

East European Scientific Journal
Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe

volume 5

**1(5)
2016**

#5, 2016 część 5

Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe
(Warszawa, Polska)

Czasopismo jest zarejestrowane i publikowane w Polsce. W czasopiśmie publikowane są artykuły ze wszystkich dziedzin naukowych. Czasopismo publikowane jest w języku polskim, angielskim, niemieckim i rosyjskim.

Artykuły przyjmowane są do dnia 30 każdego miesiąca.

Częstotliwość: 12 wydań rocznie.

Format - A4, kolorowy druk

Wszystkie artykuły są recenzowane

Każdy autor otrzymuje jeden bezpłatny egzemplarz czasopisma.

Bezpłatny dostęp do wersji elektronicznej czasopisma.

East European Scientific Journal
(Warsaw, Poland)

The journal is registered and published in Poland.

Articles in all spheres of sciences are published in the journal. Journal is published in English, German, Polish and Russian.

Articles are accepted till the 30th day of each month.

Periodicity: 12 issues per year.

Format - A4, color printing

All articles are reviewed

Each author receives one free printed copy of the journal

Free access to the electronic version of journal

Zespół redakcyjny

Redaktor naczelny - Adam Barczuk

Mikołaj Wiśniewski

Szymon Andrzejewski

Dominik Makowski

Paweł Lewandowski

Rada naukowa

Adam Nowicki (Uniwersytet Warszawski)

Michał Adamczyk (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Peter Cohan (Princeton University)

Mateusz Jabłoński (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Piotr Michalak (Uniwersytet Warszawski)

Jerzy Czarnecki (Uniwersytet Jagielloński)

Kolub Frennen (University of Tübingen)

Bartosz Wysocki (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)

Maciej Kaczmarczyk (Uniwersytet Warszawski)

Dawid Kowalik (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Peter Clarkwood(University College London)

Igor Dziedzic (Polska Akademia Nauk)

Alexander Klimek (Polska Akademia Nauk)

Alexander Rogowski (Uniwersytet Jagielloński)

Kehan Schreiner(Hebrew University)

Bartosz Mazurkiewicz (Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki)

Anthony Maverick(Bar-Ilan University)

Mikołaj Żukowski (Uniwersytet Warszawski)

Mateusz Marszałek (Uniwersytet Jagielloński)

Szymon Matysiak (Polska Akademia Nauk)

Michał Niewiadomski (Instytut Stosunków Międzynarodowych)

Redaktor naczelny - Adam Barczuk

1000 kopii.

Wydrukowano w «Aleje Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warszawa, Polska»

Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe

Aleje Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warszawa, Polska

E-mail: info@eesa-journal.com , <http://eesa-journal.com/>

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Боднар О.І., Вінярська Г.Б., Грубінко В.В. ОКСИДАТИВНИЙ СТАТУС <i>Chlorellavulgaris</i> ЗА ДІЇСЕЛЕНІТУ НАТРІЮ ОКРЕМО ТА СПІЛЬНО З ЙОНАМИ МЕТАЛІВ.....	5
Анучина А.А., Кондратьева Н.С., Афончикова Е.В., Наумова Е.А., Кокаева З.Г., Азимова Ю.Э., Скоробогатых К.В., Сергеев А.В., Табеева Г.Р., Рудько О.И., Климов Е.А. ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНА <i>DBH-AS1</i> В ПАТОГЕНЕЗЕ МИГРЕНИ И ПАНИЧЕСКИХ РАССТРОЙСТВ.....	11
Ханходжаева Н.Б., Мадраимова С.М., Закирова Г. К ВОПРОСУ О СОСТОЯНИИ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА КАК ОДНОЙ ИЗ ОСНОВНЫХ ПРОБЛЕМ АГРОЭКОЛОГИИ.....	16

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Лопатко С.В., Макеев А.Б. ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ АМУРСКОГО ГМЗ И АВТОКЛАВНОГО ЗАВОДА КОМПАНИИ «ПЕТРОПАВЛОВСК» ПО ПЕРЕРАБОТКЕ УПОРНЫХ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД.....	21
--	----

ИСКУССТВОВЕДЕНИЕ

Желондиевская Л.В. ПРОЕКТНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВХУТЕМАСА.....	34
Манокина А.В. КАМЕРНАЯ КАНТАТА Е. ФИРСОВОЙ «ЛЕСНЫЕ ПРОГУЛКИ» НА СЛОВА О. МАНДЕЛЬШТАМА: КОМПОЗИТОРСКАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ПОЭТИЧЕСКОГО ТЕКСТА.....	37
Постоловская Н.В. КОМПОЗИТОР-ИНТЕРПРЕТАТОР: «МЕДИТАЦИЯ» ИЗ ЦИКЛА «ТИХИЕ ПЕСНИ» В. СИЛЬВЕСТРОВА КАК ВОПЛОЩЕНИЕ ЭЛЕГИЧНОСТИ СТИХОТВОРЕНИЯ А. ПУШКИНА «ПОРА, МОЙ ДРУГ, ПОРА».....	44
Рязанова Ю.Ю. ЭВОЛЮЦИЯ ЭСТЕТИКИ БАЛЕТНОГО СПЕКТАКЛЯ И ХОРЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБРАЗА В XX ВЕКЕ.....	53

ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Кравченко В.Ю. ДОВІРА ЯК ВИЗНАЧАЛЬНА СКЛАДОВА ПСИХОЛОГІЧНОЇ ДИСТАНЦІЇ ОСОБИСТОСТІ.....	57
--	----

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Аврамчук Б.І., Демидась Г.І., Захарова О.М. ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ РОСЛИН ЕСПАРЦЕТУ ПОСІВНОГО ЗАЛЕЖНО ВІД ВПЛИВУ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЇ В ПРАВОБЕРЕЖНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ.....	63
Чернобай Л. Н. СОЗДАНИЕ ИСХОДНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ СЕЛЕКЦИИ КУКУРУЗЫ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ФУЗАРИОЗНОЙ СТЕБЛЕВОЙ ГНИЛИ НА ОСНОВЕ ЕКЗОТИЧЕСКИХ ФОРМ.....	70

СОЦИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Clement Takon Ngun*, Yekaterina Vladimirovna Pleshakova, Tatiana Olegovna Kipkea, Mihail Vladimirovich Reshetnikovb MICROBIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL INDICATION OF SOIL ABOVE UNDERGROUND STORAGE OF NATURAL GAS.....	77
---	----

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

Аматова Г.М., МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТЕЙ БИОЛОГИЧЕСКИХ ПОПУЛЯЦИЙ В ЯЧЕЙКЕ ТРОФИЧЕСКОЙ СЕТИ	84
Мишин С. В. РАЗРУШЕНИЕ СРЕДЫ И СЕЙСМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ	90
Осідач А. О. МЕТОДИ ПОДАННЯ РІЗНОТИПНОЇ ІНФОРМАЦІЇ В СИСТЕМІ ЕЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТООБІГУ	96

ФИЛОСОФСКИЕ НАУКИ

Ежов В.С. ИСТОКИ НОМО AESTHETICUS	102
Карипбаев Б.И. САМОАКТУАЛИЗАЦИЯ, КАК СПОСОБ ДОСТИЖЕНИЯ УСПЕХА	109
Korban I.V. EPISTEMOLOGICAL FOUNDATION OF THE PRINCIPLE OF SYSTEMATIZATION AND CONSTRUCTIVENESS.	112
Лещенко А.М. МЕХАНИЗМ ЭКСТРАПОЛЯЦИИ В ПРОЦЕССЕ ФОРМИРОВАНИЯ ХУДОЖЕСТВЕННОГО САКРАЛЬНОГО ОБРАЗА ВОСПРИЯТИЯ	114

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Алиева Р.А., Гусейнова Н.С., Абилова У.М., Искендеров Г.Б., Чырагов Ф.М. ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ СВИНЦА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕГО В ПЕЧЕНИ	119
---	-----

ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ АМУРСКОГО ГМЗ И АВТОКЛАВНОГО ЗАВОДА КОМПАНИИ «ПЕТРОПАВЛОВСК» ПО ПЕРЕРАБОТКЕ УПОРНЫХ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД

Лопатко Сергей Владимирович,

кандидат сельскохозяйственных наук, технолог ЗАО «РУСТИТАН»

Макеев Александр Борисович,

профессор, доктор геолого-минералогических наук, ИГЕМ РАН, Москва

WAYS OF IMPROVING TECHNOLOGY AMUR GPP AND AUTOCLAVED PLANT OF THE COMPANY
"PETROPAVLOVSK" PROCESSING REFRACTORY GOLD ORES

Lopatko S.V.

doctor of agricultural

JSC "RUSTITAN"

Makeyev A.B.

professor, doctor of geology and mineralogy,

IGEM RAS, Moscow

Summary: The ways to improve the processing technology of epithermal gold deposits in the Russian Far East, with the extraction of gold, silver and associated semi-metals (As, Te, Se, etc.) A modern technology firm Harper recommended by improving refractory gold ores.

Keywords: Thrust epithermal gold ore, the Far East of Russia, rotary kilns Harper

Аннотация: Рассмотрены пути совершенствования технологии переработки эпитермальных золоторудных месторождений на Дальнем Востоке России, с извлечением золота, серебра и попутных полуметаллов (As, Te, Se и др.) из упорных руд. Предложена современная технология фирмы Harper.

Ключевые слова: Упорные эпитермальные руды золота, Дальний Восток России, вращающиеся печи Harper

Введение. В настоящем исследовании весьма четко и акцентировано ставится вопрос о необходимости изменения технологического подхода к работе с упорными рудами золота в России и реализации технологии химико-термического способа их подготовки к извлечению золота. Эта технология применима как к концентратам с высоким содержанием мышьяка (арсенопиритный тип), так и к эпитермальным рудам с высоким содержанием теллура и теллуридов благородных металлов, а также ртути и индия. Проект с экономической точки зрения характеризуется весьма высокой окупаемостью за счет реализации в виде товарной продукции попутных металлов (As, Te, Se, Hg, Bi и ряда других). При этом теллуридные золотосеребряные руды Камчатки это особое сырье, стоимость в них только теллура и попутных металлов в 2–7 раз превышает стоимость самого золота и серебра. Этот исключительно новый технологический подход позволяет в корне изменить способ вовлечения золотосеребряных месторождений эпитермального типа Камчатки и Юго-Востока России в эксплуатацию и вызвать интерес частных компаний России.

Арсенопиритные руды вскрываются химико-термическим способом крайне полно и эффективно [1–5]. Мышьяк удаляется из руды в результате его сублимации (в незначительном вакууме) в интервале температур (Т) от 560 до 1200°C при кратковременной выдержке (не более 20 минут) при наивысшей температуре, возгоны конденсируются на холодных поверхностях в специальных накопителях. Порошковидный мышьяк в накопителях далее подвергается двух-трехстадийной зонной сублимации на отдельной установке для очистки от примесей и компактирования в слиток и реализуется как товар. Для исключения выбросов ртути все возгоны основного агрегата необходимо охладить до Т – 20–156°C и отделить жидкую ртуть. Качество ртути техническое, чистота 93%, она подлежит поставке на специализированные заводы для дальнейшей очистки.

Переработка концентратов эпитермальных руд с высоким содержанием самородного теллура, теллуридов и селенидов металлов имеет свои особенности и сложности. Прежде всего, возгонка теллура начинается при более высоких температурах от 680°C и выше.

При T – от 780°C совместно с теллуром начинается возгонка теллуридов висмута и сурьмы, а в широком интервале T – от 770 до 1200°C возгоняется и селен. Это требует ведения технологического процесса в трех температурных интервалах с выдержкой в каждом от 20 до 35 минут, при этом усложняется также и аппаратная схема конденсирования возгонов с подачей из каждой температурной зоны агрегата в отдельный тракт. Может быть использована также и упрощенная схема работы с возгонами – конденсаторы с различной температурой поверхности. Но все эти технологические сложности решаемы на современном оборудовании. Цена теллура на мировом рынке колеблется в пределах от 450 до 1100 \$/кг, в то время как цена металлического мышьяка 4.8–9.0, а технической ртути от 80 до 105 \$ США. Теллур это крайне востребованная товарная позиция в современной экономике. С объемом годового производства теллура в 190–270 т первая очередь Озерновского ГОКа войдет в национальную тройку российских производителей и в число 10–20 крупнейших производителей первичного теллура Мира.

После изъятия из упорных арсенопиритных концентратов более 97–99% мышьяка получается пирит-пирротинный концентрат, а в случае паровой отгонки части пиритной серы, и весьма однородный концентрат пирротина. Это достаточно эффективное сырье для ведения автоклавного процесса на существующих мощностях с переводом основной части сульфата железа из растворов в железоокисидные пигменты на стадии ярозитизации. Избыточная серная кислота из растворов после вскрытия должна быть выведена из процесса без использования гашеной извести (электролиз, аммиак). С точки зрения возвратности вложений возможна и целесообразна организация дополнительного вскрытия на автоклавных установках Амурского ГМЗ и другого минерального сырья с получением других металлов (Co, Cu, Mo, Ni, Re, V, W). Достаточно проблематично и не совсем обосновано, с точки зрения ведения автоклавного процесса, ставка на полное окисление серы в сульфаты, но этот вопрос носит дискуссионный характер.

Первую опытную партию товарного концентрата месторождения Майское в объеме 10–14 т можно переработать по этой технологии и в России, и в США, и после изъятия 97–99% мышьяка вернуть товарный кек для дальнейшей работы в компанию. Можно по-разному рассматривать экономику проекта химико-технической переработки арсенопиритного концентрата, но окупаемость этого проекта составляет от 3 до 8 месяцев даже при ставке на получение и монтаж на Чукотке лучшего, и, естественно, самого дорогого оборудования, от корпорации Харпер из США [7]. Привлекает внимание и чрезвычайно высокая степень

автоматизации и технического совершенства данного оборудования, высочайшая надежность серийного оборудования, короткие сроки монтажа и пуска серийного оборудования, минимальный объем строительно-монтажных работ при его использовании. Именно привлечения самого современного производителя и оборудования к реализации данного проекта с прицелом на перспективы выхода на месторождения эпитепального типа с высоким содержанием теллура и теллуридов. может стать технологическим прорывом для частной российской золотодобычи, и его надо осуществить на современном, лучшем в мире оборудовании, а не на техническом хламе из прошлого века.

Характеристика руд и технология их переработки в компании «Петропавловск»

Технология вскрытия пирротинных концентратов, экономика проекта проанализирована ниже. В опытном цехе предусматривается переработка флотационных концентратов месторождений Маломир (арсенопирит-пиритовые руды, где As – 7.9%, S – 24.9%, Au – 24.3 г/т) и Пионер (пирит-арсенопиритовые руды, где As – 0.85%, S – 21%, Au – 27.9 г/т, Ag – 46.3 г/т). Технологическая схема традиционная – предусматривает кислотную обработку соляной кислотой для разложения карбонатов, трех стадийную отмывку хлоридов кальция водой. После автоклавной обработки с направлением пара на утилизацию, операций кондиционирования, сгущения, фильтрации и промывки обратным раствором получают кислый кек. Полученный кислый кек, после нейтрализации CaO, направляют на цианирование, и в дальнейшем, в виде пульпы, сбрасывают в хвостохранилище.

Процесс автоклавного вскрытия ведут при T – выше 190 – 200°C до полного окисления элементарной серы. При этом значительная часть железа переходит в трехвалентную форму и редокс потенциал раствора повышается до 720 эВ и выше. Реакции окисления пирита и арсенопирита экзотермические. Количество выделяющего тепла на 1 кг сульфидных минералов соответственно 12000 и 8500 кДж. Рабочие параметры работы автоклавов 225 – 230°C , давление 3.2–3.5 МПа, парциальное давление кислорода 0.5–0.7 МПа. Для охлаждения в автоклав подают холодную воду. Окисленная пульпа разгружается в два самоиспарителя, расположенных последовательно (I – давление 0.7 МПа, T – 170°C , II – давление нормальное, 100°C). Кондиционирование пульпы ведут в течение 3 часов при температуре 105 – 95°C для полного растворения основного сульфата трехвалентного железа и перевода его в раствор в виде сульфата. Это позволяет резко снизить расход гашеной извести и уменьшить объем кеков для цианирования на 20–30%. После кондиционирования

пульпу сгущают, продукт промывают на фильтр-прессах, кек тщательно промывают оборотными растворами.

Кислый автоклавный раствор с высоким содержанием трехвалентного сульфата железа и сульфатов других металлов (Co, V, Ni, Cu, Zn, U, Sc, РЗЭ и т.д.) имеющих редокс потенциал 720 эВ и выше подвергается нейтрализации сначала известняком (до pH=4), а затем известью (до pH=10). Двух стадийная процедура связана с тем, что при pH=4 весь мышьяк в растворе находится в форме мышьяковистой кислоты, а

параллельно идут процессы образования ярозит-кека и свободной серной кислоты.

По аналогичной технологической схеме работает и новый Амурский гидрометаллургический завод, построенный компанией «Полиметалл» для переработки арсенопирит-пиритных флотационных концентратов из новых месторождений Албазино и Майское (табл. 1). Проектная мощность данного завода составляет 150+70 тыс. т концентратов в год (15 т Au и 120 т Ag).

Таблица 1.
Основные характеристики сырья направляемого на автоклавное вскрытие и получаемые продукты на Амурском ГМЗ

Кек после фильтр-пресса	Сухой концентрат пирротина,	Кек после отмывки извести
<i>Основные характеристики сырья</i>		
Влажность, %	10	0
Мышьяк, %	12–20	менее 0.05
Сера, %	21–23	10–12
Хлорид-ион, %	до 1	природный фон
Железо, %	23–24	30–36
Золото, г/т	до 40	более 50–60
Серебро, г/т	до 60	более 80–90
Тепловыделение КДж 1×10000, всего	800–890	200–240
Арсенопирит, г/т	210–300	нет
Пирит, г/т	490	нет
Пирротин, г/т	нет	200–240
<i>Образование продуктов (кг) в процессе автоклавного вскрытия 1 т ФК или кека</i>		
Количество материала	930	600–530
Количество мышьяковистой кислоты из 1 тонны ФК	208–360	0.03–0.2
То же из 1 тонны кека	230–395	0.05–0.3
Количество серной кислоты из 1 тонны ФК	630–690	160–240
То же из 1 тонны кека	665–750	300–360
Соотношение железа к сумме арсенат и сульфат-ионов	2:3	3:1
Соотношение железа к сульфат иону	1:3	3:1
Наличие в растворе свободной серной кислоты	до 2 050	нет
Мышьяковистой кислоты	270–450	следы
Прирост массы кека	600–850	300–350
Возможность перевода в раствор в виде сульфата трехвалентного железа	250	250
Выход кислого кека на 1 тонну ФК	1 530	600–700
То же на 1 тонну кека	1 620	1 060

Необходимо отметить, что уровень содержания мышьяка в арсенопирит-пиритных концентратах Албазино и Майское существенно выше и достигает 12–20%. В настоящее время завод работает неустойчиво, с длительными технологическими простоями (до 2–3 месяцев), производительность автоклавного отделения составляет всего 60% от проекта, извлечение золота не превышает 80% (по проекту 91–95%), серебра 60% (по проекту 95%). Компания «Полиметалл» вынуждена возобновить с 2013 г. экспорт флотационного золоторудного концентрата Албазино в Китай в объеме 100000 тонн и фактически остановить ГМЗ.

Основные недостатки работы технологической схемы с арсенопирит-пиритными концентратами на Амурском ГМЗ и в «Покровском» обусловлены следующими факторами:

1. Стадия декарбонизации концентрата соляной кислотой вполне пригодна для урановых руд и их концентратов, но абсолютно неприемлема по технологическим и экологическим причинам для работы с золотом, платиноидами и серебром.

Для удаления образующихся хлоридов кальция и магния требуется трехкратная промывка чистой водой с образованием значительных объемов сточных вод направляемых в хвостохранилища. Часть хлорида иона реагирует с другими металлами, образующиеся при этом хлориды железа, марганца, кобальта, никеля нерастворимы в воде и поэтому являются основным источником свободной соляной кислоты.

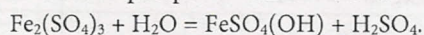
При автоклавном вскрытии пирита и арсенопирита образуются серная и мышьяковистая кислоты, которые реагируют с хлоридами металлов, что приводит к появлению в растворах свободной соляной кислоты, которая характеризуется особой химической агрессивностью к оборудованию и материалам. Кроме этого, часть золота каталитически окисляется сульфатом трехвалентного железа, а при наличии в растворе соляной кислоты образуется устойчивый тетрахлорид золота и в таком виде он сорбируется органикой, кремнезолью и не вскрывается при цианировании. Потери золота по этому механизму составляют минимально 15%, и могут достигать 40%.

2. Невозможность использования образующегося сульфата трехвалентного железа для производства гематита, красного железного оксидного пигмента и для других целей. Это касается сульфата железа как находящегося в растворах после кондиционирования, так и в кеках. Связано это с наличием свободной мышьяковистой кислоты в растворах, высоким содержанием свободной серной кислоты и с дефицитом самого железа (примерно 30%). При технологии Харпер уже на первой стадии устраняются две основные причины.

При снижении содержания серы на 60% возникает трехкратный избыток железа, после автоклавного вскрытия кеков требуется использование дополнительно растворов серной кислоты на стадии кондиционирования, для перевода трехвалентного сульфата железа в раствор и проведения его гидролиза.

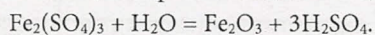
3. Целесообразно исключить стадии нейтрализации кислых растворов автоклавного вскрытия известняком и гашеной известью или свести их к минимуму. Это вполне решаемая технически задача на основе известных и освоенных промышленностью технологических решений (ярозит-процесс, выделение трехвалентного сульфата железа, термической деградации сульфата железа). Снижение удельного тепловыделения, и соответственно использования воды для охлаждения и отвода тепла из автоклава – в 3–4 раза благоприятствует этому процессу.

Технологической особенностью ведения автоклавного процесса является постоянный перевод образующегося сульфата трехвалентного железа в осадок под действием пара при T – свыше 100°C :



Поэтому требуется проведение операции кондиционирования для перевода всего трехвалентного железа в раствор и уменьшения объема кеков.

Непременным условием устойчивости в растворе $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ является наличие в нем 30–50 г/л H_2SO_4 . Если содержание серной кислоты ниже 20 г/л, то образуется гематит, который выпадает в осадок:



В данном случае необходимо обязательно вводить на конечной стадии автоклавного процесса раствор разбавленной серной кислоты по схеме рецикла и обеспечивать перевод трехвалентного сульфата железа в раствор.

Для Амурского ГМЗ при переработке отходов на пигменты можно использовать технологическую схему с использованием сульфата двухвалентного железа и металлического железа с внешним охлаждением и добавлением воды на заключительной стадии процесса. Оптимальная температура гидролиза $70\text{--}80^{\circ}\text{C}$, $\text{pH} = 2.5$. Время процесса 3 часа. Не подвержены гидролизу сульфаты кадмия, цинка, меди, таллия и двухвалентного железа. При $\text{pH} = 3$ и выше идет гидролиз сульфатов мышьяка, сурьмы, галлия, индия и германия, а также урана. Полученный гематит тщательно отмывают и сушат. Используют в качестве товарного красного оксидного пигмента и на другие цели. Отход производства – раствор с содержанием свободной серной кислоты 48–50 г/л направляют в рецикл. Наиболее освоенная промышленностью технология термиче-

ского разложения железного купороса с предварительной термической дегидратацией позволяет получать красные железо-оксидные пигменты трех видов:

- красно-оранжевый пигмент, температура обжига 700–725°C;
- красный пигмент, температура обжига 730–780°C;
- пурпурно-фиолетовый пигмент, температура обжига 850°C.

Технологический процесс обжига протекает в три стадии:

1. Стадия потеря воды – 100–120°C.
2. Стадия разложения моногидрата сульфата двухвалентного железа с одновременным окислением железа. Начало при 300° и завершение при 400°C:
 $4\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 = \text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_3$.
3. Стадия разложения сульфата трехвалентного железа при 680°C и выше: $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 = \text{Fe}_2\text{O}_3 + 3\text{SO}_3$.

Термическая технология позволяет рекуперировать серную кислоту и оптимизировать ее рецикл в технологическом процессе, а также осуществить вывод из технологического процесса в виде товарной серной кислоты или растворов трехвалентного сульфата железа.

Итак, предлагаемая смена технологии обеспечит возможность получения попутных металлов из растворов автоклавного отделения (Co, Cu, Zn, U, V и др.).

Она полностью определяется переходом на технологию Харпер и становится экономически рентабельным бизнесом. Известно, что автоклавная технология вскрытия пирит-арсенипиритного золотосеребряного концентрата является подготовительной операцией для подготовки кеков к извлечению из них золота и серебра. Серная кислота не переводит золото и серебро в растворы. Вместе с тем все попутные металлы, включая Co, Cu, Ni, U и другие образуют сульфаты растворимые в растворах серной кислоты любых концентраций.

Основная выгода, определяющая необходимость перехода Амурского ГМЗ на использование оборудования фирмы Харпер [7] обусловлена возможностью получения ежегодно дополнительно 2–3 тонн золота на сумму 100–150 млн \$ США и металлического мышьяка на сумму до 50 млн \$ США, а также железо-оксидных пигментов, товарной серной кислоты и сернокислотных солей железа (табл. 2).

И наоборот, реализация традиционной технологической схемы в проектах компаний «Петропавловск» и «Полиметалл» дискредитировало технологию автоклавного вскрытия упорного золоторудного сырья в России и их тиражирование следует незамедлительно прекратить.

Таблица 2.

Сравнительная характеристика показателей работы Амурского гидрометаллургического завода по проектной и предлагаемой схеме с использованием оборудования «Харпер»

Наименование	По проекту	Предлагаемая схема технологической операции
Процессы	Стадия декарбонизации	Стадия сублимации мышьяка
1. Декарбонизация	Соляная кислота	Возгонка серого металлического мышьяка
2. Отмывка	Трехкратная отмывка водой	
Результат стадии	Сгущение осадка	Получение товарного металла
3. Фильтр-пресс	Сточные хлоридные воды	Сокращение на 12–20% объема автоклавного сырья, исключение образования отходов As.
4. Стадия удаления серы	Вносится в сырье хлорид-ион	
Результат стадии	Обеспечена коррозия оборудования ГМЗ, и потери золота 15–20%	Удаление 60% серы из концентрата увеличение производительности автоклава в два раза и более, уменьшение расхода воды на охлаждение
5. Стадия декарбонизации оборотной серной кислотой.		Обе стадии реализуемы в одной универсальной печи Харпер. Результат стадии. Удаление карбоната полностью.

Предложения по совершенствованию технологии. «Универсальные печи Харпер». Мышьяк металлический и оксиды мышьяка

Официально в Государственном балансе Российской Федерации нет ни одного месторождения рудного мышьяка. Поэтому предприятия России в качестве сырья используют пыли и кеки предприятий

цветной металлургии России и Казахстана, а также арсенопиритные концентраты с ЗИФ Урала, Казахстана и Узбекистана. Из кеков обжига арсенопиритных концентратов ЗИФ Казахстана в отдельные годы методом цианирования извлекалось до 600 кг золота. В небольших объемах производство металла чистотой 97% осуществляется ретортным способом из оксида мышьяка только на Обжиговом заводе в городе Пласт Челябинской области. Здесь же организовано производство свыше 30 лигатур на его основе для производителей специальных сталей. Завод располагает четырьмя обжигowymi печами и производит в год от 3 500 до 5 000 т оксида мышьяка чистотой 95–97,8 %, часть продукции экспортируется.

Завод в г.Пласт является крупнейшим производителем оксида мышьяка чистотой 95–98% в России и фактически единственным национальным производителем металлического мышьяка чистотой 97,5% и специальных лигатур на его основе. Производимая им продукция невысокого качества и занимает не более 20% внутреннего рынка. При обжиге мышьякового сырья оксиды сурьмы и висмута переходят в товарную продукцию и загрязняют ее. Технологиями перераспределения оксида мышьяка Обжиговой завод не располагает. Вследствие низкого качества продукция Обжигового завода не используется для производства стекла на мировом рынке. Основные поставки на мировой рынок качественного триоксида мышьяка идут из Китая (80–90%) и Марокко (табл. 3).

Таблица 3.

Крупные фирмы производители и поставщики As_2O_3 на мировой рынок

Страна, Компания	CAS	Чистота, %	Упаковка, кг	Мощности, т/год
Марокко Концерн Манажем	7778-39-4	97–99	200–250	до 8 000
Китай 1. Shanghai Yanait Import and Export Co Ltd	7778-39-4	97–99,9	25–250	до 18 000
2. Xian Shungi Bio-Chemical Technology Co Ltd	1327-53-0	99	200–250	12 000
3. Xiangtau New Sunshine Trade Co Ltd	1327-53-0	99,9	200–250	12 000
4. Hainan Huarong Chemical Co Ltd	1327-53-0	99	50, 200, 250	12 000
5. China Arsenicum Industries Co Ltd Zhuhai	1327-53-0	98,5–99,999	1–250	15 000

Для производства качественного листового и кварцевого стекла, а также специальных стекол и оптоволокон используется трехоксид мышьяка чистотой 99,43%, который поступает в Россию исключительно по импорту. Ранее производство трехоксида мышьяка хорошего качества было налажено в г.Саратове из пылей обжига вольфрама и кобальта. Мышьяковистые концентраты кобальта и вольфрама не содержат вредных примесей. Расходная норма 0,3–0,4 % от массы стекла. Объем российского рынка 69 000 т (потенциально 77 000 т) – основные поставщики Китай, Голландия и Германия. Цена импортного оксида мышьяка – 230 000 руб/т без НДС. Рынок металлического мышьяка в России делится на два сегмента.

Первый. Мышьяк высокой чистоты (5N–7N) и соединения на его основе (арсенид галлия, индия, кадмия и другие). Емкость российского рынка ориентировочно 80 т в год. Мышьяк 7N импорт по цене 550 \$ США за 1 кг, арсенид галлия 1 200 \$ США за 1 кг. Ос-

новные поставщики – Китай, Грузия, Украина (занимается реэкспортом грузинского мышьяка, арсенид галлия из вторичного сырья), Израиль, США, Германия, Голландия. В небольших объемах имеется собственное производство высокочистого мышьяка и соединений на его основе по алкогалитной и хлорной технологии в ИРЕА и Зеленограде. Россия крупный экспортер отходов и некондиционного сырья (электронного лома) арсенида галлия на мировой рынок.

Второй. Мышьяк металл чистотой 98–99,9%, лигатуры для цветной и черной металлургии. Емкость российского рынка ориентировочно до 2 300 т/год и доли рынка распределяются между металлом (800 т), лигатура медь-мышьяк (500 т), лигатуры свинец-мышьяк (700 т), прочие лигатуры и сплавы (300 т).

Основным поставщиком металлического мышьяка в Россию являются Китай, Южная Корея и Голландия. Цена металла чистотой 99,9% – 12 тыс. \$ США.

Лигатура Медь70Мышьяк30 – поставщики Иран, Индия, Голландия, Германия и Китай. Цена 10–15 тыс. \$ США за тонну.

Основные потребители – производители алюминевых сплавов, бронз и латуней.

Лигатуры Свинец – Мышьяк (мышьяка в процентах 30, 20, 18, 15, 10 и 5) поступают в Россию из Индии, Голландии, Китая, Казахстана и других стран. Цена лигатуры Свинец80Мышьяк20 в среднем 210 тыс. руб/т. Основные потребители – предприятия производители свинцовой дробы и проката, латуней и бронз.

Крупными игроками на рынке мышьяка металла в России являются фирма «KBM Affilips» Нидерланды, филиалы американских компаний из Индии и Китая, а также фирмы Китая и Украины, на рынке оксида мышьяка высокого качества – Китай, Марокко (более 95% рынка), Казахстан и Голландия.

В отличие от официальной оценки минеральная база мышьяка в России весьма значительна и базируется на крупнейших месторождениях леллингита (Правоурмийское – 45 млн. т As) и арсенопиритно-золоторудных месторождениях (свыше 70 объектов, ориентировочно 170 млн. т As).

Проблема состоит в том, что в России полностью отсутствуют следующие производственные мощности:

- по получению металлического мышьяка методом термической возгонки из минерального сырья;
- его сублимационной перераспределения;
- производства трехоксида мышьяка высокой чистоты путем окисления металла чистотой 99% и выше;
- его очистки от примесей сублимационным способом;
- мощностей по рециклу мышьяка высокой чистоты из отходов электронной промышленности.

Современные технологии производства первичного мышьяка и его оксида базируются на уникальных свойствах мышьяка и его оксида связанные с сублимацией. Температура сублимации мышьяка при нормальном давлении 610°C, в вакууме снижается на 100°C. Термическая сублимация трехоксида мышьяка возможна при T – до 400°C при давлении менее 1 атм. Но учитывая, что давление паров ряда примесных окислов близки к температурам технологического процесса, этим методом вполне достижима только чистота 99.99%. Очистка от примесей металлического мышьяка методом сублимации в две стадии при T – 580–650°C это технологически и экономически наиболее эффективный способ получения металла чистотой 99.9999 и выше.

Несмотря на тот факт, что известно 12 способов получения металлического мышьяка и его оксида из

различного сырья применительно к универсальному оборудованию Харпер реализуем только термический способ в вакууме или инертной атмосфере. И именно этим способом, в США получают 99.9% металла и оксида мышьяка высокой чистоты, как из первичного минерального, так и вторичного сырья. При этом основные технологические процессы полностью реализуются на серийном оборудовании трех массовых типов производства фирмы Харпер. (пушер, конвейерные, вращающиеся)

Для российской промышленности мышьяка интерес представляют пять основных технологических регламентов:

1. Непрерывный процесс термической сублимации трехоксида мышьяка при T – 400°C при пониженном давлении. Чистота продукции до 99.99%. Возможное размещение – город Пласт Челябинская область, Обжиговой завод. Объем годового производства 5–15 тыс. т в год.

2. Непрерывный процесс термического разложения арсенопирита или леллингита в вакууме или инертной атмосфере без доступа кислорода с конденсацией аморфного мышьяка в керамических приемниках. Температура ведения технологического процесса по арсенопириту 630–750, леллингиту 650–810, в конденсаторах T – 430°C и ниже.

Леллингит – известно месторождение у станции Амгунь, Хабаровский край, которое может произвести продукцию от 10 до 30 тыс. т по металлу в год.

Арсенопирит – более двух десятков ЗИФ Дальнего Востока и Сибири при содержании мышьяка в концентратах 5–10% и выше. В первую очередь Амурской ГМЗ компании «Полиметалл». Мощность по мышьяку металлу от 600 т до 15 000 т в год по объекту.

3. Технология двух стадийной сублимационной очистки от примесей (в периодическом режиме аморфного мышьяка при T – 510–620°C в вакууме или инертной атмосфере до чистоты 99.9% и выше) с получением слитков мышьяка возможна на предприятиях Якутии, Дальнего Востока и Урала.

4. Термическая переработка отходов арсенида галлия при T – 960°C и вакууме 1.33 Па с конденсацией паров мышьяка в холодильнике. Далее конденсируют мышьяк в металл возгонкой и направляют на сублимационную очистку. Галлий отделяют от арсенида галлия фильтрацией и направляют в рецикл в объеме 90%. Максимально возможно строительство двух производств небольшой мощности – в Москве и Санкт-Петербурге.

5. Окисление металлического мышьяка чистотой 99% и выше в регулируемой газовой среде с получением оксида мышьяка высокой чистоты для нужд

стекольной и керамической промышленности по требованиям Американского Керамического Общества. Целесообразно строительство трех объектов – в поселке Камбарка в Удмуртии, поселке Горном Саратовской области и станции Сулук Хабаровском крае. Помимо металлического мышьяка возможен обжиг концентратов высокого качества арсенопирита и особенно леллингита.

Состояние и объемы производства мышьяка и его соединений в России в значительной степени увязаны с расширением объемов переработки арсенопиритных и упорных руд месторождений коренного золота. В ряде случаев без удаления мышьяка из концентратов и руд золота невозможно осуществить его рентабельное производство. Применительно к российским золоторудным месторождениям с упорным золотом необходимо принимать во внимание и ряд дополнительных моментов.

1. Присутствие в рудах ряда месторождений высоких содержаний попутного селена и теллура. (Чудное, Чертово Корято, Майское и ряд других). Селен и теллур образует с платиноидами, золотом, серебром и другими металлами значительное число собственных минералов или изоморфных форм. Л.К. Яхонтова и В.П. Зверева опубликовали весьма полезный для технологов обзор минеральных форм этих полуметаллов [6].

При наличии в рудах селенитов и теллуридов висмута и сурьмы, они возгоняются при $T = 680^{\circ}\text{C}$, и могут быть сконденсированы в отдельный товарный концентрат. Аналогичным образом при $T = 580\text{--}830^{\circ}\text{C}$ ведет себя и гессит (селенид серебра). Поэтому Печи Харпер широко используются в технологии переработки анодного шлама медеплавильных и никелевых заводов за рубежом, особенно в Японии. После возгонки и конденсации теллуридов и селенидов сурьмы и висмута полученный конденсат подвергается окислительному обжигу, с целью удаления оксидов селена и теллура в газовую фазу. Второй технологический процесс связан с переводом селена и теллура из руд в водный раствор путем обработки сернистым натрием. Процесс интенсифицируют путем нагрева концентратов до $T = 230^{\circ}\text{C}$ и более.

2. В связи с относительно низким содержанием золота и серебра, в пиритном и арсенопиритном концентратах и рудах в ряде месторождений, с целью получения золотой головки, нашли применение и методы магнитного обогащения. Связано это с различиями в магнитных и электрических свойствах пирита и арсенопирита различных генераций. Имеется техническая возможность увеличить, таким образом, содержание золота в отдельном товарном концентрате пирита или

арсенопирита на порядок и более. Полученные концентраты золотой головки и рядовые вскрываются по отдельным технологическим регламентам

3. Для повышения производительности автоклавных отделений ЗИФ Якутии и Дальнего Востока возможна реализация на оборудовании Харпер схемы термической деструкции пирита при $T = 320\text{--}410^{\circ}\text{C}$ пароводяной смесью с переводом до 60% серы в газовую фазу в виде диоксида серы. Диоксид серы переводят путем сжатия компрессором в жидкое состояние и используют в качестве товарной позиции. Это крайне важное технологическое новшество, которое позволяет после удаления мышьяка, за счет остаточного тепла удалить и свыше 60% пиритной серы из флотационных сульфидных концентратов за один цикл. Полученный железисто-пирротиновый концентрат подлежит дополнительно перемешиванию и доводки различными методами с получением железо-кобальтового кека (на цианирование), и сульфидного концентрата направляемого в рецикл на оборудование Харпер или на автоклавное вскрытие.

В результате этих мероприятий, возможно, увеличить производительность автоклавных отделений ЗИФ минимально в 3–10 раз, избежать образования отходов с высоким содержанием мышьяка (скородит) и повысить извлечение и производство золота и серебра на действующих предприятиях.

4. Для перевода пирита в пирротин широко используется технология его прямого термического разложения в инертных средах и вакууме с образованием элементарной серы. Процесс ведут в одну стадию в вакууме при $T = 600\text{--}610^{\circ}\text{C}$ (энергия активации 265 кДж/моль), на воздухе в две стадии при $T = 650^{\circ}\text{C}$ ($110+320\text{ кДж/моль}$). Пирротин имеет переменный состав с содержанием серы 32–34%. Для получения пирротинового концентрата применяют магнитные методы и флотацию. Полученную попутно самородную серу направляют в сельское хозяйство или на химическую переработку. Возможность реализации этой технологии в переработке арсенопирит-пиритных концентратов с золотом вызывает определенные сомнения.

Крайне важным моментом является возможность реализации в дальнейшем технологических процессов по получению товарных концентратов попутных кобальта, ванадия, сурьмы, а также получения железорудных концентратов или пигментов железа.

Выполненный анализ позволяет высказать следующие предложения:

Для решения задач вытекающих из технологии As-Au необходимо выполнить пилотные работы на небольших партиях арсенопиритных концентратов

ГОКов Албазино, Майское, Ключус и Маломыр на установках российского производства с соответствующим научным сопровождением.

2. В случае получения положительных результатов заключить соглашение о совместных поставках серийного оборудования и закупить рядовое лабораторное оборудование у фирмы Харпер [7]:

– тип ЛТ температура процессов 1 000°C.

– тип НТ температура процессов 1 700°C.

3. Закупка вертикальной конвейерной печи нецелесообразна ввиду высокой стоимости и работы в области высоких температур (рабочая $T = 3\ 000^\circ\text{C}$).

4. Получение технологий и доступа к серийному оборудованию производства Харпер позволит создать в России современную производственную базу мышьяка и его соединений и обеспечит их экспорт в объемах сопоставимых с Китаем.

Рекомендации по проекту строительства Заозерного ГОКА на

Озерновском месторождении и отработки золота

Изучив открытые материалы по геологии и минералогии Озерновского и других подобных месторождений [1-5], материалы по флотации руд с высоким содержанием теллура и теллуридов золота и других металлов, компании «НОРИТ» и Горного Бюро США, а также приняв во внимание материалы, опубликованные в «Minerals Resources» за последние 15 лет, посвященные изучению и отработки месторождений подобного типа в США и Мирове, авторы настоящего обзора предлагают обратить внимание на следующие факты и обстоятельства.

В США вовлечено в эксплуатацию и успешно обрабатывается значительное число месторождений золота эпите rmального типа с высоким содержанием теллура и теллуридов. Общепринятая технологическая схема – гравиметрически-флотационная с извлечением золота в пределах 91–95% и получением двух видов концентратов: а) гравитационного с содержанием Au 200–3 700 г/т, Те первые кг – первые десятки кг; б) флотационного концентрата с содержанием Au от 150 до 900 г/т, Те первые кг – первые десятки кг.

Выход концентратов двух типов составляет от 1 до 5% от объема первичных руд. Кеки флотации с содержанием золота до 0.3 (0.17–0.24 г/т) складываются и не относятся к опасным отходам.

Концентраты весьма охотно приобретаются для переработки медеплавильными предприятиями США с оплатой Au и Ag по цене 0.7–0.8 от биржи и Те по цене 0.2 от биржи. Но ряд предприятий США считает экономически целесообразным и осуществляет самостоятельную переработку данного вида весьма упорного для цианирования сырья с получением слитков

Доре. Как правило, схема интенсивного цианирования концентратов двух стадийная с использованием едкого натрия и цианида натрия. Растворы цианирования концентратов подвергаются прямому электролизу. Кеки цианирования продаются в качестве флюса медеплавильным предприятиям для извлечения теллура и остаточных драгметаллов.

Для поставок в Японию концентрата теллура и висмута кеки иногда флотировать на теллур и теллуриды. В любом случае, кеки цианирования представляют экологическую опасность и требуют решения проблемы их переработки. Обычно в месторождениях эпите rmального золото-теллуридного типа подвергают прямому цианированию только бонанцевые руды и окисленные руды верхнего горизонта с низким содержанием теллура. Необходимо отметить, что на глубоких горизонтах месторождения размерность золота и его минеральных форм увеличивается до 100 мкм и более, при увеличении соотношения золота к теллуру в пределах 1 : 10–30. Учитывая, что удельные веса самородного теллура, висмута, серебра, теллурида висмута, теллуридов золота находятся в пределах 8.0–8.6 г/см³ извлечение в гравиметрический концентрат стабильно высокое. На большинстве предприятий США концентраты Кнелсона весьма успешно заменены на центрифуги нового поколения, которые отличают следующие качества:

– высокая эффективность извлечения золота размерностью свыше 40 мкм (Кнелсон – 100 мкм);

– высокая эффективность выделения минералов тяжелой фракции с удельным весом более 6.5 г/см³ в концентраты с размерностью 40–50 мкм;

– высокая производительность, стабильность работы и простота технического обслуживания;

– низкая стоимость серийного оборудования; (центрифуга производительностью 50–60 т/час – 16 тыс. \$ США, концентратор Кнелсона – 220–250 тыс. \$ США).

– в концентратах после центрифуги содержание золота составляет 700–4 800 г/т, теллура – первые десятки кг. Особо следует отметить высокую эффективность выделения в концентраты теллура и его соединений (выше в 3 и более раз). В связи с этим концентраторы Кнелсона уже не рекомендуют для проектирования новых производств.

Флотационный передел. На предприятиях США – флотация это обязательный и основной технологический прием отработки данного типа руд. Эффективность извлечения Au и Те в концентраты с содержанием Au 400 г/т и более, Те первые килограммы и первые десятки килограммов, достигает 90–95%. Остаточное содержание Au в хвостах флотации колеб-

лется в пределах 0.17–0.30 г/т. Столь высокая эффективность процесса флотации связана с тремя факторами:

- высоким содержанием инертной матрицы во вторичных кварцитах (содержание оксида кремния и оксида алюминия стабильно на уровне 90–95%);
- использованием высокоселективных на Au и Te собирателей содержащих фосфор и серу при природном рН ниже 8, в дозе 20–65 г/т;
- удалением основной части крупного самородного Au и Te, теллуридов золота и других металлов на гравиметрической стадии.

Исследования по флотации руд Озерновского месторождения ранее проводились с использованием стандартных, неселективных по золоту, реагентов применяемых на российских предприятиях в щелочных средах при рН 11–12. Даже при этих аномальных условиях были получены концентраты с содержанием золота более 100 г/т при извлечении только 50%. Можно констатировать, что этот цикл исследований по флотации выполнен на недостаточно высоком профессиональном уровне.

Необходимо отметить, что технологические свойства руд по гравитационно-флотационному циклу всего Озерновского месторождения, как отдельных участков, так и горизонтов, изучены не в полной мере. Это относится и к стадии цианирования гравитационных и флотационных концентратов, наработка которых не производилась. Принятие в этих условиях к реализации технологии прямого цианирования всего объема первичных руд с сорбцией Au в пульпе углем представляется ошибочным по следующим причинам: а) помимо зоны БАМ, на балансе месторождения находится значительный объем руд (80% запасов золота) с содержанием Au 0.8–2.0 г/т и высоким содержанием Te от 150 до 800 г/т (рудные тела месторождения оконтурены только по борту 0.7 г/т Au); б) содержание теллуридов золота в целом по месторождению составляет 70%, что свидетельствует о высокой степени упорности первичных руд к цианированию; в) первичные руды вторичных кварцитов являются сверх абразивными по отношению к углю, в том числе марки Норит, что обуславливает аномально высокие потери Au с углем мелких фракций; г) использование извести для корректировки рН способствует формированию кальцитовых пленок на поверхности теллурида золота и золотин и снижению их цианируемости примерно на 10%.

О строительстве Озерновского ГОКа

Следует обратить внимание на следующие обстоятельства:

- мощность опытно-промышленной ЗИФ «Озерновская» – 250 тыс. т руды в год с содержанием золота 9.0 г/т.
- месторождение Озерновское эпитеермального типа с высоким содержанием теллура. Стоимость теллура в рядовых рудах существенно, в 3–7 раз, превышает стоимость собственно золота и серебра;
- применение прямого цианирования руд, особенно рядовых с бортовым содержанием золота 0.7–2.0 г/т, технологически и экономически не обосновано. Поэтому проектный уровень извлечения золота в процессе отработки месторождения и эксплуатации предприятия недостижим;
- проект с высоким расходом цианида натрия в условиях Камчатки обречен на провал, и его реализация будет блокирована экологами с участием неправительственных организаций и международных экологических фондов;
- с финансовой точки зрения существующий проект генерирует операционный убыток, и не окупается, даже при ценах на золото в 2 900 \$ США за тройскую унцию.

Вместе с тем месторождения Au и Te эпитеермального типа в мировой практике весьма рентабельно обрабатываются на абсолютно рыночных условиях с высокими технологическими показателями. В связи с этим мы заинтересованы в трансфере в Россию современного оборудования и технологических решений для отработки месторождений упорных руд эпитеермального типа с извлечением Au, Ag, Te и Bi. Компания готова приступить к разработке технологии отработки Озерновского месторождения по экологически щадящей, без использования цианидов, технологии. В дальнейшем разработать и реализовать проект Озерновского ГОКа под ключ, нести технологические гарантии по извлечению в товарные продукты Au, Te и Ag в начальный период (7–10) лет эксплуатации ГОКа.

Вращающиеся печи Hauger, рекомендуемые для применения в проектах

Майское-Албазино-Озерновское

Любая вращающаяся трубчатая печь Hauger разрабатывается под уникальные технические условия клиента. Внедряются инновационные решения в конструкции для непрерывной обработки гранулированных, порошковых или мелкодисперсных смесей высокочистых и специальных средах при Т – до 2 400°C.

Вращающиеся печи Hauger (рис. 1, 2) характеризуются исключительной универсальностью, надежностью и низким потреблением энергии [7]. В наши конструкции включено множество запатентованных

конструктивных особенностей, которые позволяют реализовать улучшенный процесс перемешивания, дающей в итоге улучшенный тепло- и массообмен. Отсутствие подвижных частей в системе опоры трубы гарантирует простую, надежную и прочную конструкцию, позволяющую осуществлять масштабирование.

Кроме того, переворачивание материала внутри трубы приводит к большей равномерности температуры и повышенному контакту на границе фаз газообразная – твердая, что в итоге способствует получению более однородного материала, снижению времени обработки и повышению производительности.

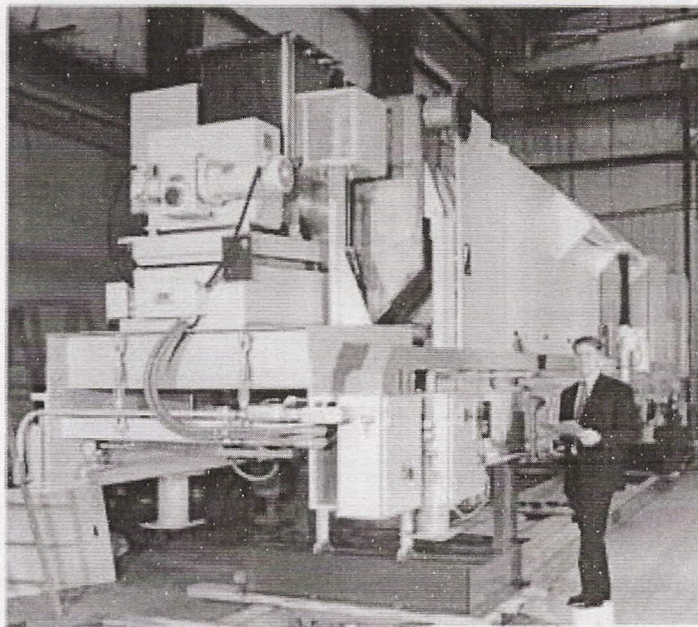


Рис. 1. Изображение вращающейся печи «Harper».

Предлагается уникальная возможность по адаптации разнообразных технологических сред, чего не могут сделать другие производители. Отличные уплотнения, передовые системы контроля и управления потоками газов, а также не прямой метод нагрева позволяют использовать горючие и токсичные газы. Компания «Harper» рассматривает конструкцию вращающейся печи и обжиговой печи как полную систему с возможностью внедрения элементов управления процессами, монтажа на направляющих полозьях, установки под ключ и полного ввода в эксплуатацию на объекте. Обслуживание в процессе эксплуатации на объекте может включать монтаж и программирование контрольно-измерительной аппаратуры, а также оптимизацию разработки технологического процесса производства и его последующую поддержку.

Конструктивные усовершенствования вращающихся печей Harper. Желобковые пластинки обеспечивают осевое перемешивание для обработки при фиксированном осредненном составе и являются отличным средством смягчения экзотермических реакций или непрерывного перемешивания средствами

системы. Желобковые пластинки предоставляют ряд преимуществ, как и в реакторных баках непрерывного перемешивания, только уже в формате непрерывно вращающейся трубы.

Винтовые пластинки продвигают материал без перемешивания и используются для процессов, которые требуют малых промежутков времени пребывания.

Система поперечного потока – крупный сыпучий материал может нагреваться и реагировать со сквозным потоком газа. Газ течет локально к твердому материалу, в то же время глобально находясь в противотоке с направлением его течения, чем обеспечивается отличный контакт на границе фаз газообразная – твердая.

Усовершенствованная система герметизации – запатентованная система герметизации вращающегося реактора обеспечивает оптимальную целостную рабочую среду во вращающейся трубе печи при минимальном потреблении газа.

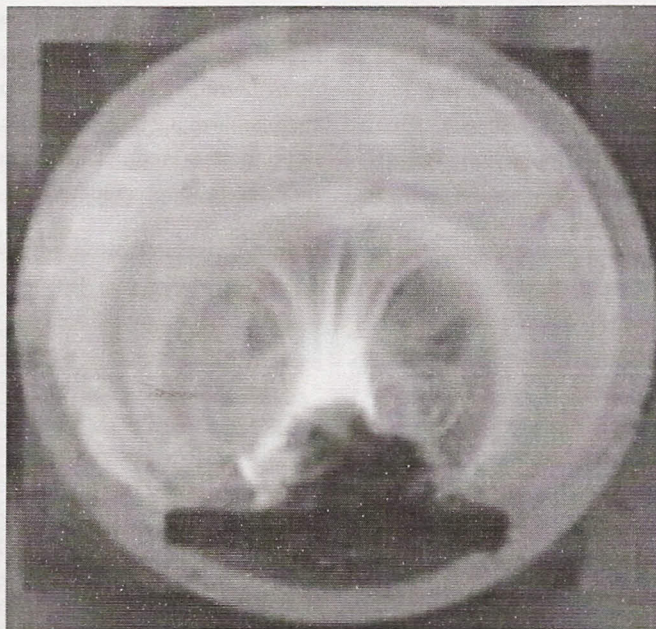


Рис. 2. Процесс обжига руды в печи «Нагрег».

Возможности вращающихся печей Harger: 1. Температуры до 2 400°C. 2. Диаметр трубы до 60 дюймов (1.5 м). 3. Нагрев с помощью электричества или сжигания газа, жидкого топлива либо применение двухтопливной системы. 4. Контролируемые среды включают в себя горючие и токсичные газы, такие как воздух, H_2 , N_2 , O_2 , CH_4 , C_2H_6 , CO_2 , CO , Cl . 5. Разнообразие материалов для конструкции трубы: сплавы, муллит, оксид алюминия, карбид кремния, кварц, графит. 6. Наличие систем циркуляции технологического газа и кондиционирования. 7 Системы автоматической подачи и возврата материалов. 8. Заданные времена нахождения в реакционных зонах. 9. Усовершенствованная конструкция уплотнений. 10. Автоматическая смазка. 11. Определение уровня подачи.

Типичные сферы применения вращающихся печей Harger: Пиролиз; Сушка; Обжиг; Восстановление; Контролируемое окисление; Цементация; Реакция на границе фаз твердая-твердая; Очистка; Переработка отходов.

Выводы и предложения:

Использование самых современных и безопасных с экологической точки зрения технологий разработки полезных ископаемых сегодня является основным, важнейшим и единственным условием государственной и общественной экспертизы каждого проекта золотодобычи на территории Камчатки. Это основа для принятия Заказчиком инвестиционного решения о начале реализации проекта строительства ГОКа.

1. Требуется разработать новый Технологический Регламент с гравитационно-флотационной схе-

мой получения концентратов Au и Te с использованием оборудования и реагентов последнего поколения производства США, сопоставимый по технологическому уровню и стоимости с действующими предприятиями США, Австралии и Индонезия.

2. Проектная мощность ГОКа по руде должна быть минимально 1 млн. т руды в год, в том числе с участка БАМ 200 тыс. т.

3. На начальном этапе работы Заозерного ГОКа целесообразно весь объем полученного гравиметрического и флотационного концентратов Au и Te направить на переработку в Японию или на медеплавильные предприятия Урала или Таймыра. Формула ценообразования на концентраты – Au 0.80–0.85, Te – 0.2 от биржи.

4. В дальнейшем, возможно, ввести в состав Заозерного ГОКа комплектный модуль или трубчатый автоклав с технологией интенсивного цианирования по Плаксину концентратов Au и Au по проектам фирм ЮАР, США или спроектировать новую двух стадийную схему вскрытия Au и части Te концентратов более экологичным сульфит-бисульфитным способом. Кеки этой стадии направить в качестве флюса на медеплавильные предприятия России или Японии для извлечения Te и Ag.

5. Следует провести цикл исследований по возможности получения концентрата диккита керамической чистоты путем флотации хромоформных примесей из отходов флотационного передела. Это позволит в дальнейшем классифицировать до 80% горной массы руд как керамическое и фарфоровое сырье, увеличит объем и стоимость товарной продукции Заозерного ГОКа на 30–40 млн. \$ США.

Литература:

1. Комогорцев Б.В., Вареничев А.А., Потапов И.И. Технологии и методы ресурсосбережения. Современные технологии комплексной переработки трудно-обогатимого золотосодержащего сырья // Экономика природопользования, 2015. № 6. С. 33–88.

2. Палеев П.Л., Гуляшинов А.Н., Антропова И.Г., Гуляшинов П.А. Извлечение золота из упорных арсеникопиритовых руд и концентратов // Золото и технологии, 2013. № 2. С. 36–38.

3. http://nedradv.ru/mineral/places/mineral-objinfo.cfm?id_obj=f2f5e2370b07304ef3b5b8e4913c292d

4. https://ru.wikipedia.org/wiki/Майское_месторождение

5. www.geosimagold.com/blog/razrabotka-ozernovskogo-rudnogo-polya

6. Яхонтова Л.К., Зверева В.П. Основы минералогии гипергенеза: Учеб. Пособие, Владивосток: Дальнаука, 2000. 331 с.

7. mhtml:file:///C:/Users/Макреп/Documents/Враающиеся_печи.mhtml/wp-content/uploads/2011/03/

