O_8)(OH,F)_2$	22
Амфибол	$Ca_2(Mg,Fe)Si_8O_{22}(OH)_2$	1
Сумма	–	95

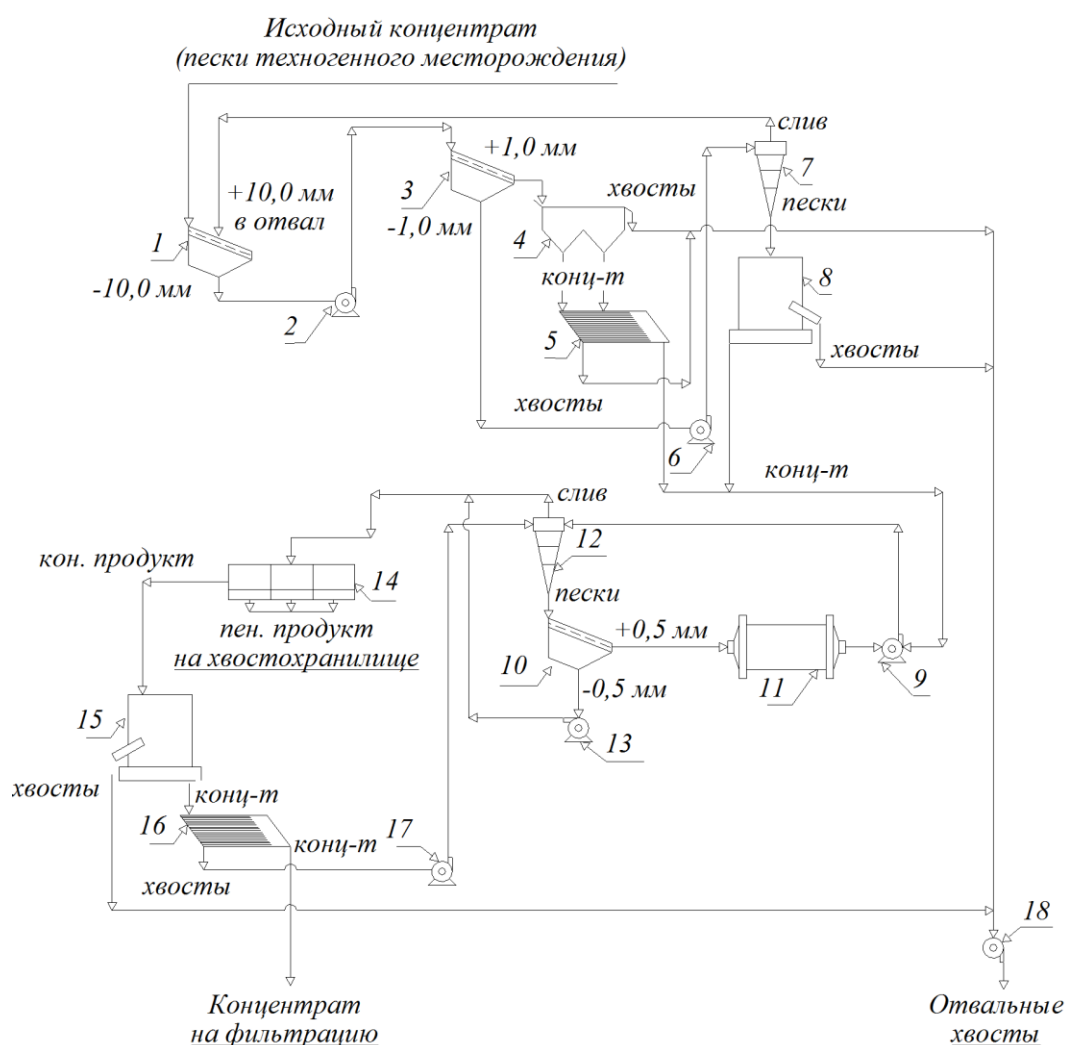


Рисунок 1 – Действующая схема цепи аппаратов на фабрике ЗАО «Закаменск».

- 1 – Грохот инерционный; 2, 6, 9, 13, 17, 18 – Насос; 3 – Вибрационный грохот; 4 – Отсадочная машина; 5, 16 – Стол концентрационный; 7 – Батарея гидроциклонов; 8, 15 – Концентратор, 10 – Вибрационный высокоточный грохот; 11 – Шаровая мельница; 12 – Гидроциклон; 14 – Флотомашина

Суммарные потери вольфрама с хвостами обогатения составляют 48,7 % от исходных песков при среднем содержании в них вольфрама в период балансового опробования 0,09–0,10 %.

По данным картирования техногенного месторождения в последующие годы работы фабрики при текущих технологических параметрах ожидается падение выхода товарного концентрата, объясняемое ожидаемым снижением содержания в исходных лежалых песках с 0,18 % вплоть до 0,13 % оксида вольфрама, что повлечет за собой также уменьшение общего извлечения из-за возросшей сложности обогатения.

Определены следующие недостатки действующей технологии:

- неэффективная работа концентраторов, в хвостах которых теряется от 20 до 25 % оксида вольфрама;

- неэффективная работа концентрационных столов после отсадки вследствие их перегрузки и большой крупности подаваемого материала (минус 2+0 мм);

- общие потери оксида вольфрама при первичном обогатении находятся на уровне 28–33 %;

- невозможность при действующем аппаратурном оформлении поднимать производительность выше 100–115 тонн в час;

- низкое общее извлечение оксида вольфрама в товарный концентрат, которое составляет 45–50 % от исходных песков.

Анализ данных минерального состава (таблица 1), раскрытия гюбнерита (таблица 2) и гранулометрической характеристики исходных песков (таблица 3) показывает, что текущие потери вольфрама связаны преимущественно с крупными классами (+0,5 мм, в которых распределяется 37,62 % WO_3) из-за недораскрытия гюбнерита, и, как следствие, потери сростков с хвостами. Также обращает на себя внимание крайне низкое распределение WO_3 в классе крупности +2,0 мм. В связи с этим можно утверждать, что оптимальная крупность гравитационного обогатения для получения высоких показателей является минус 0,5+0 мм.

Таблица 2 – Раскрытие гюбнерита по классам крупности в исходной пробе лежалых хвостов, %

Класс, мм	Свободные зерна	Сростки	Сумма
-2,8+1	67,0	33,0	100,0
-1+0,5	50,0	50,0	100,0
-0,5+0,2	75,0	25,0	100,0
-0,2+0,0,071	90,0	10,0	100,0

Таблица 3. Гранулометрическая характеристика исходных лежалых песков, %

Класс крупности, мм	Выход	Содержание WO_3	Распределение WO_3
+2,0	3,69	0,034	0,70
-2,0+1,0	19,44	0,21	22,88
-1,0+0,5	26,81	0,094	14,12
-0,5+0,315	22,44	0,14	17,61
-0,315+0,2	10,35	0,15	8,70
-0,2+0,1	8,68	0,26	12,65
-0,1+0,071	2,53	0,71	10,05
-0,071+0,044	1,13	0,79	5,02
-0,044+0	4,93	0,30	8,26
Исходные пески	100,0	0,18	100,0

Мировой опыт работ [2, 3] по введению операции сухой магнитной сепарации на индукционном роликовом электромагнитном сепараторе позволит повысить качество вольфрамового концентрата на 5 %, при этом потери вольфрама с магнитной фракцией

составляют всего 0,9 % от операции.

Резервом повышения извлечения вольфрама в товарный концентрат являются суммарный промпродукт, где сосредоточено 5,2 % WO_3 , и хвосты I концентрации на столе, из которых при замкнутом цикле обогатения

можно дополнительно извлечь на 1,5 % WO₃.

Для увеличения выхода вольфрама в товарный концентрат необходимо:

- грохочение исходных дезинтегрированных песков по классу крупности 0,5 мм с измельчением класса крупности +0,5 мм;

- двукратная сепарация на винтовых шлюзах с выводом из процесса хвостов и шламов и выделением тяжелой вольфрамсодержащей фракции;

- перечистка тяжелой фракции сепарации винтовых шлюзов на концентрационном столе с получением черного гравитационного концентрата и выведением из процесса отвальных хвостов;

- основная и контрольная коллективные сульфидные флотации с выведением сульфидного продукта в отвал;

- сушка и сухая магнитная сепарация черного вольфрамсодержащего концентрата с выделением в немагнитную фракцию товарного вольфрамсодержащего концентрата.

При создании эффективной технологии степень извлечения вольфрама может увеличиться до 70 %, при содержании WO₃ в отвальных хвостах и шламах до 0,05 %, что является вполне приемлемым при переработке минерального сырья техногенных месторождений.

Работа выполнена при финансовой поддержке Правительством Российской Федерации (Минобрнауки России), договор № 02.G25.31.0118.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Храмов, Д. Г. О состоянии и использовании минерально-сырьевых ресурсов Российской Федерации. Государственный доклад / гл. ред. Д. Г. Храмов. – Москва, 2013. – 199 с.

2. Mackenzie, J. M. W. Zeta potential of quartz in the presence of ferric iron / J. M. W. Mackenzie // – AIME Transactions. – 1966 – 235 p.

3. Ozcan, O. Electrokinetic, infrared and flotation studies of scheelite and calcite with oxine, alquyl oxine, oleoyl sarcosine and quebracho / O. Ozcan, A. N. Bulutcu // International Journal of Mineral Processing. – 1993. V. 39 – P. 275–290.

4. Большаков, К. А. Химия и технология редких и рассеянных элементов. Часть III / под ред. К. А. Большакова. – М.: «Высшая школа». – 1976. – 320 с.

5. Майоров, В. Г. Экстракция фторидов фосфора, молибдена и вольфрама из растворов с высоким содержанием титана и кремния / В. Г. Майоров, А. И. Николаев // Цветная металлургия. – 2010. – № 1. – С.12–17.

Дьяченко А.Н. – д.т.н., профессор, зав. каф. ХТРЭ ФТИ ТПУ, г. Томск, e-mail: atom@tpu.ru.

Иванков С.И. – д.т.н. профессор, главный научный сотрудник ФГУП ВИМС.

Крайденко Р.И. – д.х.н., зав. кафедрой. ФГАОУ ВО НИ ТПУ, Россия, г. Томск, проспект Ленина, дом 30, 634050, тел.: 8 (3822) 70-16-03, e-mail: kraydenko@tpu.ru.

Манучарянец А.Б. – ч/совета директоров АО «Закаменск», Республика Бурятия, г. Закаменск, ул. Ленина, д. 39, 671950, e-mail: martb1812@gmail.com.

Петкевич Д.Г. – младший научный сотрудник ФГУП ВИМС.

Спицин Г.С. – инженер-технолог/начальник ОТК ЗАО «Закаменск».

Передерин Ю.В. – к.т.н., ассистент ФГАОУ ВО НИ ТПУ, Россия, г. Томск, проспект Ленина, дом 30, 634050, e-mail: ipcet@yandex.ru.

Карпов А.Г. – н.с. ИПХЭТ СО РАН, Россия, г. Бийск, ул. Социалистическая, 1, 659322, e-mail: ipcet@mail.ru.

Егоров В.Ю. – инженер ИПХЭТ СО РАН, Россия, г. Бийск, ул. Социалистическая, 1, 659322, e-mail: ipcet@mail.ru.