

УДК: 669.554:653.018.25.001.68

 10.5281/zenodo.10808238

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ДОБЫЧИ ВОЛЬФРАМА И ПОВТОРНОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ ЕГО ОТХОДОВ В УЗБЕКИСТАНЕ



**Шоназарова Шахназа
Исакуловна**

Кафедра химико-технологии
ТГТУАФ имени И.Каримова
старший преподаватель,
Ташкент, Узбекистан
E-mail:
Shonazarovashah@gmail.com



**Пармонов Сарвар
Тошпулатович**

Заведующий кафедрой
химической технологии ТГТУАФ
имени И.Каримова (доцент),
Ташкент, Узбекистан
E-mail: parmonovst@mail.ru



**Самадов Алишер
Усмонович**

Имени И.Каримова, директора
ТГТУАФ, профессор,
Ташкент, Узбекистан
E-mail: a.samadov@tdtuof.uz



**Каримов Махмуд
Муродович**

Профессор кафедры химической
технологии имени И.Каримова
ТГТУАФ.
Ташкент, Узбекистан
E-mail: kmm142216@mfil.ru

Аннотация. Дефицит вольфрама, высокие цены на него вызывают потребность в увеличении его добычи и требуют освоения технологий с более глубоким извлечением вольфрама. Для решения этих задач предложено большое количество способов. Приведён анализ промышленно применяемых технологий. Представлены результаты работ специалистов Алмалыкского ГМК по созданию и внедрению в производство новых технологий. Так, ими впервые в нашей стране была разработана и внедрена технология переработки вольфрамсодержащих техногенных отходов месторождения «Ингичка» в промышленных масштабах. В результате проведения ряда работ был получен первый вольфрамовый продукт, на который выдан международный сертификат, что позволил возобновить производство вольфрама на основе отечественного сырья. Обсуждены результаты научно-исследовательских работ по разработке отечественных технологий повторного использования изношенных твердосплавных инструментов, а также регенерации техногенных отходов.

Ключевые слова: Вольфрам, кобальт, технология, извлечение, руда, триоксид вольфрама, твёрдый сплав, осаждение, экстракция, ионный обмен, обогащение, выщелачивание, регенерация, твердосплавный скрап, техногенный отход.

О‘ZBEKISTONDA VOLFRAM QAZILISHI VA UNING CHIQINDILARINI REGENERATSIYALASH

**Shonazarova Shakhnaza
Isakulovna**

I.Karimov nomidagi TDTUOF
Kimyoviy texnologiya kafedراسи
katta o‘qituvchisi,
Toshkent, O‘zbekiston

**Parmonov Sarvar
Toshpulatovich**

I.Karimov nomidagi TDTUOF
Kimyoviy texnologiya kafedراسи
mudiri (dotsent),
Toshkent, O‘zbekiston

**Samadov Alisher
Usmonovich**

I.Karimov nomidagi, TDTUOF
direktori professor,
Toshkent, O‘zbekiston

**Karimov Mahmud
Murodovich**

I.Karimov nomidagi, TDTUOF
Kimyoviy texnologiya kafedراسи
professori
Toshkent, O‘zbekiston

Annotatsiya. Volframning tanqisligi, narxining yuqoriligi uni olishni ko'rishga ehtiyoj tug'dirmoqda va volframni ajratib olish texnologiyalarini yig'ish uchun yig'ilishni taqozo qilmoqda. Bu muammolarni echish uchun ko'p usullar taklif qiling. Sanoatda ishlab chiqarish texnologiyalarining taxlili qilingan. Olmaliq TMK mutaxassislarining yangi texnologiyalari ishlab chiqishdagi va yuklashdagi ishlarning natijalari keltirildi. Masalan, ular mamlakatimizda birinchi marta «Ingichka» konining volfram tutgan texnogen chiqindilarini qayta ishlash texnologiyasini ishlab chiqishdi va ularga tadbiq qilishdi. Bir qanaqa izlanishlar natijasida birinchi marta ish joyi guvoxnoma berilgan volfram olindi, bu asosiy xom ashyo asosida volfram ishlab chiqarishni tiklash imkoniyatini berdi. Edirilgan qattiq qotishmali asboblarni qayta ishlash hamda texnogen chiqinlarni regeneratsiya qilishdi ishlab chiqarish texnologiyasiga qaratilgan ilmiy yuklarni qayta ishlash.

Kalit so'zlar: Volfram, kobalt, texnologiya, ajratib olish, ruda, volfram uchoksidi, qattiq qotishma, cho'ktirish, ekstraksiya, ion almashinish, boyitish, ishqori ishlov, regeneratsiya, qattiq qotishmali skrap, texnogen chiqindi.

CURRENT STATE OF TUNGSTEN MINING AND REGENERATION OF ITS WASTE IN UZBEKISTAN

**Shonazarova Shakhnaza
Isakulovna**

Department of Chemical
Technology TSTUAB named after I.
Karimov Senior teacher,
Tashkent, Uzbekistan

**Parmonov Sarvar
Toshpulatovich**

Head of the Department of
Chemical Technology, TSTUAB
named after I. Karimov (Docent),
Tashkent, Uzbekistan

**Samadov Alisher
Usmonovich**

Named after I. Karimov, director of
TSTUAB, professor,
Tashkent, Uzbekistan

**Karimov Mahmud
Murodovich**

Professor of the Department of
Chemical Technology named after
I. Karimov TSTUAB,
Tashkent, Uzbekistan

Abstract. The shortage of tungsten and high prices for it create a need to increase its production and require the development of technologies with deeper extraction of tungsten. A large number of methods have been proposed to solve these problems. An analysis of industrially used technologies is provided. The results of the work of Almalyk MMC specialists on the creation and implementation of new technologies in production are presented. Thus, for the first time in our country, they developed and implemented a technology for processing tungsten-containing industrial waste from the "Ingichka" deposit on an industrial scale.. As a result of a series of works, the first tungsten product was obtained, for which an international certificate was issued, which made it possible to resume tungsten production based on domestic raw materials. The results of research work on the development of domestic technologies for the reuse of worn-out carbide tools, as well as the regeneration of industrial waste, were discussed.

Keywords: Tungsten, cobalt, technology, extraction, ore, tungsten trioxide, hard alloy, precipitation, extraction, ion exchange, enrichment, leaching, regeneration, hard alloy scrap, man-made waste.

Введение. Запасы разрабатываемых и осваиваемых месторождений вольфрамовых руд в Российской Федерации, учитываемые Государственным балансом запасов полезных ископаемых, составляют более 300 тыс. т в пересчёте на

триоксид вольфрама (WO_3), что позволяет стране занимать третье место в мире после Китая и Казахстана по размерам сырьевой базы металла [4]. Однако доля производства концентратов в мировом показателе составляет порядка 3,6%. Лидером в вольфрамодобывающей отрасли традиционно является Китай, обеспечивая более 80% мировой добычи [5].

При обеспеченности запасами вольфрама, оцениваемыми более чем в 300 лет, сохранение его добычи на уровне 2017 г. уже через пятьдесят лет приведет к истощению запасов крупнейших месторождений, содержащих наиболее качественные руды. Это может означать более чем двукратное падение производства вольфрамового сырья в мире. Поэтому остро встает вопрос компенсации выбывающих мощностей. В связи с этим существует необходимость использования отходов, которые образуются как в производстве твердых сплавов, так и при эксплуатации изделий из твердых сплавов в промышленности. Данные отходы являются вторичным сырьем, позволяющим значительно снизить материальные и энергетические затраты по сравнению с переработкой природного сырья. Относительное количество отходов твердых сплавов, возвращаемых после использования в промышленности на переработку, составляет 30–85% [6]. Кроме того, в процессе производства твердосплавной продукции выпускаются изделия, эксплуатационные и режущие свойства которых не соответствуют стандартным образцам. Такие изделия бракуются и направляются на переработку.

Переработка твердосплавного скра-

па является альтернативой импорту готовых смесей и других полупродуктов производства твердых сплавов для таких стран, которые не имеют собственной первичной сырьевой базы [5]. Но и в странах, имеющих крупнейшие в мире месторождения вольфрамовых и кобальтовых руд, таких, как Китай, все больше осознается актуальность переработки скрапа в плане экономии природных ресурсов и снижения техногенной нагрузки на окружающую среду [7]. В развитых индустриальных странах рынок использования вторичного сырья уже достиг высокого уровня – так, в 2000 г. в США 46 % произведенного вольфрама было получено из вольфрамсодержащего скрапа [8]. Экономическая целесообразность переработки скрапа связана с тем, что в различных его видах содержится от 15 до 99 % W, тогда как в вольфрамовых рудах обычно содержится 1 % WO_3 , а, кроме того, скрап содержит и другие ценные компоненты, в частности, более дорогой кобальт. Новые подходы по эффективному использованию природных ресурсов требуют введения технологий с более глубоким извлечением вольфрама.

Обсуждение. Основными научно-техническими и технологическими тенденциями в развитии современных технологий в области добычи вольфрамсодержащих веществ, обогащения и доведения до товарного продукта являются:

– обогащение исходного минерального и техногенного сырья (флотация, магнитная сепарация, гравитационное обогащение);

– химические превращения обогащенного сырья (электролитическое раз-

ложение, кислотное выщелачивание, щелочное выщелачивание, спекание, фтор-выщелачивание, автоклавное содовое выщелачивание);

– переработка рабочих растворов с целью получения товарного продукта (осаждение, экстракция, ионный обмен с низкоосновными анионитами, ионный обмен с высокоосновными анионитами.

В соответствии с программой развития научно-производственного объединения по производству редких металлов и твердых сплавов АО «Алмалыкский ГМК» планируется обогащать вольфрамовый концентрат из отходов месторождения «Ингичка». В 2023 году произведено 100 т вольфрама на сумму 5 млрд 700 млн сумов, в 2024 прогнозируется – 285 т на сумму около 14 млрд сумов. В результате запуска обогатительной фабрики на первом этапе создано 82 новых рабочих места. Основная цель проекта – ежегодно поставлять на экспорт продукцию на 2 млн долларов. На втором этапе планируется создать еще около 250 новых рабочих мест и повысить экспортные показатели более чем в 2 раза – до 5 млн долларов. А для этого есть все необходимое. Вольфрамсодержащие отходы месторождения «Ингичка» составляют 19771 тыс. т. За счёт их переработки в месяц можно получать 9-10 т вольфрамового концентрата и производить новые виды экспортоориентированной продукции с высокой добавленной стоимостью. В следующем году из отходов «Ингички» планируется дополнительно произвести 27 т вольфрамовых штабиков на сумму 1,8 млн долларов, а в рамках Программы локализации – 36 т инструментов (долот, фрез, сверл) из вольфрамсодержащих твердых сплавов на сумму около 28 млрд

сумов.

На НПО АО «Алмалыкский ГМК» после переработки вольфрамовых концентратов автоклавно-содовым выщелачиванием образовались вольфрам содержащие отвалы. Техногенные отходы занимают порядка 12 тыс.га земельных угодий, куда включаются хорошо освоенные пахотные земли, городская территория, неорошаемые пастбищные угодья. Изменяется природный ландшафт и формируются своеобразные формы рельефа, представленные отвалами, хвостохранилищами, заполненными массовыми техногенными отходами, отрицательно влияющими на природную среду. В зоне действия хвостохранилищ изменяется химический состав грунтов, вымываются легко растворимые соединения, загрязняются подземные воды и таким образом наносится непоправимый вред природе. На содержание и складирование этих отходов ежегодно расходуются огромные средства. Проблема переработки отвальных хвостов обогатительных фабрик и извлечения из них полезных компонентов с последующим использованием их в качестве вторичного сырья является одной из актуальных [9].

При обогащении кека НПО АО «Алмалыкский ГМК» гравитационным методом на винтовых сепараторах с перемешкой и на концентрационном столе был получен вольфрамовый промпродукт содержащий 10-11% WO₃. При обогащении кека по комбинированной схеме, то есть первоначального обогащения на винтовом сепараторе и концентрационном столе с последующей флотацией полученного промпродукта, после основной контрольной флотации и перемешки операций возможно полу-

чения вольфрамового промпродукта, содержащего 25-30% WO₃ [10].

Химические превращения вольфрамосодержащего сырья являются одной из заключительных стадий получения товарного продукта соответствующего технологического цикла. Тенденция химического передела направлена в сторону перехода к производству с минимальным количеством промышленных отходов, в том числе и жидких (кислых сточных вод), так как на практике преимущество отдается технологиям, с помощью которых осуществляет наиболее эффективное и бережное природопользование. Достигается это с помощью

фторирования [3]. Для выделения вольфрама из продуктивных растворов предлагаются как методы экстракционного выделения вольфрама [11], так и с помощью сорбции его на анионитах. В качестве сорбента предлагается анионит марки АМ [12], при этом существует необходимость проводить подкисление раствора, что приводит к потерям карбонат иона и образованию кислых сточных отходов. Так же предлагается использовать для сорбции вольфрама бентонитовую глину и костный уголь [12], но данные способы относятся больше к очистке вод от вольфрама и не имеют промышленного значения. Со-

Таблица 1.

Сравнение показателей способов переработки вольфрамосодержащих растворов

Показатели	Возможность Регенерации	Сбросные растворы	Время реакции	Температура процесса, °С	Степень извлечения
Осаждение шеелита	Нет	Кислые сточные воды	Средний контакт	80–90	99–99,5
Экстракция	Нет	Кислые сточные воды, примеси аминов, высших спиртов керосина	Короткий контакт	Комнатная температура	96
Ионный обмен с низкоосновными анионитами	Нет	Кислые сточные воды	Длительный контакт	Комнатная температура	97
Ионный обмен с высокоосновными анионитами	Есть	Нет	Длительный контакт	Комнатная температура	97

отказа от кислотного выщелачивания и вскрытия сырья с помощью щелочных реагентов: NaOH, Na(K)CO₃ [2]. При этом способ автоклавного содового выщелачивания отличается более низкими температурами процесса, по сравнению с технологиями спекания со щелочными реагентами и восстановления с коксом. Предлагается так же и вскрытие вольфрамосодержащего сырья и с помощью

поставительные показатели различных методов утилизации технологических растворов производств основанных на извлечении вольфрама представлены в таблице 1.

Учитывая выше представленные литературные данные за основу взяли технологию переработки вольфрамосодержащих отходов металлургической промышленности [13] предполагающую

извлечение вольфрама в раствор с использованием автоклавного содового выщелачивания (АСВ). Последующая переработка вольфрамсодержащего раствора подразумевает использование процесса ионообмена на высокоосновных анионитах [14].

Для переработки вольфрамсодержащих растворов, полученных с помощью АСВ, лучшим способом является ионный обмен с помощью высокоосновных анионитов, так как существует возможность регенерации вскрывающего реагента и отсутствуют сбросные растворы, так как исходный раствор не подвергается нейтрализации с помощью кислот. Для проведения ионного обмена, так же как и для экстракции, не требуется дополнительного нагрева смеси реагентов. При этом, в отличие от экстракции, время проведения реакции ионного обмена существенно больше, так как требуется длительный контакт анионита с раствором. Технологические показатели основных способов вскрытия сырья и химических превращений представ-

лены в таблице. Сравнение данных таблицы позволяет сделать вывод о преимуществе использования АСВ: высокая безопасность; относительно высокая степень вскрытия; относительно невысокая температура всех стадий процесса; возможность регенерации вскрывающего реагента; замкнутый технологический цикл (отсутствие сточных вод).

Заключение. На основе проведенных исследований можно сделать вывод о том, что современная технология получения товарного вольфрамсодержащего продукта должна включать в себя комплексное обогащение исходного сырья, автоклавное содовое выщелачивание с последующим ионным обменом с использованием высокоосновных анионитов.

Отмечено, что одной из актуальных задач, стоящих перед промышленными предприятиями не только Узбекистана, но и всего мира, является переработка техногенных отходов, скопившихся за годы их эксплуатации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ведущее независимое ценовое агентство Argus [Электронный ресурс]. <https://www.argusmedia.com/ru/metals>. (дата обращения: 24.07.2019).
2. Крайденко Р.И., Передерин Ю.В., Филатов Д.С., Манучарянц А.Б., Карпов А.Г., Василишин М.С. Технология добычи вольфрама: современное состояние технологий. Ползуновский вестник № 4 Т.2 2015. –С.135-139.
3. Lassner E., Schubert W.-D. Tungsten: properties, chemistry, technology of the element, alloys, and chemical compounds. – New York: Kluwer Academic / Plenum Publishers, 1999. – 422 P.
4. Троценко И.Г., Герасименко Т.Е., Мешков Е.И. Совершенствование технологии переработки отходов твердых сплавов. Часть I. Анализ современного состояния технологий // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2019. Т.17. №4. С. 25–33.

5. Liu Sha, Liu Gang, Yang Gui-bin, Huang Ze-lan. A new environmental-acceptable process for regeneration of cemented carbide scraps // Rare Metals and Cemented Carbides. – 2004. – Vol. 32 – N. 2. – P. 21–23, 32 (in Chinese).
6. Валуев Д.В. Гизатулин Р.А. Технологии переработки металлургических отходов; учебное пособие. –Томск. Изд.: Томского политехнического университета. 2012. –С. 118-148.
7. Edtmaier C., Schiesser R., Meissi C., Shubert W. D., Bock A., Schoen A., Zeiler B. Selective removal of the cobalt binder in WC/Co based hardmetal scraps by acetic acid leaching // Hy-drometallurgy. – 2005. – 76 – N. 1–2. – P. 63–71.
8. Kim B. Shedd. Tungsten recycling in the United States in 2000, Open-file report 2005-1028, published 2005 online only, assessed at // URL: <http://pubs.usgs.gov/of/2005/1028/index.html>.
9. Муталова М.А., Хасанов А.А. Разработка технологии извлечения вольфрама из отвальных хвостов НПО АО «Алмалыкский ГМК» // Universum: Технические науки: электрон. научн. журн. 2019. № 12(69). URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/8607>.
10. Рузиев У.Н., Расулова С.Н., Гуро В.П., Шарипов Х.Т., Ибрагимова М.А., Адинаев Х.Ф. Технология электрохимической переработки отходов сплавов вольфрам-рений и молибден-рений//Universum: химия и биология: электрон. научн. журн. 2022. 10(100). URL: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/14302>.
11. Воропанова Л.А. Способ экстракции молибдена (VI) и вольфрама (VI) из водных растворов. Пат. РФ 2170774, 2001.
12. Воропанова Л.А. Способ экстракции молибдена (VI) и вольфрама (VI) из водных растворов. Пат. РФ 2170774, 2001.
13. Борисов А.А., Боровский Г.В. Производство и эксплуатация режущего инструмента. –М.: ИТО. –2011. –104 С.
14. Шоназарова Ш.И., Пармонов С.Т., Рустамов М.К, Каримов М.М, Самадов А.У. Использование ионитов при переработке вольфрамсодержащих промышленных отходов//Сбор. науч. труд. Республиканской конф. “Перспективы создания термореактивных олигомеров, утилизации полимерных отходов, полифункциональных соединений и полимерных материалов на их основе”. Ташкент. 2024. –С.168-170.