

УДК 622.7

С.А. Прокопьев, С.А. Корчевенков

АНАЛИЗ ПОТЕРЬ ВОЛЬФРАМА ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ПЕСКОВ ИНКУРСКОЙ ВОЛЬФРАМСОДЕРЖАЩЕЙ РОССЫПИ

Приведена историческая справка об отработке Инкурской вольфрамсодержащей россыпи, применяемые ранее технологии и существующая схема переработки, проведен анализ потерь ценного компонента, определены пути совершенствования технологии переработки. Сформулированы пути повышения извлечения вольфрама.

Ключевые слова: Инкурская вольфрамсодержащая россыпь, технологии отработки россыпей, отсадочная технология, технология винтовой сепарации.

Инкурское месторождение является наиболее крупным месторождением России штокверкового геолого-промышленного типа и непосредственно примыкает к Холтосонскому, вторичным образованием является Инкурская вольфрамовая россыпь.

Инкурское вольфрамовое месторождение расположено в поле развития интрузивных пород палеозой — мезозайского возраста, представленных массивами диоритов, гранитоидов, дайками кислых и основных пород.

Долина заполнена рыхлыми четвертичными отложениями. В верхней части долины ручей размывает многочисленные вольфрамоносные кварцевые жилы Холтосонского рудного поля и Инкурский вольфрамовый штокверк. Долина подчиняется направлению основных тектонических элементов района, тянется в северо-западном направлении, впадая в 6 км от истоков в долину р. Модонкуль. Долина имеет V-образную форму, с крутыми высокими склонами, поднимающимися над уровнем поймы на 200—400 м. В верхнем течении ручья ширина долины 50—60 м в среднем течении 70—100 м и в нижнем достигает 150—200 м. Уклон долины

меняется снизу вверх от -30 до 60 м на км. Мощность рыхлых отложений в верхней части долины 4—6 м, в средней 10—15 м и приусадебной — 50—60 м. Рыхлые отложения на 50 % мерзлые, талые отложения обводнены. Уровень грунтовых вод прослеживается на глубине 3—5 м. На всем протяжении долины рыхлые отложения являются вольфрамоносными, исключая рыхлые склоновые отложения вытянутые вдоль бортов долины в нижнем течении ручья.

Изучение россыпи и одновременно ее эксплуатация начаты в 30-е годы прошлого столетия. С 1932 г по 1936 г верхняя и средняя часть россыпи детально разведаны по сети 100 X 10—20 м шурфами и скважинами.

Эксплуатационные работы на Инкурской россыпи были начаты весной 1934 года 8-ю старательскими артелями и были сосредоточены в верховье р. Инкур. По характеристике М.В. Бесовой (1939) добыча носила характер грубого хищничества. Промывались только исключительно богатые гнезда с содержанием, доходившим до 200 кг/м³.

В 1935 году для промывки песков был построен шлюз «Бутара» произ-

водительностью 50 м³ в смену с доставкой песков на прибор вручную.

С 1936 года на добыче вольфрама стали использовать технику: автомобили, экскаваторы, мотовозы. Промывка песков осуществлялась на больших бугарах, извлечение на которых не превышало 40 — 50 %, содержание гюбнерита в товарных песках было выше 20 кг/м³.

При подсчете запасов по состоянию на 01.01.1939 г по верхней и средней частям россыпи были утверждены балансовые запасы в количестве 5342,4 т (WO₃). Подсчет запасов по россыпи выполнен по результатам химических анализов проб. По результатам лоткового опробования запасов в россыпи в 3 раза меньше. Кoeffициент был выведен в результате 80-ти сопоставлений данных параллельного опробования двумя способами разведочных выработок.

К 40-му году добыча металла переместилась вниз по долине. Содержание в песках средней части россыпи составляло 7—8 кг/м³. Обогащение осуществлялось на механизированных бугарах.

В итоге до 1947 года балансовые запасы верхнего и среднего участка Инкурской россыпи (интервал 2,0—6,0 км от устья) были практически отработаны.

В 1968—69 гг. Джидинским комбинатом производилась переработка песков, старательских отвалов в верхнем и среднем течении ручья. Всего было добыто 60 т концентрата.

Эксплуатация Инкурской россыпи в течение 16 лет (с 1934 по 1947 год и 1968—69 гг.) по неофициальным данным, дала около 7500 т гюбнеритового концентрата (4500 т WO₃) и привела к полной отработке наиболее богатых верхней и средней части россыпи. Нижний 2-х км участок был частично отработан.

И в 70-е годы силами Гуджирской КГРП Бурятского геологического управления по заявке Джидинского ВМК он был детально изучен. Запасы по нижнему участку россыпи подсчитаны на основании результатов химического анализа проб. Разведка россыпи выполнена бурением скважин станками УКС — 22 м по сети 200x20 м. Интервал опробования рыхлого материала из скважин составлял 1 м. Для отбора технологической пробы пройдены шурфы. Параллельно часть скважин и все шурфы опробовались лотковым способом с минералогическим анализом шлихов на содержание в них минералов вольфрама. Сопоставление результатов двух анализов показало, что химический анализ дает в среднем содержание в 2,8 раза выше, чем минералогический.

Минералогический состав тяжелой фракции песков представлен магнетитом, гюбнеритом, шеелитом, ильменитом, пиритом, флюоритом, цирконом, монацитом, золотом и породообразующими минералами.

Промышленный интерес представляет вольфрамит. Содержание остальных минералов незначительное, промышленного интереса не представляет.

Гюбнерит распространяется по всей мощности рыхлых отложений. Верхняя граница пласта практически совпадает с дневной поверхностью, нижняя определена коренными породами плотика. Проникновение гюбнерита в выветрелые коренные породы редко превышает 1 м. Гюбнерит отсутствует в делювиальных склоновых отложениях, распространенных вдоль бортов долины в среднем и нижнем течении ручья. Содержание WO₃ в рыхлых отложениях по мощности достаточно равномерное. Наиболее богатой, как правило, является центральная часть долины. К бортам долины

Таблица 1

Гранулометрический состав эфельных отвалов и распределение WO_3 по классам крупности

Классы крупности, мм	Выход, %	Массовая доля WO_3, %	Распределение, %
+ 10	4,62	0,140	11,47
-10 + 5	29,37	0,075	39,08
-5 + 2	17,93	0,034	10,81
-2 + 1	13,74	0,036	8,77
-1 + 0,5	12,17	0,025	5,40
-0,5 + 0,25	9,40	0,041	6,84
-0,25 + 0,125	5,04	0,072	6,44
-0,125 + 0,071	2,78	0,100	4,93
-0,071 + 0,04	2,17	0,110	4,23
-0,04	2,78	0,041	2,02
Всего:Исходная пр. Э-1	100,00	0,056	100,00

содержание WO_3 снижается. По простиранию долины сверху вниз содержание WO_3 в рыхлых отложениях уменьшается от 0,1 % до 0,05 %. [1]

При этом условия разработки россыпи следующие:

- мощность продуктивных отложений — 20—40 м;
- ширина — 80—200 м;
- длина 2000 м.

Нижний участок Инкурской россыпи с 2006 г. отрабатывает ЗАО «Закаменск». Технология обогащения песков россыпи была разработана 1967 г. институтом «Иргиредмет» на основе результатов исследования гранулометрического и вещественного состава песков россыпи.

Пески месторождения относятся к среднеобогатимым, с большим количеством гали и валунов. Насыпная плотность 1,65 т/м³, объемная масса 2,57 т/м³.

Наиболее оптимальным вариантом для переработки песков является безшлюзовая технология обогащения с использованием отсадочных машин и концентрационных столов.

Для промывки и обогащения песков россыпи принят промывочный комплекс «Джиды-200», который состоит из пластинчатого питателя, двухъярусного грохота, отсадочных машин и концентрационных столов.

Доводка концентрата до 60 % по WO_3 осуществляется в доводочном цехе, расположенному в непосредственной близости от промывочного комплекса.

Потери вольфрама по существующей технологии обогащения были изучены на технологической пробе, представляющей собой эфельные отвалы т.е. хвосты обогащения вольфрамсодержащей россыпи Инкурского месторождения. Для характеристики эфельных отвалов определена массовая доля WO_3 в исходном материале, изучен его гранулометрический состав и распределение вольфрама по классам крупности. Гранулометрический состав эфельных отвалов выполнен методом ситового анализа в соответствии с общепринятыми рекомендациями [2] и характеризуется данными, представленными в табл. 1. Исходная масса пробы для ситового анализа в соответствии с максимальным размером зерен в песках составила 100 кг [2].

Массовая доля триоксида вольфрама в хвостах обогащения россыпи высокое — 0,056 % при исходном содержании WO_3 в исходных песках — 0,1 %. Массовая доля WO_3 по классам крупности неравномерное и максимальное его значение отмечено в классе +10мм — 0,14 %, минимальное — в классе -1+0,5 мм при значении

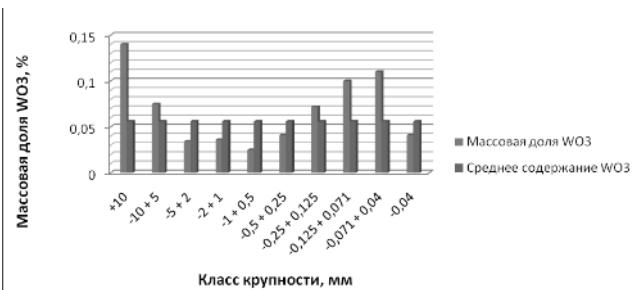


Рис. 1. Массовая доля WO₃ по классам крупности эфельных отвалов

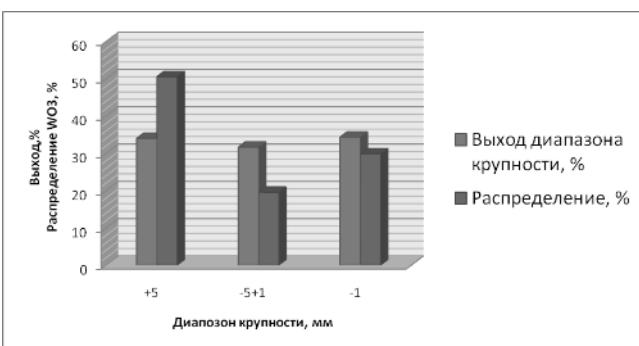


Рис. 2. Гистограмма выхода и распределения вольфрама по диапазонам крупности

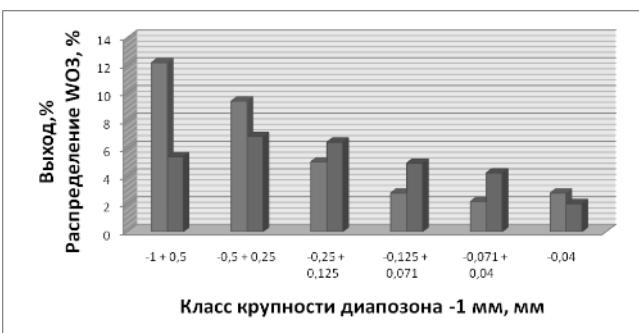


Рис. 3. Гистограмма выхода и распределения вольфрама по классам крупности в песках менее 1 мм

0,025 %, что наглядно демонстрируется на рис.1 [3]

На рис.1. явно выражен диапазон крупности — от класса -5+2 мм до класса -0,5+0,25 мм, в котором содержание триоксида вольфрама меньше чем в исходных хвостах обогаще-

ния, то есть это классы, из которых вольфрам в той или иной степени извлечен в концентрат.

Распределение материала песков эфельных отвалов можно разбить на три интервала крупности, выход в которые грубо составляет по одной трети от всей массы: класс +5 мм; -5 + 1 мм и -1 мм соответственно 33,99; 31,67; 34,34 %.

Однако распределение металла в указанные интервалы крупности не столь равномерно как их выход — 50,53 %; 19,58 % и 29,86 %. Оценивая приведенную информацию можно заключить, что основные потери вольфрама в хвосты обогащения связаны с классом более 5 мм — 50,53 %.

Второй интервал крупности обеднен металлом и содержание его меньше средневзвешенного в пробе. Данное обстоятельство указывает на то, что из данного диапазона крупности песков извлечение металла удовлетворительное.

В третьем интервале крупности содержание WO₃ повышается от 0,025 % в классе -1+0,5 мм до 0,11 % в классе -0,071+0,04 мм и вновь уменьшается до 0,041 % в классе -0,04 мм. Приведенные показатели свидетельствуют о недостаточно эффективном извлечении металла на действующем предприятии из мелкого песка в диапазоне от -0,25 до +0,04мм. Изложенные данные наглядно демонстрируются на рис. 2.

Показатели извлечения металла на действующем предприятии из мелкого песка в диапазоне от -0,25 до +0,04мм. Изложенные данные наглядно демонстрируются на рис. 2.

Приведенные данные гистограммы распределения материала и вольфрама по исследуемым диапазонам крупности хвостов обогащения россыпи Инкурского месторождения подтверждают низкую степень извлечения ценного металла из классов более 5 мм, о процессе обогащения в классах $-5+1$ мм и незначительной степени обогащения в классах менее 1 мм.

Необходимо отметить, что в песчаной части (-1 мм) распределение вольфрама весьма неравномерное, что демонстрируется данными, приведенными на гистограмме выхода и распределения вольфрама по крупности песков <1 мм. (рис. 3)

Анализ соотношения выхода и распределения вольфрама по классам крупности свидетельствует о неравномерном извлечении ценного компонента в изучаемом интервале крупности. Для первых двух классов ($-1+0,5$ и $-0,5+0,25$ мм) характерно превышение значений их выхода над распределением, это указывает на то, что процесс

извлечения вольфрама имел место. В тонких классах (от $-0,25$ мм до $0,04$ мм) наблюдается обратное соотношение, утверждающее о значительных потерях вольфрама при обогащении песков данного интервала крупности.

Обобщая изложенную информацию в совокупности с результатами оценки существующей технологической схемы обогащения и режимов работы оборудования можно отметить, что основные потери металла преобладают в классе $+5$ мм и в диапазоне крупности $-0,25+0,04$ мм.

Для повышения степени извлечения вольфрама предлагается внести изменения в существующую технологию, включающие классификацию исходных песков на два класса $-20+2$ мм и -2 мм с последующим раздельным их обогащением на отсадочной машине (крупный класс) и на винтовых аппаратах (мелкий класс), которые положительно зарекомендовали себя при обогащении россыпей [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ларюшина З.С. Инкурская вольфрамовая россыпь. Отчет Холгосонской ГРП о результатах разведки за 1970—1974 гг.
2. Соломин К.В. Обогащение песков россыпных месторождений полезных ископаемых. — М.: Государственное научно-техническое издательство литературы по горному делу, 1961.
3. Информационный отчет «О результатах исследования и тестовых испытаний пробы эфельных отвалов Инкурской россыпи»/Прокопьев С.А., Пономарёва А.М./// Отчет НПФ «Спирит». — Иркутск, 2011.
4. Иванов В.Д., Прокопьев С.А. Винтовые аппараты для обогащения руд и песков в России. — М.: Дакси, 2000. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Прокопьев С.А. — заведующий лабораторией обогащения «ВостСибНИИГиМС» «Иркутск-геофизика», e-mail: spirit@irk.ru,
Корчевенков С.А. — аспирант, Институт горного дела Дальневосточного отделения РАН, stepan_korcheven@mail.ru