

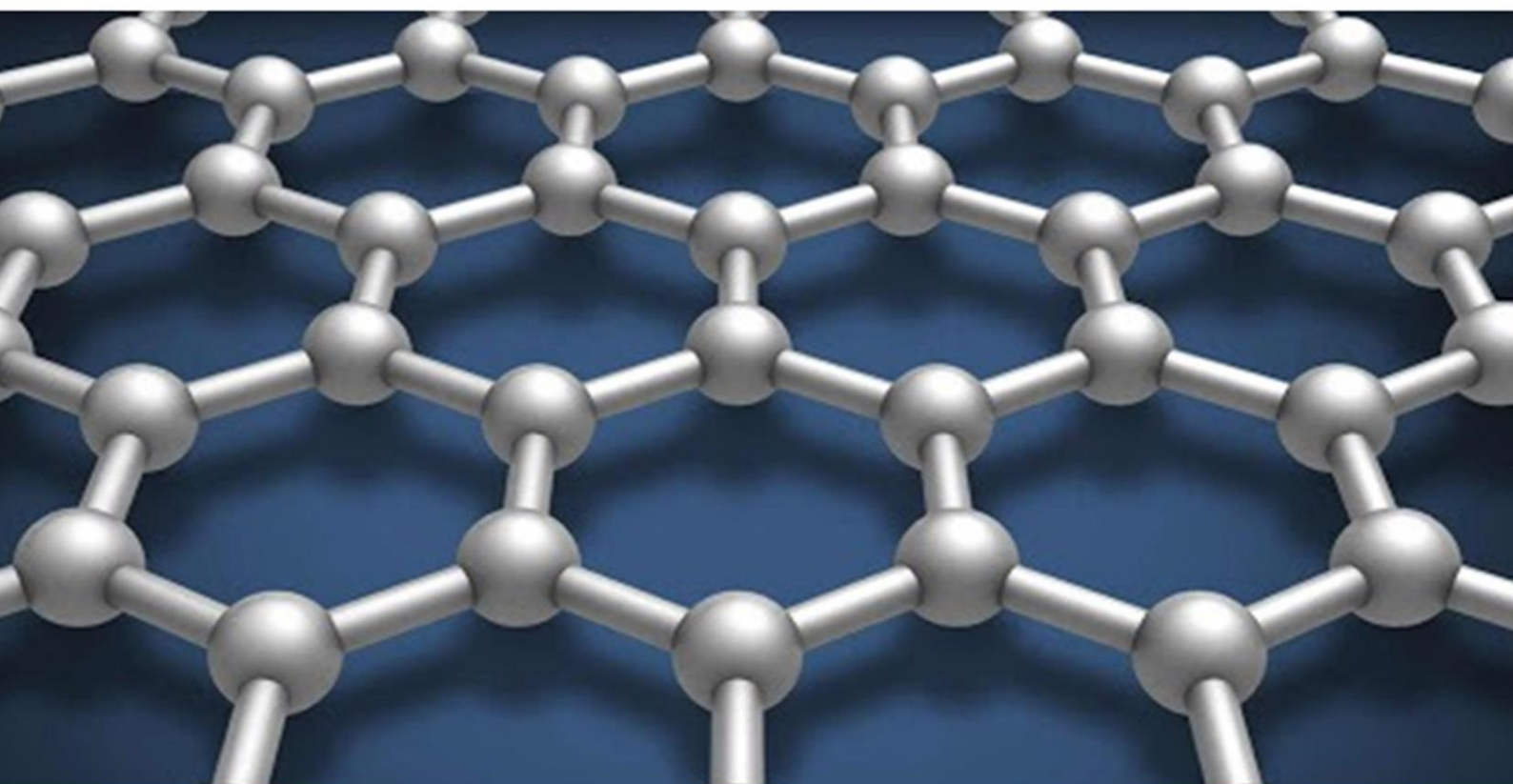
ISSN 2091-5527

№ 3/2026

O'zbekiston

Kompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Узбекский научно-технический и производственный журнал
Композиционные материалы

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ТЕЛЛУРА ИЗ МЕДЕЭЛЕКТРОЛИТНЫХ ШЛАМОВ

Тулаганова Муниса Абдулла кизи, Маткаримов Сохибжон Турдалиевич

Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова

Аннотация. Рассмотрены две схемы получения технического теллура из медеелектролитных шламов: действующая схема АГМК и предлагаемый вариант HCl/SO_2 . В новой схеме изменяются стадии вскрытия сырья и восстановления теллура. Содовая обработка заменяется выщелачиванием соляной кислотой, а алюминиевый порошок — диоксидом серы. Сопоставлены основные операции, реагенты и требования к оборудованию. Отдельно оценена возможность использования SO_2 , образующегося при переработке медного сырья. Предлагаемый вариант требует экспериментальной проверки на реальном шламе.

Ключевые слова: теллур, медеелектролитный шлам, гидрометаллургия, выщелачивание, HCl , SO_2 , восстановление теллура.

Введение. Электролитическое рафинирование меди сопровождается образованием шламов, в которых накапливаются ценные компоненты. К ним относятся теллур, селен, серебро, золото и другие металлы [1]. Поэтому шламы могут рассматриваться как техногенный источник ценных элементов.

Теллур востребован в производстве термоэлектрических и полупроводниковых материалов, фотоэлектрических устройств и специальных сплавов [2]. Основная часть мирового производства теллура связана с переработкой шламов электролитического рафинирования меди [3].

Получение теллура включает несколько последовательных стадий. Исходный материал вскрывают и переводят теллур в перерабатываемую форму. Затем проводят разделение, восстановление и операции подготовки конечного продукта.

На Алмалыкском горно-металлургическом комбинате используется схема с содовым выщелачиванием и восстановлением алюминиевым порошком [5, 6]. В данной работе рассматривается изменение этих двух стадий.

Предлагаемый вариант предусматривает использование соляной кислоты при вскрытии сырья. На стадии восстановления предлагается применять SO_2 вместо алюминиевого порошка. Такой выбор связан с образованием диоксида серы при переработке медного сырья.

Восстановление теллура сернистым газом из солянокислых растворов описано в литературных источниках [7]. Однако условия для других видов сырья нельзя автоматически переносить на медеелектролитный шлам АГМК.

В литературе также описаны окислительные схемы с использованием H_2O_2 [8]. Они относятся к другой последовательности химических операций и поэтому в

непосредственное сравнение с системой HCl/SO_2 не включаются.

Цель работы состоит в сопоставлении действующей схемы АГМК с вариантом, в котором содовое выщелачивание и алюминиевое восстановление заменяются соответственно HCl -выщелачиванием и восстановлением SO_2 .

Материалы и методики. В качестве объекта рассмотрены технологические схемы получения технического теллура из медеелектролитных шламов. Базовый вариант принят по открытым материалам АГМК и опубликованным данным о переработке подобных шламов [5, 6].

Действующий процесс включает содовое выщелачивание, фильтрацию теллуридной пульпы, электролиз, получение черного теллура, его восстановление алюминием, последующие фильтрацию и промывку, аэрацию, повторную фильтрацию, сушку, просеивание и затарку.

Для построения альтернативного варианта использованы сведения о кислотном вскрытии теллуросодержащего сырья и восстановлении теллура SO_2 [7]. Схемы сопоставлены по назначению операций, реагентам и требованиям к аппаратурному оформлению.

Работа имеет сравнительно-аналитический характер. Экспериментальные испытания предлагаемой схемы на шламе АГМК не проводились.

Результаты и обсуждение. Схема АГМК включает содовое выщелачивание шлака, фильтрацию теллуридной пульпы, электролиз и получение черного теллура. Затем выполняется восстановление алюминиевым порошком. Полученный материал фильтруют и промывают, подвергают аэрации, повторной фильтрации и промывке, а затем сушат, просеивают и затаривают [5, 6].

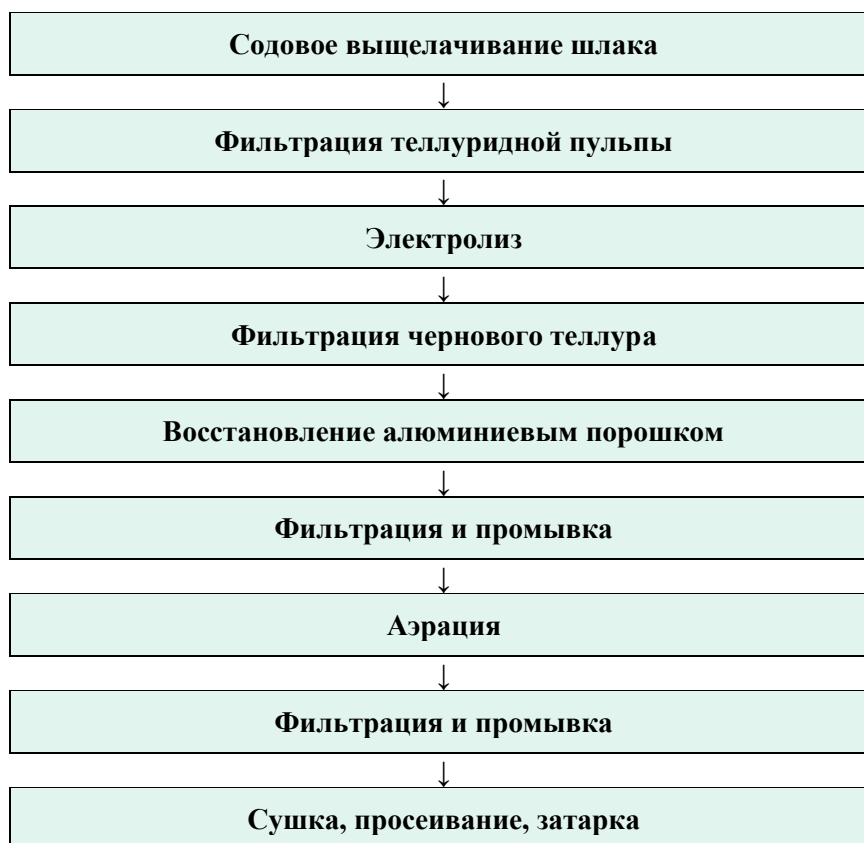


Рис. 1. Действующая технологическая схема получения технического теллура (АГМК)

В предлагаемой схеме изменяются две стадии действующего процесса. Вместо содового выщелачивания используется

кислотное выщелачивание HCl . Для восстановления теллура после растворения применяется SO_2 .



Рис. 2. Предлагаемая технологическая схема HCl/SO_2

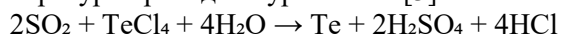
Остальные операции могут быть сохранены после уточнения их режимов. Поэтому предлагаемый вариант представляет собой изменение двух химически значимых стадий.

Химическая основа предлагаемой схемы

При использовании HCl теллуросодержащие

соединения переводятся в кислую хлоридную среду. Такая среда необходима для последующего восстановления растворённых форм теллура SO_2 [7]. Степень перехода теллура в раствор зависит от состава исходного шлама и условий выщелачивания.

В кислой среде SO_2 действует как восстановитель. Для хлоридной системы в литературе приведено уравнение [3]:



Приведённая реакция показывает возможность образования элементарного теллура из хлоридного соединения. Фактический состав раствора при переработке шлама АГМК может отличаться. Поэтому концентрацию HCl , температуру, продолжительность выщелачивания, отношение Ж:Т и режим подачи SO_2 необходимо устанавливать экспериментально [7].

Таблица 1

Сопоставление стадий

Стадия	Схема АГМК	Предлагаемый вариант
Вскрытие сырья	Na_2CO_3	HCl
Восстановление Te	Al	SO_2

Обсуждение. Предлагаемая схема меняет реагенты на двух стадиях, не затрагивая всю последовательность получения продукта. Основное отличие заключается в переходе от щелочного содового выщелачивания к кислотному и от твёрдого алюминиевого восстановителя к газообразному SO_2 .

Использование HCl и SO_2 в одной схеме имеет химическую взаимосвязь. HCl формирует хлоридную среду, в которой возможно восстановление растворённых соединений теллура диоксидом серы [7].

Дополнительным аргументом в пользу SO_2 является его происхождение. Диоксид серы

образуется при переработке сульфидного медного сырья и потенциально может быть связан с уже существующим газовым потоком предприятия.

Переход на газообразный реагент создаёт новые требования. Потребуется подача, дозирование и контроль SO_2 , а также герметичное оборудование и удаление остаточного газа. Поэтому говорить о снижении себестоимости на данном этапе нельзя.

Действующая схема имеет преимущество по степени технологической отработанности. Для варианта HCl/SO_2 пока отсутствуют экспериментальные данные именно по шламу АГМК. Оценивать его следует по извлечению и чистоте теллура, расходу реагентов и поведению сопутствующих компонентов.

Заключение. Сопоставлены действующая схема получения технического теллура на АГМК и предлагаемый вариант HCl/SO_2 . В последнем содовое выщелачивание заменяется HCl -выщелачиванием, а алюминиевое восстановление - восстановлением SO_2 .

Применение SO_2 может дать возможность использовать внутренний поток металлургического производства меди. Одновременно потребуется дополнительное оборудование для безопасной подачи и контроля газа.

Предлагаемая схема имеет технологический интерес, но её эффективность пока не подтверждена экспериментально. Следующим этапом должны стать испытания на реальном медеэлектролитном шламе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вержанский А. П. Техногенное сырьё – важнейший резерв развития // Редкие земли. 2016. № 4.
2. Грейвер Т. Н., Зайцева А. А., Розен А. М. Селен и теллур: получение и рафинирование. М.: Металлургия, 1977. 296 с.
3. Лебедь А. Б., Набойченко С. С., Шунин В. А. Производство селена и теллура на ОАО «Уралэлектромедь»: учебное пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2015. 112 с.
4. ГОСТ 17614-2018. Теллур технический. Технические условия.
5. АО «Алмалыкский горно-металлургический комбинат». Теллур технический: карточка продукции.
6. Мельников А. А. [и др.]. Гидрометаллургические технологии переработки шламов электрорафинирования меди и никеля // Цветные металлы. 2017. № 5. С. 44–49. DOI: 10.17580/tsm.2017.05.06.
7. Металлургия редких металлов: отраслевой справочник. Раздел «Извлечение селена и теллура из шламов серноокислотного и целлюлозно-бумажного производства».

3. Разработка и технология получения композиционных материалов

Негматова К.С. Технология флотационного обогащения медно-молибденовых руд с применением химических флотореагентов для извлечения медного концентрата	68
Xusenov A.Sh., Orazova Sh.Sh., Zokirov B.U., Kiyamova M.I., Raxmanberdiev G. Seritsin va inulin asosida kompozitsion plyonka olish va uning fizik-kimyoviy xossalari o'rganish	72
Саидова Ш.З., Каттаев Н.Т., Колядин В.Г., Акбаров Х.И. Синтез и характеристика гранулированного тройного сополимера 1-винилимидазола, акрилонитрила и дивинилбензола	75
Maxkamov B.G'. Vermikulit asosida olingan kompozitsion materialda benzol va suv bug'i adsorbsiyasi	79
Эшанкулова Г.Р., Ахмадов У.А. Тургунов Ф.Ф., Хасанов А.С. Ер остида танлаб эритиш усули билан уран қазиб олишда ҳосил бўладиган маҳсулдор эритмалардаги водород сульфидни фаолсизлантиришнинг самарали усулини ишлаб чиқиш	82
Bakhromova I.A., Vokhidova N.R. Synthesis of iron-modified chitosan for the purification of hydrogen sulfide waste from the oil and gas industry	85
Туляганова В.С. Разработка и исследование свойств композиционных кордиеритовых электрокерамических материалов на основе местного и вторичного сырья	87
Tursunkulov O.M., Gulyamov B.B., Sobitov M.A., Abduqahhorov F.I., Toxtabayev E.R., Uzakbergenov N.J., Bozorov S.S., Khojiev Sh.G. Effect of methane flow rate on the Raman characteristics and spatial uniformity of CVD graphene grown on high-purity copper at 1020 °C	91
Davlatova Z.Z., Safarov A.R., Abdiyeva F.I., Ixtiyarova G.A. <i>Apis mellifera</i> xitozani asosida suyuq neft tarkibidagi molibden va reniyni ajratib olish texnologiyasi	94
Очилов Э.А., Сайфиева П.О., Хамдамов Д.Х., Камолов Т.О. Способы переработки золы от сжигания энергетических углей	97

4. Прикладные, экономические и экологические аспекты применения композиционных материалов

Азимова Ш.А., Азимов Д.М. Перспективы вторичной переработки органических компонентов отходов щелочной очистки пирогаза	100
Sultanova N.S., Ismailova R.M., Ulliboboev A.M., Ismailov R.I. Tsellyuloza materiallarini olovga chidamli materiallarga aylantirish uchun vermikulit asosidagi olovga chidamli kompozitsiyaning tarkibini optimallashtirish	104
Шомуротов Ш.А., Содикова М.А., Абдурахмонов Ж.А., Ахмедов О.Р., Тураев А.С., Юлдашев Ж.М., Олимжонов Ж.У. Периодатное окисление декстрана и синтез оксимных производных путём нуклеофильного присоединения гидроксилламина	106
Razzoqov H.Q., Amonov M.R. Modifikatsiyalangan shofirkon bentoniti asosidagi kompozitsion sorbentlar va koagulyatsion tizimlar yordamida sanoat oqova suvlarini kompleks tozalash	110
Бозоров А.Н. Техногенные отходы предприятий металлургической отрасли и разработка технологии их переработки	112
Xokimov A.E., Eminov A.M., Kadirova Z.R., Xamdamova Sh.Sh. Sho'rsuv gilining mineralogik tarkibi va texnologik xususiyatlarini kompleks tadqiq etish	116
Nuriddinova G.A., Jalilov Sh.N. KMS va PAA ishtirokida melamin va gossipol bilan modifikatsiyalangan mochevina-formaldegid asosidagi yelimlovchi-bog'lovchining strukturaviy va termik xususiyatlari	120
Тулаганова М.А., Маткаримов С.Т. Сравнительная оценка технологических схем извлечения технического теллура из медьэлектролитных шламов	124
Шомуротов Ш.А., Ахмедов О.Р., Тураев А.С., Юлдашев Ж.М., Олимжонов Ж.У., Туляшева М.А., Тураева Х.К. Восстановление оксимных производных декстрана и получение аминированного полисахарида	127
Амонова Н.М., Темиров Ў.Ш., Жўраев И.И. Оқова сув чўкиндиларини компостлашда органик моддалар, азот ва гумус моддаларининг ўзгариши	131
Очилов Э.А., Сайфиева П.О., Хамдамов Д.Х., Камолов Т.О. Исследование процесса извлечения скандия из зольных техногенных отходов с применением ионообменного сорбента	133