

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ К. И. САТПАЕВА

ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ И ОБОГАЩЕНИЯ

МАТЕРИАЛЫ

Международной научно-практической конференции
ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЦВЕТНЫХ,
РЕДКИХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ



Алматы 2018 Almaty

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ К. И. САТПАЕВА
ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ И ОБОГАЩЕНИЯ**

**Металлургия ғылымы мен өнеркәсібінің мәселелеріне және белгілі
ғалым металлург, ҚР ҰҒА корреспондент мүшесі,
Қазақстан Республикасы Мемлекеттік сыйлығының иегері
Болат Балтақайұлы Бейсембаевті еске алуға арналған
«Түсті, сирек және асыл металдарды өндірудің тиімді технологиялары»
атты Халықаралық ғылыми-практикалық конференцияның**

МАТЕРИАЛДАРЫ

МАТЕРИАЛЫ

**Международной научно-практической конференции
«Эффективные технологии производства цветных, редких и
благородных металлов», посвященной проблемам металлургической
науки и промышленности и памяти известного ученого-металлурга,
члена-корреспондента Академии наук РК,
лауреата Государственной премии Республики Казахстан
Булата Балтакаевича Бейсембаева**

PROCEEDINGS

**of International scientific and practical conference
“The Effective Technologies of Non-Ferrous,
Rare and Precious Metals Manufacturing” devoted to the metallurgy
science and industry concerns and in memory of well-known scientist
of metallurgy, Associate Member of the National Academy
of Sciences of Kazakhstan, the honoree of the State Prize of the
Republic of Kazakhstan Bulat Baltakayevich Beisembayev**

Алматы 2018

УДК 669
ББК 34.3
Э94

Ответственный редактор: д.т.н., проф. Кенжалиев Б.К.

Жауапты редактор: т.ғ.д., проф. Кенжалиев Б.К.

Редакционный совет: д.т.н., проф. Кенжалиев Б.К., д.т.н., проф. Загородняя А.Н., д.т.н. Квятковский С.А., к.т.н. Кульдеев Е.И., к.х.н. Темирова С.С., PhD Касымова Г.К.

Редакциялық алқа: т.ғ.д., проф. Кенжалиев Б.К., т.ғ.д., проф. Загородняя А.Н., т.ғ.д. Квятковский С.А., т.ғ.к. Көлдеев Е.И., х.ғ.к. Темирова С.С., PhD Касымова Г.К.

«Эффективные технологии производства цветных, редких и благородных металлов»: Материалы Межд. научно-практ. конф. / Сост.: к.х.н. Темирова С.С., к.т.н. Кульдеев Е.И., Садыкова Т.С. – Алматы, 2018. – 440 с.

«Түсті, сирек және асыл металдарды өндірудің тиімді технологиялары»: Халықар. ғыл. практ. конф. материалдары / Құраст.: х.ғ.к. Темирова С.С., т.ғ.к. Көлдеев Е.И., Садыкова Т.С. – Алматы, 2018. – 440 б.

ISBN 978-601-323-132-7

В Материалах конференции «Эффективные технологии производства цветных, редких и благородных металлов» представлены результаты фундаментальных и прикладных исследований в области металлургии цветных, редких и благородных металлов, обогащения минерального и техногенного сырья, получения высокочистых металлов и перспективных материалов, а также разработки новых и усовершенствования существующих технологических схем, процессов и аппаратов.

Материалы конференции предназначены для ученых и специалистов, работающих в области переработки минерального сырья и материаловедения.

«Түсті, сирек және асыл металдарды өндірудің тиімді технологиялары» атты конференцияның материалдарында түсті, сирек және асыл металдар металлургиясы, минералдық және техногенді шикізаттарды байыту, тазалығы жоғары металдар мен келешегі зор материалдарды алу, сонымен қатар жаңа технологиялық схемаларды, үрдістерді және аппараттарды жасап шығару және олардың бұрыннан келе жатқан түрлерін жетілдіру салаларындағы іргелі және қолданбалы зерттеулердің нәтижелері келтірілген.

Конференция материалдары материалтану және минералды шикізаттарды өңдеу саласында жұмыс жасайтын ғалымдар мен мамандарға арналған.

УДК 669
ББК 34.3

ISBN 978-601-323-132-7

© АО «ИМиО», 2018

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОЦЕССА СОКРАТИТЕЛЬНОЙ ПИРОМЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ СЕЛЕКЦИИ УПОРНОГО СЫРЬЯ ЗОЛОТА

<https://doi.org/10.31643/2018-7.12>

***Кожаметов С.М.¹, Квятковский С.А.^{1,2}, Омарова Н.С.³, Семенова А.С.¹**
ORCID: 0000-0002-6955-4381 0000-0002-9686-8642 0000-0003-4054-8268

¹АО «Институт металлургии и обогащения», г. Алматы, Казахстан, *entc-sultan@mail.ru;

²НАО «Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева», г. Алматы, Казахстан;

³ТОО «Алтынай», г. Алматы, Казахстан

Аннотация. На основании критического анализа существующих технологий производства золота в докладе обоснована возможность эффективного использования высокотемпературного процесса сократительной пирометаллургической селекции (СПС-процесса) особо упорных видов золотосодержащего сырья. СПС-процесс исследован и испытан в лабораторном, опытно-заводском и промышленном масштабах применительно к различным по составу упорным коренным рудам и концентратам золота. При этом экспериментально показана возможность высоких извлечений золота из упорных коренных руд (96-99 %) и концентратов золота различных месторождений (95- 98 %) в золотосодержащие штейны, выход которых составит от 5 до 10 % от веса перерабатываемого сырья.

Руды большинства золото-углерод-мышьяковистых месторождений мира и Казахстана в настоящее время не перерабатываются, а отдельные предприятия, использующие стандартные технологии для извлечения золота из подобных упорных материалов допускают большие потери металлов с хвостами обогащения упорных руд и выщелачивания золотосодержащих продуктов цианистыми растворами. По этой причине доля производства золота из упорного сырья в настоящее время не превышает 8 % от общего мирового объема его выпуска, тогда как более 50 % подтвержденных запасов этого металла в мире содержится в месторождениях упорных руд.

Как было отмечено в работе [1], указанные выше технологические проблемы в первую очередь связаны с природой особо упорных руд золота, содержащих золото тонкодисперсное, наноразмерное и особенно химически связанное в сульфидах и оксидах. Данные особенности относятся к коренным рудам золота первой степени упорности. Большинству особо упорного золотого сырья присуща вторая степень упорности, связанная с содержанием в них рудных углеродсодержащих веществ (РУВ). Такие месторождения золота, как правило, богатые (более 10 г/т золота), относятся к терригенно-углеродистой и вулканно-терригенно-углеродистой формациям, руды в них также отличаются высокими содержаниями вредных примесей (мышьяка, серы, ртути и др.) [2-3].

С учетом указанных сложнейших природных причин упорности к вскрытию золотосодержащих материалов и ограниченных технологических возможностей большинства традиционных промышленных способов производства благородных металлов, можно однозначно считать, что коренное решение проблемы эффективной переработки упорного и двойной упорности сырья золота, требует принципиально новых подходов и технологий.

Известно, что в настоящее время самое высокое сквозное извлечение благородных металлов имеет место на медных и свинцовых заводах (94-95 %), когда в условиях высокотемпературных жидкофазных процессов прямой плавки практически полностью исчезает отрицательное влияние всех причин упорности на степень извлечения золота. Однако на этих заводах технологически нецелесообразна совместная переработка

основного сырья и больших объемов коренных руд золота, содержащих в большинстве случаев значительное количество пустой породы, мышьяка и других вредных составляющих. Отсюда возникает необходимость предварительной сократительной плавки упорного сырья золота (СПС-процесс).

Физико-химические основы, технологические особенности СПС-процесса, а также результаты испытаний новой технологии применительно к большому количеству трудновскрываемых коренных руд золота нами рассмотрены в работах [4-6]. В работах [7,8] приведены результаты прямой плавки упорных концентратов золота с получением золотосодержащих штейнов в опытном и промышленном масштабах.

Основными физико-химическими особенностями процессов, протекающих в условиях СПС-процесса, являются:

- термические превращения сложных золотосодержащих сульфидов (пиритов, арсенопиритов и медьсодержащих сульфидов) и флюсовых материалов;
- процессы шлако- и штейнообразования с формированием оксидных и сульфидных фаз;
- процессы полного перевода в газовую фазу летучих компонентов золотосодержащей шихты (мышьяка, серы, углерода и др.);
- завершающий физико-химический процесс разделения штейно-шлаковых расплавов с выводом штейновых золотосодержащих расплавов.

Использование высоких температур и жидкофазных процессов плавки в условиях СПС-процесса дает возможность практически полного вскрытия упорных руд золота независимо от самых сложных типов упорности при их переработке. При этом технологические особенности этого процесса связаны с одновременным и эффективным осуществлением следующих четырех технологических операций: полного удаления всей пустой породы упорных руд в виде шлаковых расплавов; полного перевода в газовую фазу и нейтрализации мышьяка и других вредных примесей; полного сгорания всех видов рудных углеродсодержащих веществ и практически полного перевода всех благородных металлов в штейны с извлечением 95-99 %, выход которых составит от 5 до 10 % от веса перерабатываемых коренных руд золота.

Таким образом, разрабатываемая технология обеспечивает десяти-, двадцатикратное сокращение объемов перерабатываемых упорных руд золота в голове технологического процесса.

Лабораторные исследования. В течение последнего десятилетия в лабораторных условиях были проведены детальные исследования процесса прямой плавки упорных коренных руд золота месторождений Южного, Центрального и Восточного Казахстана способом СПС-процесса.

В таблице 1 приведены химические составы коренных руд и концентратов золота, данные по содержанию золота в отвальных шлаках и его извлечению в золотосодержащие штейны. Как видно из представленных показателей, исследованные упорные коренные руды в основном были окисленными, поэтому для формирования сульфидных расплавов к таким рудам добавлялся в качестве сернистого флюса пирит, а в отдельных случаях – сульфидный медный концентрат. В случае опытных плавки сульфидных коренных руд золота (Келиншектау, Верхне-Кумистинское) штейны формировались за счет сернистых соединений железа руд, а для шлакообразования к рудам подшихтовывались 5-10 % СаО.

Таблица 1 - Химические составы испытанных в 2003-2017 гг. в лабораторных, опытно-заводских и промышленных условиях методом СПС-процесса упорных и двойной упорности коренных руд и концентратов золота Казахстана, содержание золота в отвальных шлаках и извлечение его в штейны

Наименование месторождения	Содержание										Содержание Au в шлаках, г/т	Извлечение Au в штейн, %
	г/т		%									
	Au	Ag	Cu	Fe	S	As	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	MgO		
<i>Коренные руды</i>												
Южный Казахстан, ГРК ТОО «Терискей»												
Жолбарысты	6,9	71,7	0,240	13,70	13,1	0,25	58,80	0,54	4,60	1,18	0,1-0,3	95-98
Шован	7,4	330	0,290	13,89	1,5	0,22	33,90	11,80	4,90	7,70		
Келиншектау	4,8	211	0,720	23,80	25,6	0,40	24,60	5,47	<0,10	4,30		
Нижне-Кумистинское	1,7	2,5	0,015	6,90	0,3	0,01	64,50	3,20	14,16	0,79		
Верхне-Кумистинское	1,4-2,5	2,3-5,2	1,430	6,50	12,5	<0,01	60,40	1,57	20,34	0,60		
Центральный и Северный Казахстан, ТОО «Маятас», АО «Казахалтын»												
Саяк-4	3,9	1,22	0,013	3,95	1,00	3,400	37,7	23,30	4,8	0,70	<0,1	97-98
Маятас	7,1	3,23	0,024	16,70	0,14	0,500	76,5	0,10	4,7	0,14	0,4-0,6	94-98
Жолымбет	2,2	3,00	0,008	8,14	1,01	0,020	55,2	4,10	12,6	4,50	0,08-0,28	96-98
Бестюбе	4,4	1,66	0,006	5,18	1,41	0,270	53,3	4,60	15,3	2,40	0,1	98-99
Аксу	6,5	1,08	0,050	5,92	1,41	0,012	52,4	6,04	15,7	-	0,1	97-99
Восточный Казахстан, Бакырчикское горнодобывающее предприятие												
Бакырчик (1)	5,5	0,80	-	3,45	1,45	1,00	68,2	0,95	11,5	4,03	0,1-0,16	96,98
Бакырчик (2)	12,0	1,10	-	9,50	7,90	2,05	51,6	2,20	11,2	-	<0,20	98-99
<i>Концентраты</i>												
Бакырчикский коллективный к-т	44,2	1,9	0,04	10,10	7,97	5,10	36,30	1,60	13,10	1,20	0,5-0,05	98,58
Бакырчикский гравиконоцентрат	87,0	-	-	27,60	18,82	11,52	25,60	3,64	6,11	-	следы	95,2-99,0
Бакырчикский флотоконцентрат	25,0	-	-	11,74	10,07	2,40	39,18	3,84	12,23	-	0,64-0,84	99,48-99,55
Концентрат Саяк IV	50,0	46,0	0,058	13,79	6,77	16,20	24,60	12,90	3,06	-	0,1-0,5	98,4-98,6
Бестюбинский флотоконцентрат	91,5	18,5	0,100	19,98	16,95	9,20	27,6	2,74	9,10	1,77	0,15-0,17	98,4-98,6
Акбайский флотоконцентрат	64,0	24,0	0,100	12,45	8,35	2,70	43,78	7,17	10,50	2,72	0,6-0,7	98,9

Таким образом, лабораторные исследования СПС-процесса плавки различных по химическому и фазовому составам упорных коренных руд золота показали принципиальную возможность получения высоких извлечений золота и серебра в штейны и отвальных шлаков, содержащих в основном 0,1-0,3 г/т золота. Такое низкое содержание золота в отвальных шлаках обеспечивало высокое извлечение этого металла в штейны (95-99 %), а в случае СПС-плавки руд с высоким содержанием в них серебра его извлечение в штейны составляло 94-96 %.

Опытно-заводские испытания.

Технология СПС-процесса прошла полужаводские испытания в ГРК ТОО «Терискей» на электропечи мощностью 200 кВА и опытные испытания на пилотных электротермических печах лаборатории укрупненных установок ИМиО и Химическо-металлургического института им. Ж. Абишева. В ходе этих испытаний в качестве исходных упорных золотосодержащих материалов были использованы ряд упорных руд и концентратов золота, полученные на золотодобывающих предприятиях Казахстана (таблица 1).

Не останавливаясь на подробных показателях вышеуказанных опытных испытаний, ниже представлены содержания металлов в штейнах и шлаках плавок двух типов упорных коренных руд золота. Так, в случае испытаний СПС-процесса плавки коренных руд золота ГРК ТОО «Терискей» были получены шлаки, содержащие <0,05-0,5 г/т золота, <0,01-0,07 % меди и штейны, содержащие 34,5-40,0 г/т золота, 4,0-6,8 % меди и 36,90-45,68 % железа.

Содержания золота и серебра в продуктах плавок шихты на основе упорной руды месторождения Бакырчик колебались в пределах, г/т: в шлаках: 0,10-0,16 Au, 0,69-1,38 Ag; в штейнах: 36,20-42,06 Au, 189,28-235,70 Ag.

При опытных электроплавках концентратов золота содержания этого металла в отвальных шлаках находились в пределах 0,1-0,84 г/т, что соответствовало извлечениям его в штейны 95,2-99,0 % (таблица 1).

В целом, основные технологические показатели по составам продуктов опытных испытаний восстановительной электроплавки различных концентратов золота, а также полученные при этом высокие извлечения благородных металлов в штейны свидетельствуют о высокой эффективности процесса пирометаллургической селекции упорного сырья. При этом для извлечения золота и других металлов, полученные золотосодержащие штейны наиболее целесообразно направлять на процесс конвертирования медных штейнов медеплавильных заводов с извлечением металлов по существующей технологии. При отсутствии такой возможности для извлечения золота из штейнов могут быть использованы стандартные технологии.

Опытно-промышленные испытания

В 2003 г. на Акбакайском горно-металлургическом комбинате (АГМК) АО «Алтыналмас» был построен опытно-промышленный комплекс производительностью 8 тыс. т флотационных золотомышьяковых концентратов в год. Комплекс включал участок подготовки, сушки и грануляции шихты, электропечь, печь кипящего слоя, системы подачи шихты и очистки отходящих запыленных газов, участок по производству катодного золота. Плавки в электропечи прямоугольного сечения с рабочей площадью 7 м² проводились при напряжении на электродах 170-190 В, нагрузке тока 1000-1300 А и температуре шлака 1300-1400 °С.

В течение марта 2003 г. проводили промышленные испытания по переработке акбакайских флотационных золотомышьяковых концентратов (таблица 1) с использованием в качестве кальций- и железосодержащих флюсов дефеката сахарного производства (78,6 % CaCO₃, 7,20 % SiO₂, 10,20 % органики) и хвостов цианирования (68-70 % Fe, 13-20 г/т Au, 10-15 г/т Ag), полученных после обработки огарков процесса обжига золотосодержащих штейнов цианидным раствором [8].

В ходе испытаний проплавлено 894,19 т шихты в виде окатышей, среднего состава, мас. %: 25,55 г/т золота, 20,5 г/т серебра, 13,68 железа, 1,06 мышьяка, 6,10 серы, 4,69 оксида алюминия, 15,17 оксида кальция, 23,98 диоксида кремния. Получено 135,65 т металлизированного штейна, 494,4 т отвального шлака, 20,22 т грубых пылей пылевой камеры, 2,53 т тонких пылей циклонов и 20,0 тонких пылей мокрого скруббера. При этом грубые пыли пылевой камеры возвращали в шихту электроплавки, а тонкие пыли циклонов и мокрого скруббера выводили из технологического цикла с получением малотоксичного сульфида мышьяка для захоронения. Составы полученных продуктов плавки приведены в таблице 2. Удельный расход электроэнергии при промышленных испытаниях составил 440 кВт·ч на тонну перерабатываемой шихты.

Таблица 2 – Химический состав продуктов опытно-промышленных испытаний восстановительной электроплавки золотомышьяковых концентратов АГМК и распределение благородных металлов по продуктам плавки

Продукт	Содержание									Извлечение, %	
	г/т		%							Au	Ag
	Au	Ag	Cu	Fe	S	As	SiO ₂	CaO	Al ₂ O ₃		
Металлизированный штейн	164,76	131,51	1,12	55,3	29,70	0,6	-	-	-	97,81	97,34
Отвальный шлак	0,20	0,24	0,15	8,85	0,44	0,03	42,49	26,23	8,19	0,43	0,66
Грубая пыль пылевой камеры	19,80	17,80	-	14,96	5,21	0,78	15,28	15,98	4,08	1,75	1,96
Тонкая пыль циклонов	0,80	2,70	-	4,25	4,54	26,0	4,22	0,91	1,53	0,001	0,04
Тонкая пыль мокрого скруббера	-	-	-	2,15	27,20	38,50	7,5	12,5	3,0	-	-

Согласно разработанной технологии охлажденный штейн измельчали до крупности 1 мм и подавали в печь кипящего слоя. Температуру обжига поддерживали в пределах 650-700 °С. Полученный огарок с содержанием серы менее 1 % обрабатывали слабым раствором гидроксида натрия для удаления образующихся при обжиге арсенатов и антимонатов железа, а также мышьяксодержащих соединений. Затем огарок после измельчения до крупности 0,038 мм (96 %) с полученными обжиговыми пылями выщелачивали раствором цианида натрия концентрацией 0,5-1,2 г/л в течение 40-45 ч при pH 9,5-10,5. При этом извлечено в золотосодержащий раствор 90,2 % золота и 80,5 % серебра.

После фильтрации раствора хвосты цианирования возвращали в шихту, так как они в среднем содержали 13,1 г/т золота и 22,8 г/т серебра. При электролизе золотосодержащего раствора в катоды извлечено 97-98 % золота, за период испытаний получено 135 кг катодного золота.

По освоённой технологии достигается высокое извлечение благородных металлов (97-98 %) в конечный продукт – катодное золото, комплексность использования перерабатываемого сырья и вывод мышьяка в малотоксичной сульфидной форме на захоронение с соблюдением требований охраны окружающей среды.

В целом, выполненные исследования и испытания СПС-процесса в лабораторном, опытном и промышленном масштабах показали высокую эффективность новой технологии применительно к упорным и двойной упорности рудам и концентратам золота с повышением сквозного извлечения этого металла в товарную продукцию на 10-15 % по сравнению с подобными показателями золотодобывающих предприятий. При

этом наиболее целесообразно применение данной технологии для прямой плавки особо упорных углисто-мышьяковистых коренных руд золота, минуя процессы их обогащения.

ЛИТЕРАТУРА

1 Захаров Б.А., Меретуков М.А. Золото: упорные руды. – М.: ИД «Руда и металлы», 2013. – 452 с.

2 Нарсеев В.А., Гостев Ю.В., Захаров А.В., Козлянников Д.М., Матвиенко В.Н., Фаворов В.А., Франковская Н.М., Шиганов А.А. Бакырчик (геология, геохимия, оруденение). – М.: ЦНИГРИ, 2001. – 174 с.

3 Марченко Л.Г. Микро-наноминералогия золота и платиноидов в черных сланцах. – Алматы: Интерпресс, 2010. – 146 с.

4 Кожухметов С.М. Новые эффективные процессы в пирометаллургии меди, никеля и золота. Избранные труды. - Алматы, 2015. – 406 с.

5 Квятковский С.А., Кожухметов С.М., Оспанов Е.А., Семенова А.С. Пирометаллургическое вскрытие упорных углисто-мышьяковистых коренных руд золота с извлечением благородных металлов в штейны // Цветные металлы. – № 9. – С.53-58. <http://dx.doi.org/10.17580/tsm.2017.09.08>

6 Kozhakhmetov S.M., Kvyatkovskiy S.A. Reducing Pyrometallurgical Selection of Particularly Refractory Ledge Gold Ore // Eurasian Chemico-Technological Journal. – 2017. - № 1. – P. 71-80.

7 Омаров С.И., Кожухметов С.М., Омарова Н.С., Ниталина В.А., Омарова А.С. Электроплавка на металлизированный штейн как способ извлечения благородных металлов из упорных золото-мышьяковистых концентратов // Цветные металлы. – 2004. - № 4. – С. 49-51.

8 Лерман Б.Д., Омарова Н.С. Промышленные испытания восстановительной электроплавки золотомышьяковых концентратов Акбакайского ГОКа // Горный журнал Казахстана. – 2008. - № 3. – С. 33-35.

PHYSICO-CHEMICAL AND TECHNOLOGICAL SPECIALITIES OF THE PROCESS OF REDUCING PYROMETALLURGICAL SELECTION OF REFRACTORY GOLD RAW MATERIALS

*Kozhakhmetov S.M.¹, Kvyatkovskiy S.A.^{1,2}, Omarova N.S.³, Semenova A.S.¹
ORCID: 0000-0002-6955-4381 0000-0002-9686-8642 0000-0003-4054-8268

¹“Institute of Metallurgy and Beneficiation” JSC, Almaty, Kazakhstan, *entc-sultan@mail.ru;

²“Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev” NJSC,
Almaty, Kazakhstan;

³“Altynai” LLP, Almaty, Kazakhstan

Abstract. *Based on a critical analysis of existing gold production technologies, the report substantiates the possibility of effective use of high-temperature process of pyrometallurgical selection (RPS-process) of particularly ref types of gold-bearing raw materials. The RPS-process was studied and tested in laboratory, pilot plant and industrial scale in relation to various in the form of refractory ores and gold concentrates. In this experiment, was shown experimentally that high gold extraction from refractory ores (96-99 %) and gold concentrates from various deposits (95-98 %) into gold-containing mattes, with output from 5 to 10 % of the weight of the processed raw materials.*