

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО ЗАКРЫТОГО ТИПА

РОСВТОРДРАГМЕТ

Обзорная информация
Проблемы переработки "электронного" лома,
содержащего драгоценные металлы

ВЫПУСК 2

Москва - 1995

Переработка электронного лома в России и за рубежом

СОСТАВИТЕЛЬ: канд. техн. наук Завельева О. В.

СОГЛАСОВАНО: Президент Росвтордрагмета
докт. хим. наук, чл. - корр. РАН
Карпов Ю. А.

Председатель экспертного
совета Росвтордрагмета
докт. техн. наук, профессор
Орлов А. М.

Аннотация

Настоящий сборник представляет собой продолжение выпусков аналитических обзоров, осуществляемых Росвтордрагметом. Парадоксально, но увеличение масштабов работ по сбору и переработке вторичного сырья, содержащего драгоценные металлы, повышение государственной значимости этой работы сопровождается чрезвычайно низким уровнем информации о состоянии дел в этой области, о правовых и организационных проблемах, о технической политике государства. Все это существенно снижает эффективность и масштабы работ по извлечению ценных компонентов из вторичного сырья. Поэтому АО Росвтордрагмет начало систематический выпуск обзоров научно-технической и патентной литературы по технологии, сертификации и правовому обеспечению работ, направленных на извлечение и сдачу в Госфонд России вторичных драгоценных металлов. Первый выпуск был посвящен проблемам переработки "электронного" лома - отходов и лома электронной и электротехнической промышленности. Второй выпуск продолжает освещение этой тематики.

Содержание

1. Введение.....	5
2. Новые методы извлечения ценных компонентов из электронного лома.....	8
3. Деятельность зарубежных фирм - переработчиков электронного лома.....	30
4. Заключение.....	63
5. Список используемой литературы.....	64

Введение

В настоящее время среди различных источников вторичного сырья, содержащего благородные металлы, важную роль играют отходы электроники, электротехники, химической, автомобильной промышленности и др. Например, электроника потребляет около 15 % платины, 49 % палладия, 58 % рутения и другие благородные металлы.

В 1991-1993 гг. мировое производство золота из вторичного сырья увеличилось с 355 т до 365 т, платины с 14 т до 16 т, а производство серебра практически не изменилось и составило 3,4 - 3,5 тыс. т.

Получение металлов из вторичного сырья - оптимальный путь решения многих проблем, в том числе связанных с охраной окружающей среды. За последние годы за рубежом достигнуты существенные успехи в разработке новых технологий регенерации благородных металлов из скрапа пирро- и гидрометаллургическими способами. Поэтому большой интерес представляет деятельность ведущих зарубежных фирм по переработке вторичного сырья, содержащего благородные металлы.

В определенной степени технический уровень переработки вторичного сырья, содержащего благородные металлы, а также полнота его учета и сбора связаны с проблемой классификации этого сырья. Состав отходов, в частности, лом электронной и электротехнической промышленности, очень разнообразен и резко колеблется, вследствие чего классификация такого лома связана с большими трудностями. Наряду с благородными металлами (золотом, серебром, платиной, палладием, родием, рутением, иридием, осмием) и многими цветными металлами и сплавами в нем присутствуют включения стали, чугуна, алюминия и неметаллические составляющие (керамика, резина, стекло, пластик, гетенакс и др.). Благородные металлы могут содержаться в таком материале в виде плакировки, припоя, гальванических покрытий, а сам основной материал может быть металлическим или неметаллическим.

В настоящее время в России и за рубежом не существует единой классификации вторичного сырья, содержащего благородные металлы. Оно может разделяться по следующим признакам [1]:

I. По содержанию благородных металлов.

1. Бедное (менее 1 % золота, 5 % серебра и 2 % металлов платиновой группы).
2. Богатое (более 1 % золота, 5 % серебра и 2 % металлов платиновой группы).

Или:

а) бедное, с содержанием суммы благородных металлов до 10 %.

Сюда относят, в основном, материалы с неметаллическими носителями, например, футеровки печей для производства стекла или материалы с металлическими носителями, например, контакты, плакированные материалы, отходы обработки изделий из благородных металлов и их сплавов и др. ;

б) богатое, с содержанием суммы благородных металлов более 10 %.

К нему относятся концентраты и золы, образующиеся как промежуточные продукты при переработке отходов; металлические остатки, образующиеся, например, при производстве электрических контактов; шламы, образующиеся в процессе электролиза и др.

II. По составу материала основы.

1. На металлической основе.
2. На органической (пластиковой) основе.
3. На керамической основе.
4. На комбинированной основе.

Этого принципа классификации придерживаются многие зарубежные фирмы, например, "Heraeus".

Или:

а) вторичное сырье на неметаллической основе;

б) отходы химической промышленности (керамическая основа);

в) покрытие из благородных металлов на носителях из цветных металлов;

г) тонкие покрытия из благородных металлов на носителях из черных металлов (сталь, чугун и др.).

III. По физическим признакам.

1. Твердые компактные отходы.
2. Сыпучие (порошки).
3. Жидкие.

IV. В зависимости от места образования.

1. В ювелирной промышленности.
2. В химической промышленности.
3. В электронной, электротехнической, оборонной и радио-промышленностях (радиолампы, разъёмы, контакты, контактные устройства, платы на органической основе, микросхемы, радиодетали, кабели и провода, лента, высечка, вырубка, аккумуляторы, элементы питания и прочие отходы).
4. Бытовые отходы (лом бытовой радиоэлектронной аппаратуры, бытовой стеклянный и фарфоровый бой, лом ювелирных украшений и т. д.).

Кроме того, отходы можно классифицировать по элементному составу и другим признакам. При этом электронный лом отличается особым многообразием состава и других физико-химических характеристик. Например, современный компьютерный лом содержит несколько десятков видов деталей, содержащих благородные металлы.

Миниатюризация компьютеров благодаря использованию интегральных микросхем, созданных в основном на основе диоксида кремния с золотым покрытием, приводит к существенному снижению содержания благородных металлов в скрапе до (155,5 - 466,5) г золота/т вместо (466,5 - 1555) г золота/т.

Обычно, на переработку поступает скрап различного состава, включая полимерные материалы (30 % масс.), тугоплавкие металлы (30 % масс.), керамические материалы и остальные металлы (40%масс.), в том числе и благородные. Таким образом, электронный лом имеет такое низкое содержание благородных металлов, что его переработка только с целью выделения благородных металлов неэффективна. Вместе с тем целесообразна и экономически оправдана комплексная переработка скрапа, которая позволяет расширить ассортимент выпускаемой продукции. Поэтому некоторые компании специализируются на переработке пластиковой "фракции" или алюминиевых корпусов компьютеров или стальных изделий с покрытием и т. д.

Новые методы извлечения ценных компонентов из электронного лома.

Сложность и многообразие состава электронного лома определяет необходимость использования самых разнообразных методов переработки и гибких технологических схем.

Так фирма "Boliden" (Швеция) успешно применяет процесс Кальдо. Отличительной особенностью его является проведение плавки в две стадии. На первой стадии происходит образование серебряного сплава (сплав Доре) и шлака. Затем добавляют коксовую мелочь и содержание серебра в шлаке снижается до 0,4 %. Образующийся при плавке селен улавливается в газоочистительных установках.

Золото и серебро достаточно эффективно можно извлекать при рафинировочной плавке меди с последующим электролизом полученного продукта. Высокое извлечение золота, серебра и палладия обеспечивает плавка в электродуговых печах (в качестве коллектора используется медь). Однако, эти процессы являются энергоемкими и продолжительными.

Эффективным способом извлечения золота является метод хлорирования, применяемый фирмами "Sabin Metal. Corp." (США), "Gerald Group" (США), "Rand Refinery Ltd" (ЮАР) и др. [2].

Для извлечения благородных металлов из различных видов электронного лома могут быть использованы следующие гидрометаллургические методы:

- выщелачивание сплавов золото-никель раствором серной кислоты в присутствии пероксида водорода при 50-80° С с последующей обработкой остатка сульфитом натрия;

- обработка лома с переводом золота в растворимые комплексные соединения. Способ применяется для замены цианидного процесса;

- извлечение золота, серебра и платины из паст при выщелачивании раствором, содержащим хлорид и сульфат аммония и пероксид водорода;

- выщелачивание драгоценных металлов из лома раствором азотной кислоты с последующей обработкой серной кислотой или цианидным раствором (в зависимости от содержания компонентов лома);

- извлечение золота из пленок обработкой покрытий серной кислотой, а затем цианидным раствором. Чистота полученного золота составляет более 95 %;

-обработка лома, содержащего золото и серебро, раствором гидроксида натрия с последующей сульфатизацией остатка;

-выщелачивание обогащенных золотом, платиной и палладием продуктов (лом предварительно разделен на фракции) азотной и серной кислотой под давлением;

-обработка золотосодержащих материалов щелочным раствором, содержащим нитробензол;

-извлечение серебра в виде хлорида и оксида из лома с повышенным содержанием меди с помощью раствора хлорида железа (III) в присутствии хлороводородной кислоты при температуре 80° С;

-выщелачивание золота, серебра и палладия из припоев на основе сплава олово-свинец кремнефтористоводородной кислотой с последующей жидкостной экстракцией;

-экстракция благородных металлов.

После проведения химических процессов, как правило, проводят электролиз в растворах и расплавах. В первом случае благородные металлы обычно концентрируются в анодном шламе, который затем перерабатывают пирометаллургическими или электролитическими методами. Во втором - благородные металлы извлекают из анодного продукта, полученного при электролизе цветного металла, например, алюминия.

Наряду с традиционными методами в последние годы разработаны новые методы переработки электронного скрапа.

Фирма "Albert Funk" (Германия) предложила проводить электролиз в барабане при 200-250 А в растворе, содержащем 200 г/л КJ и 0,5 М KOH, при температуре 20-50° С. Переработка 4 кг лома в течение 10 ч обеспечивает извлечение 96 % золота и 97 % палладия [3].

Фирмой "Central Institute of Solid Physics and Materials Research" совместно с комбинатом "Wilhelm Pick" и "Research Institute of Non-Ferrous Metals" (Германия) разработана и успешно прошла полупромышленные испытания технологическая схема переработки электронного лома, содержащего серебро, золото, палладий и рутений с последующим извлечением рутения из рутенийсодержащего концентрата [4]. При этом сохраняется и может быть повторно использована керамическая основа (рис. 1,2).

Для удаления органических компонентов предварительно проводят термообработку лома при температуре более 400° С.

Выщелачивание серебра и палладия осуществляют 5-9 М раствором азотной кислоты, при температуре 20° С, а золота - методом гидрохлорирования. Эти методы позволяют успешно извлекать благородные металлы из резисторных паст. В обоих случаях остатки обогащены рутением, который получают пирометаллургическим способом.

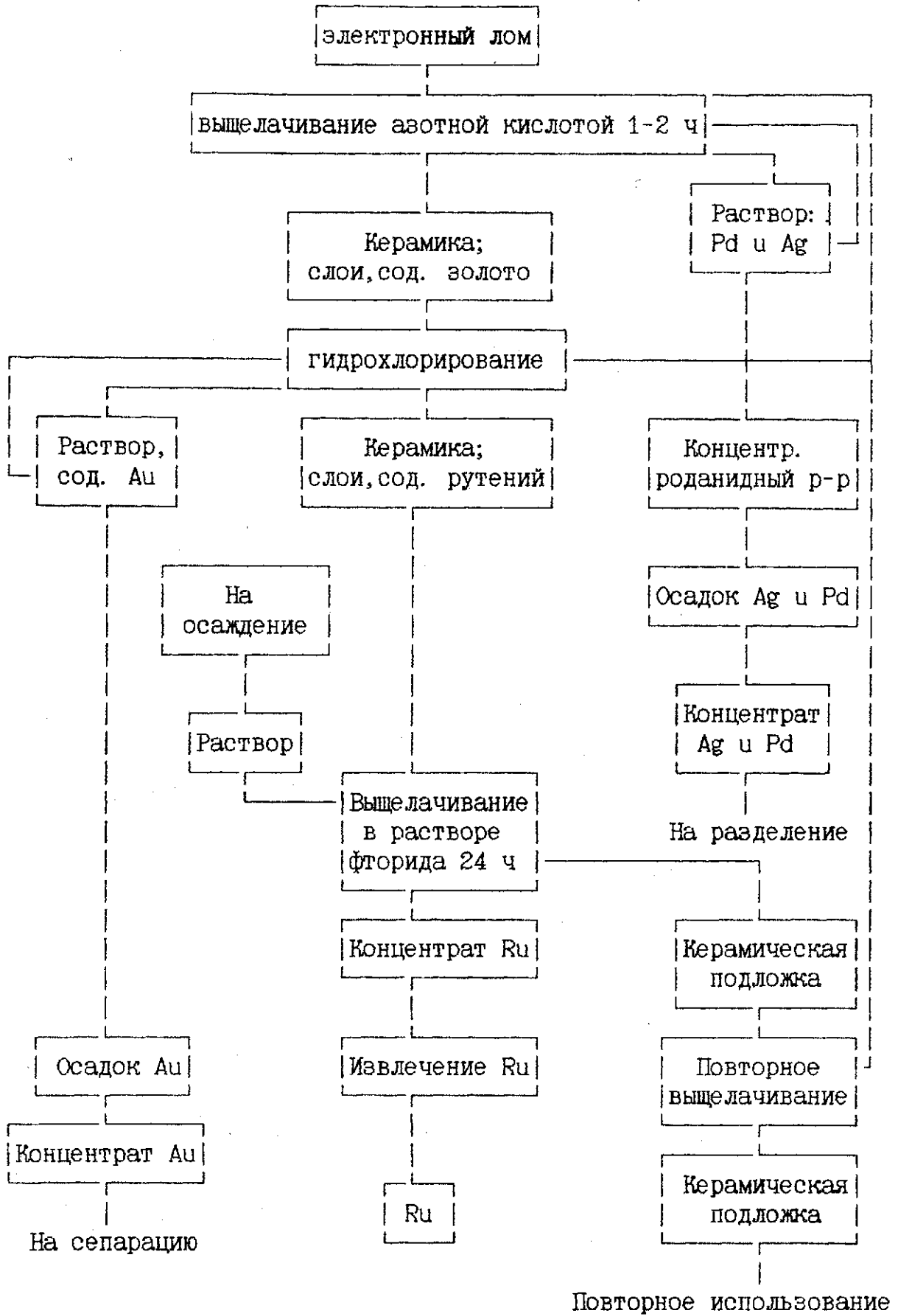


Рис. 1. Принципиальная схема переработки электронного лома

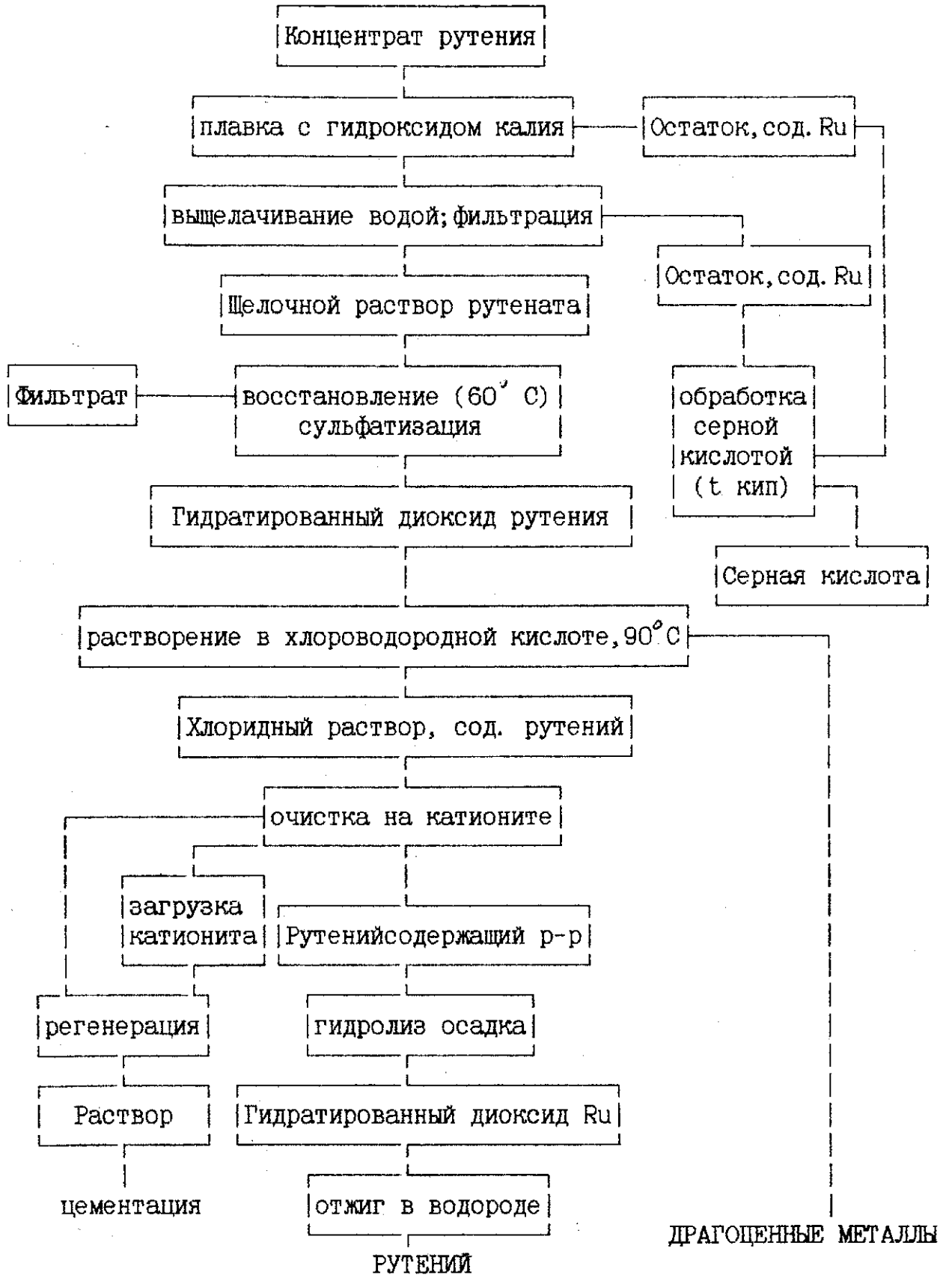


Рис. 2. Схема извлечения рутения из рутенийсодержащего концентрата.

Переработку электронного лома на керамической основе проводят, растворяя серебро и палладий указанным выше методом. Эффективное выщелачивание золота осуществляют 1-6 М раствором соляной кислоты в присутствии перманганата калия при соотношении Т: Ж=2:1 и перемешивании (1,5-2 ч).

Стеклянные оболочки резисторов препятствуют растворению металлов. Их удаляют растворами 0,5 М фтористоводородной кислоты, 10-12 М фторида или бифторида аммония. Обычно эта операция повторяется несколько раз. Такая обработка позволяет повторно использовать керамическую основу. Во фторидных растворах благородные металлы не обнаружены.

После выщелачивания азотнокислый раствор содержит, (г/л): 20-30 Ag, 5-15 Pd, <0,005 Ru и Pb, Bi и Zn; солянокислый раствор 1-5 Au, <0,01 Ag, <0,02 Pd, <0,001 Ru; рутенийсодержащий осадок (мас. %): 5-7 Ru, 0,2-1 Ag, <0,002 Pd, 7-10 Bi, Pb, остальное - Al O .

В опытном производстве перерабатывают 4 кг электронного лома (одна загрузка), расход кислоты составляет 1,5 л, продолжительность процесса 1,5-2 ч, температура 20°С, скорость перемешивания 209 1/мин. Обработку керамики проводят 1,5-10 М раствором фторида аммония в течение 18-20 ч при 20°С. Остаток содержит рутений и керамическую основу. Золото из растворов извлекают диоксидом серы; возможно использование сульфата железа (II) или муравьиной кислоты. Серебро и палладий получают обработкой азотнокислого раствора смесью роданида и гексацианоферрата калия. Эти методы обеспечивают высокое извлечение благородных металлов; раствор содержит, (мг/л): 1-2 Ag, 4-6 Pd. Использование цветных металлов позволяет практически полностью очистить растворы от добавляемых реагентов (в виде малорастворимых соединений); образующуюся азотную кислоту направляют на стадию выщелачивания.

При извлечении рутения из концентрата хлорированием в расплаве хлорида натрия не получено удовлетворительных результатов в связи с высоким содержанием корунда. Более эффективно сплавление концентрата со смесью пероксида (1 часть) и гидроксида калия при 500°С (2 части) или гидроксидом калия при 700°С (2 ч) (рис. 2).

Для удаления щелочи и примесей, поступающих из материала тигля, плавы обрабатывают раствором серной кислоты (2 М). Затем возможно 2 варианта.

Первый включает растворение рутената (VI) калия, окисление (барботажа хлора через щелочной раствор) до тетраоксида рутения и последующую его отгонку. Второй - растворение плавы в хлористоводородной кислоте в присутствии восстановительных агентов (этанол, муравьиная или щавелевая кислоты, алюминий, гидразин гидрат, гипофосфиты). При этом в растворе практически не содержится рутений (1 мг/л). Дальнейшую обработку осадка осуществляют горячей водой, гидроксидом натрия или сильными кислотами (1-5 М HClO_4 или H_2SO_4), не образующими комплексов с рутением. Полученный осадок легко растворяется в горячей хлористоводородной кислоте (6 М). Содержание примесей калия, натрия, алюминия, железа, никеля существенно снижается. Кроме того, присутствие сильных восстановительных агентов в гидроксидных растворах исключает дальнейший переход драгоценных металлов в раствор при обработке хлористоводородной кислотой. Данные по изменению концентрации благородных металлов на различных стадиях технологического процесса приведены в табл. 1.

Очистка раствора с помощью ионного обмена (Wofate KSP или KS11) существенно снижает содержание примесей (% отношение к содержанию рутения): 0,004 Pb, 0,00045 Ag и др.

При извлечении рутения из рутенийсодержащих растворов с помощью хлорида аммония в присутствии хлороводородной кислоты и окислителей (пероксид водорода или хлорат натрия) не получено положительных результатов в связи с сильным влиянием условий осаждения на выход конечного продукта, что связано, вероятно, с образованием комплексных ионов $[\text{Ru}_2\text{OCl}_{10}]^{4-}$.

Более эффективно осаждение диоксида рутения карбонатом аммония (при нагревании) и восстановление водородом при 600-700°С.

В табл. 2 приведены данные о содержании примесей в рутении, полученном различными методами.

Концентрация драгоценных металлов в растворах
(после осаждения и растворения диоксида рутения)

Раствор	Концентрация, мг/л		
	Ru	Ag	Pd
Щелочной раствор, содержащий рутенат	780	9,0	7,8
Раствор после растворения диоксида рутения в хлористоводородной кислоте	2070	< 1	< 1

Таблица 2

Содержание примесей в конечном продукте (рутении)

NN п/п	Содержание примесей, масс. %						
	Fe	Pb	Bi	Al	Na	Si	O
1	0,016-0,05	0,04-0,06	0,03	-	0,01	-	-
2	0,033	0,014	0,007	0,014	0,027	0,006	0,06
3	0,047	0,302	0,16	0,16	0,076	0,023	1,4
4	0,008	0,09	0,03	0,04	0,009	0,03	0,9

Примечание: 1 - дистилляция диоксида рутения;
 2-4 - осаждение гидратированного диоксида рутения и очистка методами ионного обмена;
 1-3 - очистка гидратированных осадков;
 4 - очистка гексахлоррутената аммония.

Таким образом, наиболее эффективным является получение рутения из предварительно осажденного гидратированного диоксида рутения и его последующая очистка методом ионного обмена (N 2, табл. 2). Полученный рутений может быть использован в электронной промышленности.

Институтом "ГИНАЛМАЗЗОЛОТО" проведено исследование по разработке технологии переработки отходов производства гибких печатных плат серебросодержащих суспензий [5].

В лабораторных условиях исследована двухстадийная технологическая схема переработки серебросодержащих суспензий, включающая практически экологически чистый процесс получения малотоксичного серебросодержащего концентрата и дистилляцию смеси органических растворителей. Смесь растворителей после дистилляции может быть повторно использована в технологическом цикле для изготовления печатных плат.

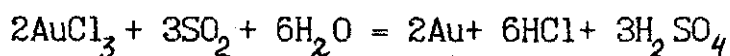
Известно, что разделение суспензий осуществляют фильтрованием, центрифугированием и сепарацией. Отмечается, что серебросодержащая суспензия имеет низкую фильтруемость. Кроме того, высокая пожаро- и взрывоопасность суспензии, летучесть ее компонентов, а также низкая химическая стойкость деталей фильтров в растворителях делают невозможным использование промышленных фильтров. В этом случае целесообразно применять осадительную центрифугу, в которой разделяют суспензии с содержанием твердой фазы менее 5 % и размером частиц 1-15 мкм.

Твердая фаза суспензии (4-5%) предстает собой серебро в виде чешуйчатого порошка с размером частиц 1-15 мкм, диспергированного в растворе, содержащем смесь модифицированной поливинилхлоридной смолы, органических растворителей (изоферон, циклогексанон, полипропиленкарбонат и тералин) и остатков диэлектриков, лаков, красок и т. п.

Жидкая фаза - это смесь органических растворителей (50 % ароматических углеводородов, бутилацетата, сольвента нафта). Показано, что время разделения суспензии соответствует 2 мин. (скорость вращения мешалки 3000 мин^{-1}). В осадке содержится 70 % по массе серебра. После дистилляции в остатке и дистилляте содержание серебра соответствует следовым количествам (0,01 мг/л).

Разработанная схема позволяет организовать безотходную технологию извлечения серебра, а предложенные конструктивные решения являются простыми и удобными для обслуживания.

Три технологические схемы переработки электронного лома предложены в работе [6] и запатентованы в Польше (пат. 142656, опубл. 30.07.88). Переработке подвергали отработанные печатные платы различных размеров (табл. 3), изготовленные на эпоксидном ламинате с позолоченными фрагментами. В основу предложенных технических решений положено травление плат смесью серной, соляной и азотной кислот при температуре 80-120°С, (рис. 3-5). Из раствора золото осаждают известными способами, например, сернистым ангидридом:



На рис. 4 показана схема извлечения золота из печатных плат радиоэлектроники, покрытых оловянным сплавом. Такие платы предварительно обрабатывают 16 % раствором азотной кислоты. Содержание золота в растворах травления составляет 0,15-0,72 г/л. Получаемый концентрат содержит 75-79 % масс. золота, что соответствует извлечению 98 %.

В патенте [7] предложен способ извлечения золота и никеля из лома электроники. Технологическая схема представлена на рис. 6. Детали электроники, например, транзисторы, растворяют в серной кислоте в присутствии перекиси водорода при температуре 323-353 К. Полученный раствор направляют на выделение никеля. Оставшуюся часть заливают царской водкой при Т:Ж=1:8 - 1:12 и обрабатывают в течение 0,5-5 ч, после чего смесь разбавляют водой в пропорции 1:2 или 1:3 и фильтруют. Из раствора золото восстанавливают сульфитом натрия. Полученный раствор направляют на повторное растворение золота. Нерастворившийся остаток (в основном изоляторы) повторно обрабатывают царской водкой в течение 24 ч. Первый раствор содержал, г/л: 43,8 - Ni, 13,1 - Fe, 4,3 - Co. Третий раствор (после повторного выщелачивания) содержал 10 г/л золота. На изоляторах осталось менее 0,002 % золота. Из 1 кг транзисторов типа Т0-72 и Т0-18 извлекали 18,7 г золота.

Таблица 3.

Состав и размер печатных плат радиоэлектроники

Наименование изделия	Размер мм.	Масса г.	Содержание, % масс.				
			Au	Cu	Ni	Sn	Pb
Платы радиоэлектроники без покрытия оловянным сплавом.	91x58x1,5	12,8	0,06	2,34	0,55	-	-
Платы радиоэлектроники покрытые сплавом олова.	91x58x1,5	14,4	0,05	2,08	0,49	6,3	4,2
Платы радиоэлектроники без никеля и без оло- вянного покрытия.	82x52x1,5	10,0	0,05	1,61	-	-	-
Платы радиоэлектроники без никеля с оловянным покрытием.	82x52x1,5	13,2	0,04	1,47	-	2,19	1,46
Платы радиоэлектроники с никелем без оловян- ного покрытия.	7,7x6,9x1,5	14,6	0,09	2,08	0,40	-	-
Платы радиоэлектроники никелированные с оло- вянным покрытием.	7,7x6,9x1,5	15,9	0,08	1,89	0,38	4,9	3,3
Платы радиоэлектроники никелированные без оловянного покрытия.	60x52x1,5	7,4	0,07	2,4	0,57	-	-



Рис. 3 Технологическая схема получения концентрата из плат радиоэлектроники без оловянного покрытия.

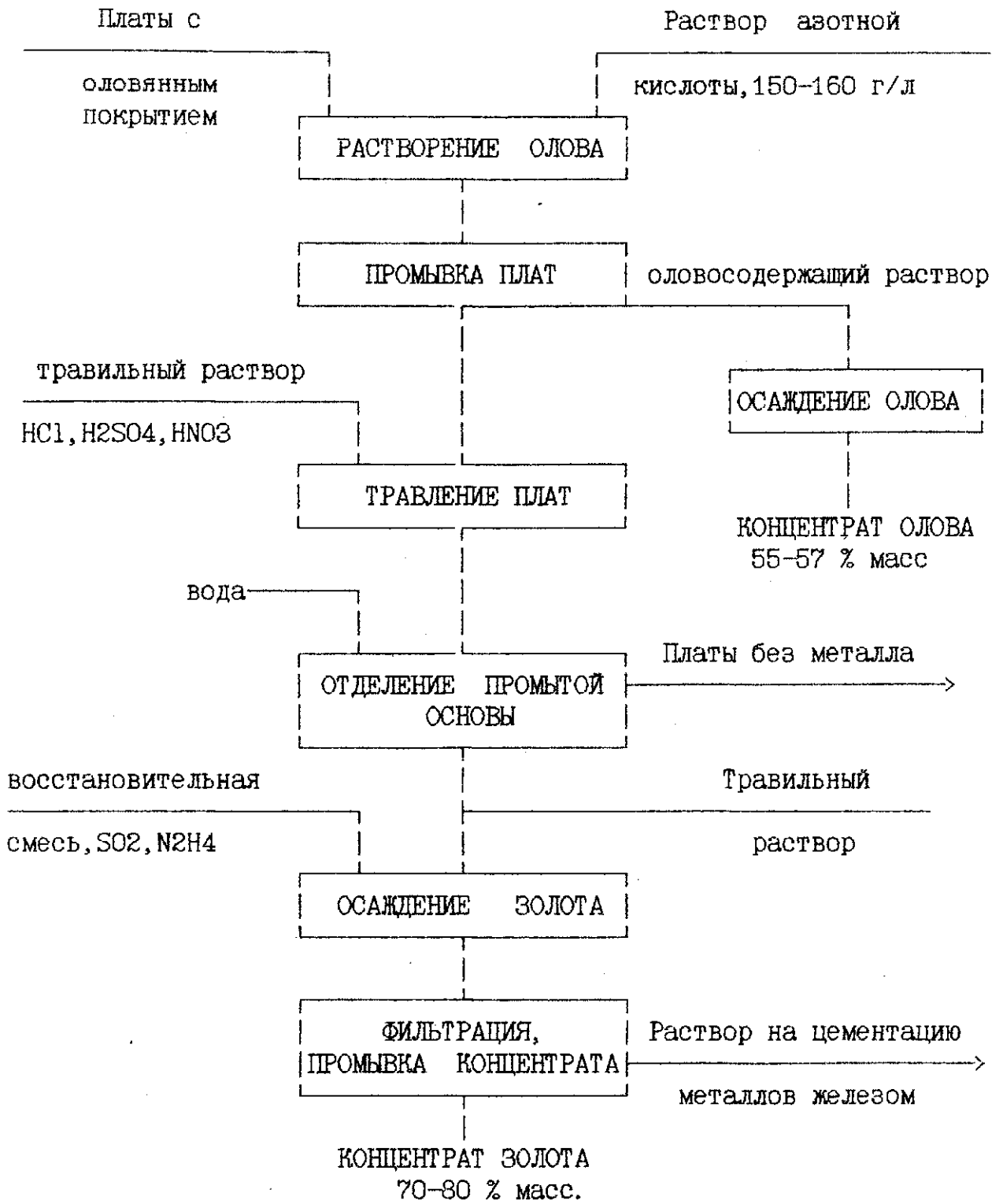


Рис. 4. Технологическая схема получения концентратов золота и олова из плат радиоэлектроники с оловянным покрытием.

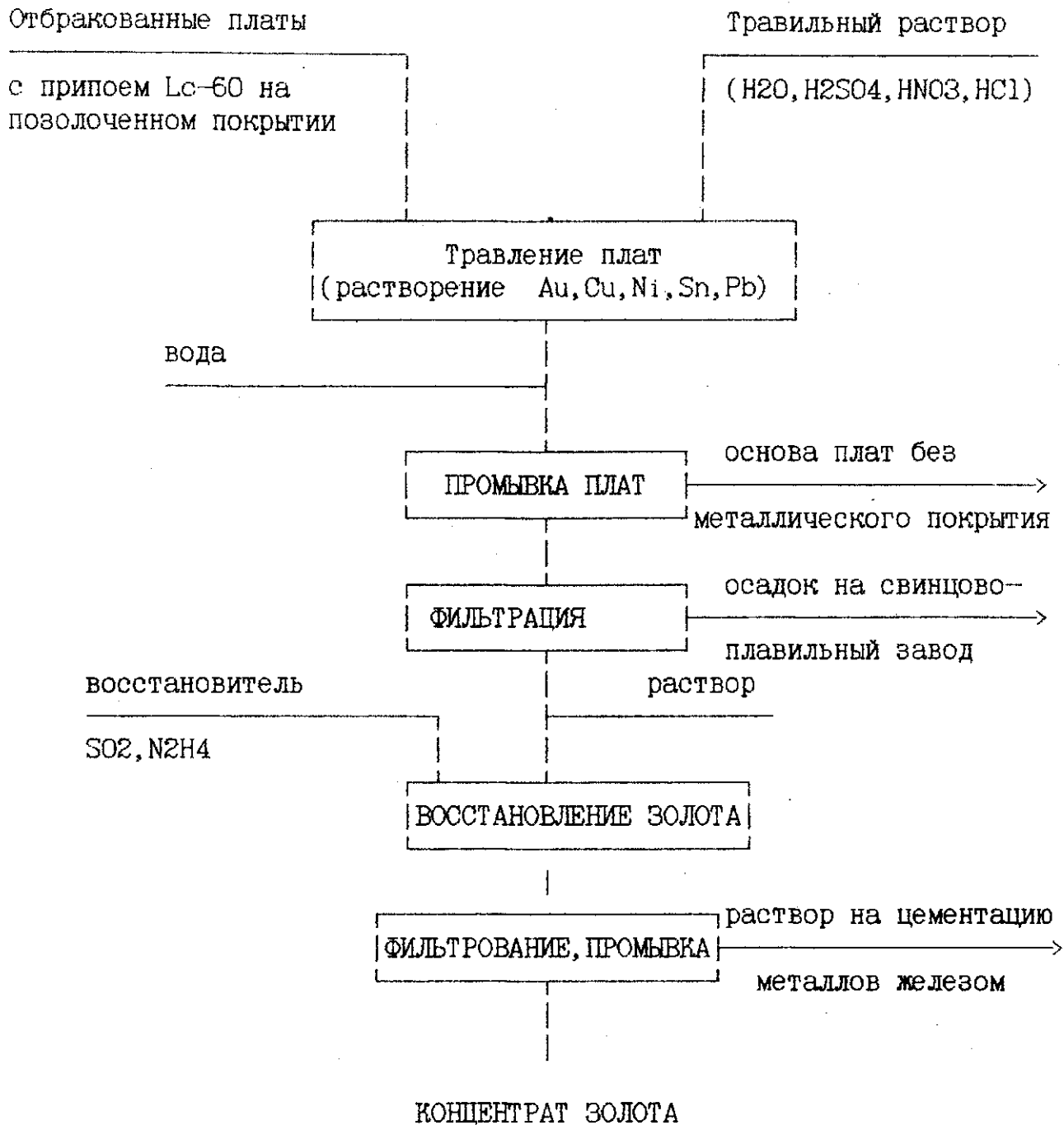


Рис. 5. Технологическая схема получения концентрата золота из плат, покрытых припоем.

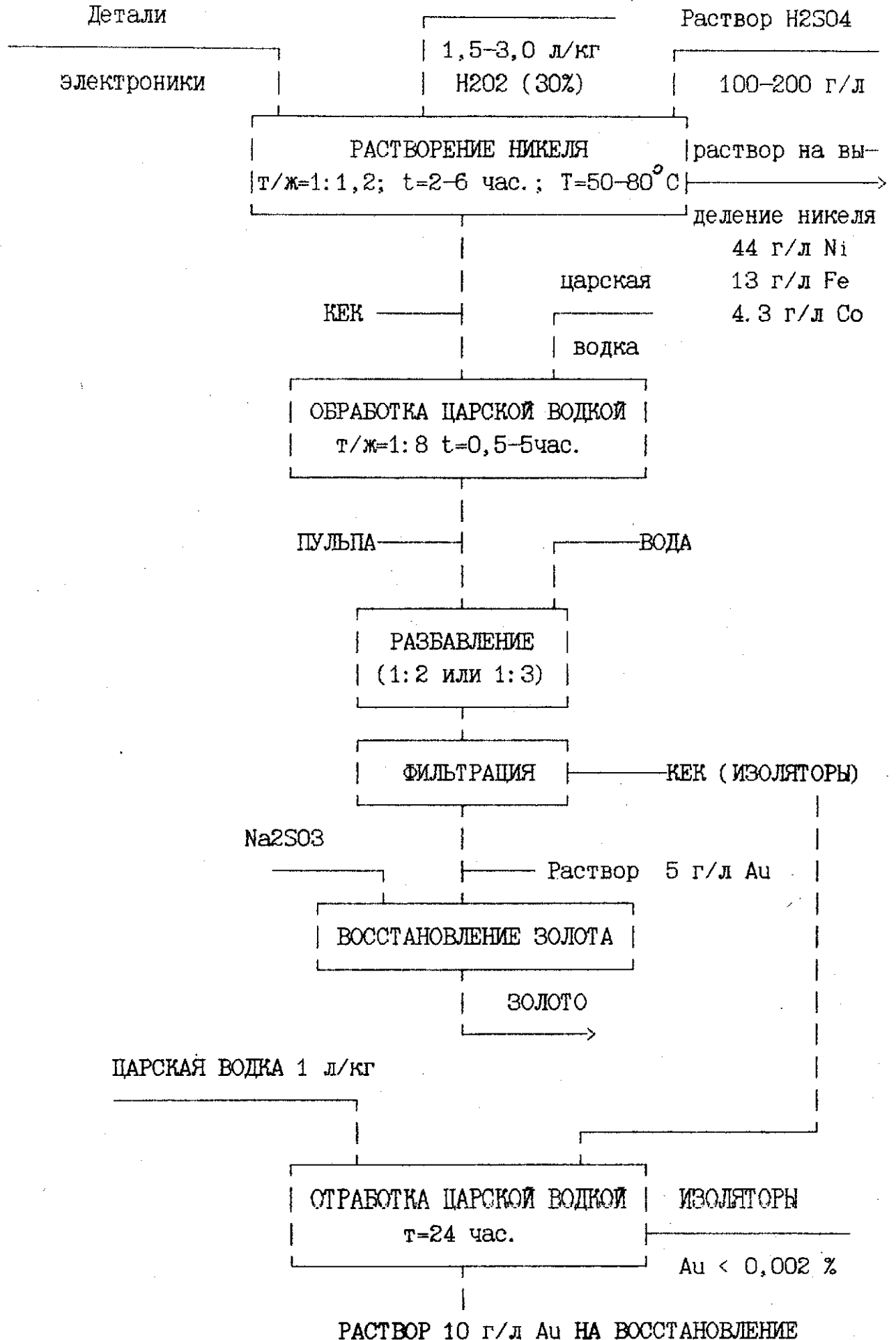


Рис. 6. Технологическая схема получения золота из лома электроники

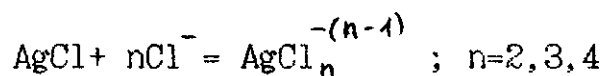
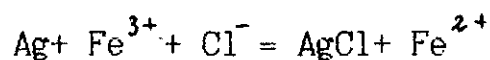
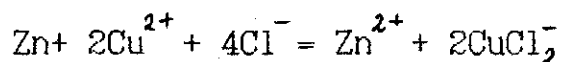
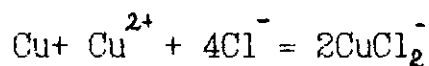
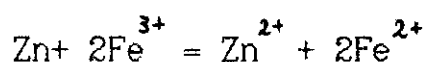
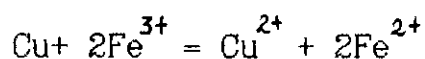
В патенте [8] предложен способ извлечения благородных металлов из скрапа тяжелых металлов с покрытием благородными металлами. Предлагается провести растворение тяжелых металлов химическим или электрохимическим методом и отделение остатка, содержащего благородные металлы. В качестве растворителя тяжелых металлов используют серную или фтористоводородную кислоту. Осадок, содержащий благородные металлы, растворяют в азотной кислоте или царской водке. Восстановление благородных металлов из раствора осуществляют гидразином, формалином, муравьиной кислотой, гидрохиноном, гипофосфорной кислотой и др.

Аналогичный способ извлечения благородных металлов из отходов и печатных схем предложен в патенте [9]. Способ включает две основные операции. Перевод благородных металлов в раствор сильным окислителем и селективное восстановление из раствора. В качестве растворителя используют царскую водку. Селективное восстановление благородных металлов из раствора проводят при добавлении формальдегида, гипофосфита щелочного металла или гидроксилamina.

Способ комплексного извлечения благородных и цветных металлов из бедного вторичного сырья предложен в патенте [10]. Лом электронных приборов (пластик - 89 %, медь - 7 %, золото - 0,06 %, серебро - 0,2 %, палладий - 0,1 %, олово и свинец - 1 %) выщелачивают 30-60 % раствором азотной кислоты при перемешивании до содержания меди в растворе менее 150 г/л. В осадке концентрируется золото и выпадает оловянная кислота. После отделения частиц пластмассы пульпу, не фильтруя, обрабатывают серной кислотой с концентрацией не менее 400 г/л для кристаллизации сульфатов растворенных металлов, которые затем обрабатывают водой. Осадок, содержащий золото, оловянную кислоту и сульфат свинца, промывают, сушат и сплавляют с содой для получения корольков золота. Из водного раствора сульфатов осаждают серебро и палладий цементацией медью, которые затем разделяют известными способами. После осаждения благородных металлов из раствора электролитически получают медь. Отработанный электролит и промывы упаривают в вакууме и возвращают в цикл. Способ, предложенный в этом патенте, безусловно представляет интерес, т.к. разработан для бедных вторичных отходов, однако, из описания не ясно, как разделяют пластик и кек после обработки азотной кислотой.

Горным бюро США совместно с Министерством обороны, Национальной ассоциацией предприятий вторичной переработки и другими организациями изучены способы переработки лома электронных и электрических приборов с целью извлечения ценных компонентов, в том числе и благородных металлов [11]. Установлено, что для определения ценности лома и повышения извлечения металлов целесообразно демонтировать оборудование вручную. Пробную партию, применяемых в авиации "черных ящиков" массой 4,7 т после ручной сортировки подвергли измельчению в молотковой дробилке, воздушной и магнитной сепарации, вихретоковой классификации, сортировке в поле высокой напряженности. Наибольшее количество благородных металлов после обогатительного цикла было сосредоточено в трех фракциях: пылевидной, пучках проводов и металлической после электрической сепарации. Выход последней фракции составлял 17%. Она содержала (% масс.): 1,37 - Ag, 27,2 - Al, 0,12 - Au, 0,1 - Cr, 38,4 - Cu, 9,4 - Fe, 3,2 - Ni, 0,2 - Pb, 2,1 - Sn, остальное кремний. Из этой фракции алюминий извлекали обработкой 20 % раствором гидроксида натрия. Остаток выщелачивали противотоком под давлением в три стадии 20 % раствором серной кислоты для растворения меди и других металлов. Твердый остаток, содержащий 0,74 % масс. золота и 8,13 % масс. серебра, выщелачивали 50 % раствором азотной кислоты. Затем осаждали хлорид серебра и восстанавливали серебро при нагревании до 600° С. Золото извлекали из остатка растворением в царской водке и осаждением бисульфитом натрия. Медь из растворов выделяли цементацией. Полученный продукт, содержащий более 90 % меди, подвергали электрорафинированию, а из шлама извлекали благородные металлы.

Попытка научного обоснования предложенных схем сделана в работе [12]. В качестве исходного сырья были рассмотрены образцы электронного лома двух типов: с латунной основой (меди - 70%, цинка - 28 %, остальное серебро) и с основой из бериллиевой бронзы (меди - 97 %, бериллия, никеля, титана в сумме 2,5 %, остальное серебро). Основным критерием при выборе выщелачивающего агента было обеспечение селективного перевода неблагородных примесей в раствор и концентрирование серебра в твердом остатке. Указанным условиям удовлетворял кислый раствор трихлорида железа. Химизм процесса был описан следующим образом:



Определены оптимальные условия извлечения цинка и меди в раствор. При избытке выщелачивающего агента в 1,5 раза по отношению к стехиометрическому и температуре 80° С было достигнуто 97 % извлечение меди и цинка в раствор. Однако, при этом наблюдалось частичное растворение AgCl в виде AgCl_2^{-} и AgCl_3^{2-} , что снижало извлечение ценного компонента в твердый остаток. Исследования показали, что между переходом серебра в раствор и концентрацией Fe^{2+} существует определенная корреляция. Установлено, что если соотношение $[\text{Fe}^{3+}] : [\text{Fe}^{2+}]$ меньше единицы, то окислительно-восстановительный потенциал раствора становится меньше 0,77 В и серебро начинает переходить в раствор.

Авторы на основании потенциодинамических исследований предлагают механизм перехода серебра в раствор. При соотношении в растворе $[\text{Fe}^{3+}] : [\text{Fe}^{2+}] > 1$ поверхность серебра покрыта пассивной пленкой хлорида и частично оксида серебра, что предотвращает переход серебра в раствор. При этом равновесная концентрация серебра в растворе минимальна и составляет 5 мг/л. При уменьшении отношения $[\text{Fe}^{3+}] : [\text{Fe}^{2+}] < 1$ образуются растворимые хлоркомплексы серебра AgCl_2^{-} и AgCl_3^{2-} и переход серебра в раствор резко возрастает. На основании исследований предложен оптимальный режим селективного выщелачивания благородных составляющих электронного лома.

В способе [13] предложена технология извлечения платины и золота из скрапа. Отходы растворяют в царской водке, раствор выпаривают до получения вязкой массы, которую растворяют в 3 М соляной кислоте. Из хлоридного раствора этиловым спиртом в

противотоке экстрагируют золото. Водяную фазу пропускают через ионообменные колонки. Из элюата осаждают платиновую чернь гидразин-сульфатом в присутствии карбоната натрия.

Авторы патента [14] предлагают отходы, содержащие серебро и палладий, обрабатывать царской водкой с последующей неоднократной обработкой концентрированной соляной кислотой для удаления избытка азотной кислоты. Осадок хлорида серебра обрабатывают карбонатом натрия при температуре 850°C . Полученную губчатую массу растворяют в разбавленной азотной кислоте и повторно осаждают серебро.

Способ извлечения золота из бракованных деталей полупроводниковой техники изложен в авторском свидетельстве [15]. Детали представляют собой кремниевые пластины (крепятся на молибденовую основу) с золотым покрытием. При взаимодействии покрытия с подложкой образуется сплав золото-кремний, поэтому извлечение золота рекомендуется осуществлять смесью растворов фтористоводородной кислоты (10-50 % масс.) и перекиси водорода (20-30 % масс). Соотношение объемов компонентов раствора составляет $\text{HF}:\text{H}_2\text{O}_2=(2-5):(1-3)$ а раствора и деталей - 1:7. Сплав растворяется со значительно большей скоростью, чем золотое покрытие; при этом последнее отслаивается от подложки. Остатки деталей удаляют из раствора (механически), а золото (в виде чешуек) отфильтровывают и подвергают сушке. Как утверждают авторы, способ является экономически выгодным и экологически чистым.

В патенте [16] для извлечения благородных металлов из скрапа предложено использовать электронно-лучевые пушки. Исходный материал непрерывно подается в зону действия первой пушки. Образующийся расплав стекает в тигель или кристаллизатор. Вторая пушка направлена на поверхность расплава, в результате чего летучие металлы, например, осмий и рутений, возгоняются и конденсируются в холодильнике.

Способ извлечения иридия из скрапа предложен в патенте [17]. Скрап сплавляют с медью в соотношении 1:7 в вакуумной индукционной печи при температуре 1380°C в течение 15 мин (возможна плавка в области температур $1150-1400^{\circ}\text{C}$). Слиток очищают от шлака и прокатывают в полосу толщиной 0,3 мм. Затем сплав растворяют в 0,5-2,0 М растворе хлористоводородной кислоты при $20-60^{\circ}\text{C}$ (оптимальные условия: 1,5 М HCl , температура 75°C). Образующийся порошок иридия (медь переходит в раствор) отфильтровывают, промывают и сушат. Далее порошок обрабатывают хлором при 660°C в расплаве NaCl . После растворения полученного хлорида осаждают двойную соль хлоридом аммония. Последующим пиролизом получают иридий высокой чистоты.

В патенте [18] предложен способ извлечения золота из золото-содержащего скрапа. На первом этапе проводят электролиз при плотности тока 0,1-0,4 А/см. Анодом служит переплавленный предвари-тельно скрап, помещенный в мешок из полимерной ткани, катодом - графит. Анодное и катодное пространство разделено полупроницаемой мембраной, предотвращающей разряд ионов золота на катоде. В качестве электролита используют водный раствор, содержащий галогениды аммония (предпочтительнее хлорид), пероксид, который способствует переводу золота в трихлорид, гидроксид натрия. Электролиз проводят при pH раствора 1-7 и температуре 70-80°С.

Золото из электролита осаждают гидросульфитом натрия (чистота полученного продукта - 99,5 %), серебро - хлороводородной кислотой, а медь - цементацией цинком.

В заявке [19] предложен метод переработки рутенийсодержащего скрапа. Метод основан на получении хлоридов рутения, переводе их в водорастворимые комплексные соединения, из которых достаточно легко извлекают рутений традиционными методами. С этой целью через скрап пропускают предварительно нагретый хлор (700-1200°С). Полученные хлориды рутения улавливают хлоридами щелочных или щелочно-земельных металлов с образованием гекса- или пентахлорида рутенатов (IV).

Следует отметить, что в данном обзоре представлена лишь небольшая часть патентной информации, выбранная из обширного информационного массива с тем, чтобы выявить основные направления развития современных методов переработки электронного лома.

Многие технологические схемы переработки скрапа предполагают предварительную подготовку электронного лома перед металлургическим переделом. В связи с этим целесообразно рассмотреть некоторые новые методы обогащения отходов электронной и электротехнической промышленности.

Сортировка по крупности. Лом, содержащий частицы различного раз-

мера, поступает на грохот с размерами ячейки сита 20 мм, а затем - на ленточный транспортер, в конце разгрузочной части которого установлена наклонная стенка с зазо-

ром между верхним концом стенки и лентой транспортера; стенка в нижней части шарнирно раздвигается. Куски лома определенного размера, минуя зазор, попадают на дальнюю от разгрузочного барабана транспортера плоскость и поступают в первую приемную емкость; остальные проваливаются в зазор и направляются во вторую приемную емкость [20].

Отделение металлической и неметаллической составляющих лома. Ис-

пользование мокрых методов обогащения позволяет успешно разделять отходы кабельного производства, содержащего (% мас.): 16 - цветные металлы, 9,7 - полиэтилен, остальное - резина, поливинилхлориды и др.

Разработанная схема обогащения предусматривает смачивание исходного материала (1:1) в смесительном барабане, отделение полиэтилена в коническом классификаторе и извлечение резины вместе с поливинилхлоридом в отсадочной машине типа "Denver" с двойной постелью. Полиэтиленовая фракция содержит до 98 % полиэтилена (в ней менее 0,1 % металлизированных продуктов); легкая фракция отсадочной машины - 99 % резины и поливинилхлорида (менее 0,1 % металлической "фазы"), а металлический концентрат (после разделения на концентрационном столе) - более 98 % металлов [21].

Электромагнитная сепарация. Предложено устройство, включающее наклонный перфорированный цилиндрический барабан с увеличивающейся к нижнему торцу площадью сечения отверстий с патрубками на каждом из них, магнитную систему с источником импульсного тока; питатель и приемники продуктов сортировки.

Повышение производительности установки с одновременным уменьшением металлоемкости и снижением расхода энергии достигается за счет расположения патрубков кольцевыми рядами и выполнения магнитной системы в виде неподвижных дугообразных электромагнитов, расположенных под барабаном между рядами патрубков [22].

Фирмой "Der Neue Lindemann N - Metallscheider"(Германия) разра-

ботан сепаратор на основе вихревых токов для разделения цветных

металлов. При этом практически исключается взаимодействие разделяемых металлов в процессе сепарации. Материал поступает в сепаратор дозированно через желоб (обеспечение тонкого равномерного слоя материала) и направляется в зону переменного магнитного поля.

Предложенная конструкция полностью устраняет недостатки обычных магнитных сепараторов и позволяет существенно улучшить экологические показатели установки [23].

Технологическая схема первичной переработки. С целью повышения эффективности операций подготовки лома электронных приборов к металлургическому переделу предложено использовать попеременно механическое измельчение и магнитную сепарацию. Магнитный сепаратор рекомендуют помещать между установками измельчения. Предусмотрена также электростатическая сепарация.

Разработанная технологическая схема позволяет успешно отделять немагнитную, магнитную (менее 0,1 % немагнитного материала) и немагнитную составляющую исходного сырья. Производство является практически экологически безопасным и энергетически выгодным [24].

Опыт работы фирмы "Scandinavian Recycling" (Швеция). Фирма проектирует и поставляет оборудование для первичной обработки отходов электронной промышленности, в том числе компьютеров, а также кабельного лома. Фирма выполняет работы по оборудованию цехов "под ключ". Её деятельность вызывает особый интерес в странах Восточной Европы [25].

Комплексная переработка отходов электроники, включающих органическую, керамическую, металлическую и комбинированную составляющие (содержание золота составляет 0,01-7 %; серебра - 0,001-6 %; металлов платиновой группы - 8 10-0,15 %), разработана институтом "ГИНалмаззолото". Технологическая схема обеспечивает получение следующих фракций: железосодержащей, содержащей цветные металлы, пластико-керамической и мелкодисперсного кека. Схема включает предварительную разборку и резку, измельчение, механическое и гидрохимическое

обогащение. Извлечение (суммарное) благородных металлов в концентрат обогащения составляет 96-98 %. При содержании в исходном сырье, % мас.: золота - 0,5; серебра - 1; металлов платиновой группы (МПГ) - 0,1; коллективный концентрат содержал, % мас.: золота - 1-2; серебра - 5-10; МПГ - 0,2-0,5 [26].

Разработана современная технология обогащения лома, предусматривающая использование сепарации в поле вихревых токов для отделения магнитной и разделения немагнитной фракций, оптической сортировки и магнито-гидростатической сепарации [27]. Такая технология позволяет получать достаточно богатый концентрат, выполнить все требования, предъявляемые к экологии промышленных предприятий (исключена операция плавки сырья) и улучшить экономические показатели процесса.

Первая операция производится во вращающемся барабане при наложении магнитного поля высокой частоты, что является альтернативой использования постоянного магнитного поля. Это обеспечивает достаточно эффективное отделение магнитной фракции, а также алюминия и магния. Для разделения скрапа цветных металлов предусматривается грохочение.

Оптическая сортировка осуществляется только некоторыми перерабатывающими компаниями США и Европы (оборудование поставляют компании, выпускающие электронные приборы). Для сортировки смесь (размер частиц 30-150 мм) смачивают водой и с помощью вибропитателя подают на ременный транспортер, где по желобу поступают в бункер частицы только требуемого размера. Метод является достаточно эффективным.

Магнито-гидростатическое разделение предназначено для разделения цветных металлов или компонентов сплава и является высоко-селективным. Метод известен как МГС - сепарация. Впервые он был использован в России. Разделение происходит в гравитационных (размер частиц 5мм), а затем - центробежных (размер частиц 10 - 100 мкм) сепараторах. Применяются три типа магнитных жидкостей, имеющих различную магнитную проницаемость. В качестве магнитов используются обычные электромагниты и сверхпроводящие. Новая технология позволяет получать обогащенный концентрат, исключая процесс плавки [27].

Деятельность зарубежных фирм - переработчиков электронного лома

В последние годы отмечаются изменения в бизнесе компаний, занимающихся переработкой скрапа компьютеров с высоким содержанием благородных металлов. Производственные мощности крупных предприятий позволяют в настоящее время перерабатывать большие объемы скрапа с низким содержанием благородных металлов и получением продукции высокой чистоты.

В ряде случаев содержание благородных металлов в скрапе так мало по сравнению с медью, что извлекать благородные металлы экономически невыгодно. В этом случае затраты на перевозки (морские) превышают прибыль от их продажи. Необходимо создание новых эффективных технологий для комплексной переработки такого вида сырья.

Компании, выпускающие детали для IBM (например, "Research Triangle Park"), работают в направлении повышения рентабельности при переработке компонентов скрапа, включая пластиковую "фракцию" и др. Эти компании сотрудничают с компаниями - переработчиками, образуя объединения (после решения проблемы, связанной с получением новой продукции, они легко распадаются). Это дает положительные результаты. При разработке и изготовлении деталей стремятся использовать такие виды пластиков, которые легко извлекаются и повторно используются после переработки в компьютерах, что более выгодно, чем применение нового материала. Это является основной стратегией компании.

Объемы рециркулируемого материала зависят, главным образом, от предложения. Сохраняется тенденция увеличения объемов производства деталей компьютеров. Возможно даже увеличение содержания благородных металлов в компьютере.

Благородные металлы используются, в основном, в контактах. Количество золота зависит от толщины и размеров контакта. Обычно извлекается только (оценка по толщине покрытия) 0,76 мкм золота. Исходная толщина, обеспечивающая надежную работу приборов, составляет 2,54 мкм. В настоящее время рекомендуется частично заменять золото на сплав палладий-никель.

Компания "Nandy and Harman", известная как производитель благородных металлов, занимается и извлечением их из скрапа компьютеров. Специалисты компании считают, что рецикл благородных металлов вне будет экономически выгоден, если существенно снизить концентрацию этих металлов или же рециркулировать весь скрап, поэтому предполагается повторное использование пластмасс. В будущем ожидается развитие инфраструктуры их производства. В первую очередь это связано с защитой производителей благородных металлов, поскольку стоимость этих металлов не всегда позволяет использовать современное оборудование. В случае необходимости компания перерабатывает скрап частично. Предполагается, что объёмы переработки скрапа предприятиями компании будут постоянно возрастать, поскольку в настоящее время компьютеры имеются практически в каждом офисе и доме.

Специалисты компании "Sabin Metal Corp." считают, что содержание благородных металлов в компьютерах будет несколько выше, что всемерно поддерживается и правительством США. Компании, перерабатывающие скрап, смогут сами его закупать, что и будет, вероятно, иметь место в последующие 3-5 лет.

В настоящее время мелкие компании, занимающиеся переработкой скрапа, действуют как брокеры по отношению к крупным, например, таким как "Noranda Minerals Inc." (Канада), которая обеспечена крупнотоннажным оборудованием и системой контроля за окружающей средой. Такая тенденция вряд ли сохранится. Производители компьютеров стремятся к более тесному сотрудничеству с переработчиками. Так между "IBM" и "Noranda" установлены прямые связи. В недалеком будущем предполагается осуществить разборку компьютеров с последующим извлечением основы интегральных схем, что является экономически выгодным. Сейчас в Америке возникла ситуация, сходная с таковой в Германии, когда производитель компьютеров получает продукцию после переработки скрапа.

Специалисты "Noranda Minerals Inc" считают, что, хотя нежелательно снижение содержания благородных металлов в скрапе, компания намерена перерабатывать и бедное сырьё.

В настоящее время компании, производящие компьютеры, ведут торговлю скрапом с крупными компаниями, занимающимися его переработкой. Другое направление - это экспорт компьютерного скрапа.

Однако при этом существенно изменяется стоимость скрапа. В этом случае большое значение имеет законодательство стран - участников сделки.

"Micro Metallic Corp." корпорация, известная в мире как "Micromet" (Сан-Хосе, Калифорния, США), является одной из крупнейших компаний в Северной Америке и самой крупной на Западном побережье, занятой вторичным производством драгоценных металлов из электронного скрапа [28]. Компьютеры с завершенным сроком эксплуатации, оцененные в миллионы долларов, а также отработанные интегральные схемы и панели печатных плат поступают на переработку на "Micromet". Эта компания является с 1984 года дочерней компанией "Noranda Minerals Inc.", имея за счет переработки скрапа и вторичного сырья годовой доход в 100 млн. долларов. Отличительной особенностью компании "Micromet" является то, что, например, комплексные линии закрытых блоков схем компьютеров при переработке видоизменяются до неузнаваемости, что позволяет гарантировать сохранность "ноу-хау" фирм производителей компьютерной техники.

Драгоценные металлы, извлеченные из электронного лома (золото, серебро, платина, палладий), возвращаются в электронную промышленность для их повторного применения или превращаются в слитки для продажи на свободном рынке.

"Micromet" использует традиционную технологию, основанную на гидро- и пирометаллургических методах извлечения ценных компонентов из вторичного сырья. Основная масса собранного материала поступает на пробоотбор с использованием апробированной схемы анализа для оценки содержания драгоценных металлов в электронном скрапе.

Заказчиками "Micromet" являются как крупные компании, производящие полупроводники, так и мелкие торговые и оптовые фирмы по сбыту электронного скрапа, например, "Texas Instrument", "Motorola", "Rockwell".

Помимо пробоотбора, извлечения и рафинирования ценных металлов для нужд электронной промышленности, "Micromet" закупает все виды электронного лома, содержащего медь, никель, алюминий, олово, свинец.

В 1989 году "Micromet" была признана лучшим в мире предприятием по рафинированию благородных металлов и получила награду "За поставку лучшей продукции - 89".

Фирма "Metalor USA Refining Corp." (шт. Массачусетс, США) субсидируется хорошо известной в мире компанией "Precious USA Metalor", главное управление которой расположено в Швейцарии. На протяжении 30 лет "Metalor USA Refining Corp." проводит исследования в направлении развития технологии и получения новых продуктов. Она стремится повысить чистоту металла и одновременно снизить затраты в производственных циклах. Компании принадлежит половина всего потребляемого в США золота и серебра [29].

Заводы компании используют черновой продукт, полученный от заказчика, а также продукты с различным содержанием благородных металлов (как богатые, так и электронный скрап). Переработку проводят различными методами, в том числе и традиционными, которые позволяют сочетать высокое извлечение с использованием практически экологически чистых технологий.

Компания имеет современные аналитические лаборатории, применяемые методы анализа (спектральные, атомно-абсорбционные и другие) позволяют быстро и эффективно проводить анализ на всех стадиях технологической схемы. Компания "Metalor USA Refining" рафинирует черновые продукты, получаемые из первичного сырья, а также отходов ювелирной, электронной, электротехнической и других отраслей промышленности.

Компания "Allgemeine Gold- und Silberscheideanstalt AG" (г. Фюрцгейм, Германия) специализируется на производстве благородных металлов [30].

Первоначально компания перерабатывала отходы ювелирной и часовой промышленности, содержащие благородные металлы. Учитывая тенденции рынка благородных металлов "Allgemeine Gold- und Silberscheideanstalt AG" расширяет производство, включая аффинаж, получение полуфабрикатов, а также сбыт производимой продукции.

В настоящее время деятельность компании связана с добывающими компаниями и предприятиями - потребителями как в ФРГ, так и за рубежом. Компания перерабатывает вторичное сырьё, поставляемое электронной, электротехнической и химической промышленностью, производствами по изготовлению зубных протезов, фотопленки, гальванических покрытий.

Процесс переработки сырья включает опробывание исходного материала. Для определения содержания благородных металлов используют метод погружения, засверловку или распил образца. Применяют

современные аналитические методы. Каждая партия (образец) маркируется. Удаление неметаллической составляющей вторичного сырья достигается предварительным выжиганием её. Для этой цели используют 6 печей.

В пиromеталлургических процессах (плавках) применяют более 30 типов печей: от тигельных (ёмкость 1 кг) до вращающихся (ёмкость до 5 000 кг).

Получение благородных металлов с высоким извлечением каждого компонента обеспечивается применением технологических процессов, включающих: рафинирование химическими методами, электролиз золота, электролиз серебра, электролиз меди.

"Allgemeine Gold- und Silberscheideanstalt AG" является крупнейшей аффинажной компанией в Европе. Производительность её - 1 000 т в год продуктов, содержащих благородные металлы.

Компания выпускает широкий ассортимент продукции на основе благородных металлов, в том числе листы, ленту, проволоку, трубы, гранулы, слитки, припой, сплавы, аноды и соли цианистого золота и серебра для нанесения электролитических покрытий. Она представляет собой государственную компанию под юрисдикцией ФРГ.

Компания "Gannon and Scott" (США) была основана в 1919 году и специализировалась на переработке отходов ювелирного производства. В настоящее время компания перерабатывает отходы электронной промышленности, ювелирного производства, рентгеновские плёнки, шламы и растворы [31].

"Gannon and Scott" производит золото, серебро и металлы платиновой группы. Центром производства компании является аффинажный завод в г. Кранстоне. Производство оборудовано современными печами (электрические, газопламенные и другие). Технологический процесс включает обогащение сырья, опробывание и аналитический контроль.

В качестве аналитических методов используются как традиционные (гравиметрические), так и современные (вольт-амперометрия, атомно-эмиссионный, атомно-абсорбционный и др.). Аналитические лаборатории осуществляют контроль поступающих материалов и выпускаемой продукции, а также анализ технологических растворов.

Аппаратурное оформление производственных процессов включает компьютерные системы и позволяет осуществлять быструю оборачиваемость материалов в технологическом цикле.

Компания располагает оборудованием, которое позволяет в значительной степени улучшить экологию производственных процессов.

"Gannon and Scott" предполагает расширить ассортимент выпускаемой продукции с улучшенными характеристиками, согласно "Программы по оказанию промышленной помощи".

Корпорация "Gerald Group" (США) состоит из 5 самостоятельных дочерних компаний ("Gold Metals", "PGP Industries", "Gerald Metals", "Emission Control System", "The Gerald Financial Group"), деятельность которых координируется. Это позволяет наиболее полно удовлетворить потребности клиентов. Деятельность "Gerald Group" связана с переработкой вторичного сырья и продажей получаемых продуктов. Активы компании составляют 562 млн. долларов [32].

"Gold Metals" занимается покупкой и переработкой концентратов и вторичного сырья, а также продажей полученных благородных металлов, а также меди и алюминия. Кроме того, компания проводит торгово-банковские операции, связанные с предоставлением ссуд горнодобывающим компаниям, арендованием, доставкой металлов, финансированием экспортных операций. Основные офисы компании расположены в США (г. Стамфорд) и Швейцарии (г. Логанна). Открыты отделения в Японии, Корее, Австралии и странах Южной Америки.

Компания "PGP Industries" (США) в настоящее время является одной из ведущих по производству металлов платиновой группы высокой чистоты из вторичного сырья (электронный скрап, катализаторы, шламы и др.). Компания владеет четырьмя аффинажными заводами, расположенными в США (шт. Калифорния, Теннесси, Коннектикут) и в Ирландии. Технологические процессы, используемые на предприятиях компании, позволяют перерабатывать сырьё, поступающее из различных отраслей промышленности (автомобильной, химической, нефтехимической, электронной и фармакологической). Производства оснащены современными аналитическими лабораториями. Компания производит товарную продукцию в виде слитков, порошков, полос, проволоки, металлических сеток и солей и продолжает расширять ассортимент выпускаемой продукции.

Компания "Gerald Metals", предприятия которой располагаются в США (шт. Коннектикут и Алабама), является крупнейшим производителем меди из вторичного сырья (телекоммуникаций, монтажных схем, отходов коммунального хозяйства). В последние годы разработан перспективный метод извлечения меди из отходов, содержащих 50 % по массе органической фазы.

"Emission Control System" является ведущей компанией в области создания систем контроля за состоянием окружающей среды и производства оборудования, позволяющего существенным образом уменьшить загрязнение атмосферы. С 1989 года увеличены капиталовложения и расширены исследования в области производства катализаторов, применение которых позволит успешно решить вопросы экологии.

"The Gerald Financial Group" охватывает брокерские услуги в международных фьючерных сделках компании и имеет клиринговое членство на всех рынках, где происходят подобные сделки (Лондон, Нью-Йорк, Чикаго).

Многогранная деятельность "Gerald Group" позволяет на протяжении 29 лет постоянно увеличивать прибыль.

Компания "Sabin Metal Corp." (США) специализируется на получении благородных металлов, используя различные виды сырья (табл. 4) [33].

Наибольшее количество отходов на переработку поступает из электронной промышленности, несколько меньшее - из добывающих производств, а также фотоиндустрии.

Министерство обороны США обеспечивает поступление сырья практически от всех отраслей промышленности, за исключением пищевой, горнодобывающей и химической.

В настоящее время предполагается стимулировать программу по сбору электронного лома в странах СНГ. Более подробно о деятельности "Sabin Metal Corp." изложено в первой части обзора.

Фирма "Attendor", учредителем которой являются шведские фирмы "Aksel Unson Reserch" и "Boliden Metech", разрабатывает проекты для предприятий добывающей и перерабатывающей промышленности, занимается разведкой месторождений, добычей и переработкой различного сырья (концентраты, лом, шламы и др.) с получением высококачественных благородных и цветных металлов. [34] Фирма осуществляет маркетинг и реализацию концентратов, чистых металлов (золото, серебро, металлы платиновой группы, медь, свинец) и других рабочих продуктов производства; поставляет во все страны мира установки и оборудование для аппаратурного оформления технологических процессов, используя при этом как разработки фирмы, так и зарубежный

Таблица 4

Основные источники получения благородных металлов из отходов

№ п/п	Отрасль промышленности	Виды отходов
1	Горнодобывающая	Гравитационные концентраты, концентраты россыпных месторождений, очистное оборудование, отходы производства и др.
2	Электронная	Порошки, обрезь, контактные щетки, нестандартные детали, печатные платы, монтажные схемы*, контакты*, мишени*, др. виды лома*, пасты, краски*
3	Фотоиндустрия	Пленка*, зола и зольная пыль*, фотобумага*, эмульсия*, осадки от обработки пленок*, фиксажные растворы*, катушки с фотопленками*, пластины*
4	Авиационная	Припой и др. компоненты пайки*, подшипники*, тепловые экраны*, проводники*, свечи зажигания
5	Пищевая, химическая, фармацевтическая	Катализаторы, теплообменники, мембраны
6	Гальваническое производство	Отработанные электролиты, соли, фильтры, шламы, отходы катодных осадков, отходы анодов, нестандартные детали, др. виды отходов
7	Ювелирное производство, изгот. монет и др	Посуда*, монеты, орнамент, значки*, галуны для военной формы*
8	Зубопротезное производство	Амальгама*, сплавы для мостов*, приборы и приспособления*
9	Оборонная	Аккумуляторы подводных лодок*, торпеды*, ракеты*
10	Строительное производство	—

Примечание. * - отходы, поставляемые министерством обороны США

опыт, предоставляет услуги по управлению и организации производства; инвестирует финансовые средства; развивает коммерческую деятельность на мировых рынках. Фирма уделяет большое внимание вопросам охраны окружающей среды. "Aksel Unson" входит в состав торгового концерна "Unson" и как самостоятельное подразделение имеет офисы в Европе, Африке, Северной и Южной Америке, в странах Дальневосточного региона, а также в России и других странах СНГ. Фирма "Boliden" в 1987 г. стала филиалом концерна "Telleborg Group", являющегося в настоящее время крупнейшим предприятием Скандинавии по добыче и переработке цветных металлов.

Переработку сырья, как производимого фирмой, так и поступающего из-за рубежа (в том числе с высоким содержанием мышьяка), проводят пиро- и гидрометаллургическим способом с получением (т/год): 8Au, 280Ag, 100000 Cu, 50000 Pb [34].

Фирма применяет для извлечения цветных металлов пирометаллургический способ - процесс Кальдо, разработанный ранее для сталеплавильных производств. Использование печей Кальдо позволяет перерабатывать различные виды сырья, снизить потребление энергии, уменьшить капитальные затраты (за счет компактной конструкции печи) и эксплуатационные расходы (особенно в случае переработки лома), обеспечить эффективное использование кислорода, решить проблему очистки отходящих газов от вредных примесей. Эффективная очистка газов, применяемая фирмой, позволяет наиболее полно улавливать мышьяк, ртуть и до 95% по массе диоксида серы перерабатывать в товарную продукцию - серную кислоту. Применяемая технология позволила осуществить полную автоматизацию и компьютеризацию управления процессом, значительно улучшить условия труда, перерабатывать различные виды сырья.

Для переработки исходного материала применяют автогенную плавку во вращающемся конверторе с верхним дутьем (подается воздух, обогащенный кислородом). Конвертор и ковши для металла и шлака герметически закрыты.

При переработке содержащего благородные металлы электронного лома получают сплав Доре (содержащий селена - менее 0.1% по массе). Отличительная особенность процесса - проведение плавки в две стадии. На первой стадии происходит образование серебряного сплава (сплав Доре) и шлака. Затем добавляют коксовую мелочь, в результате содер-

жание серебра в шлаке снижается до 0,4%. По окончании процесса сплав и шлак удаляют из печи. Образующийся при плавке селен улавливается в газоочистных установках и направляется на продажу или подвергается очистке.

Сплав Доре отливают в аноды и направляют на электролиз. Процесс проводят при высоких плотностях тока. Полученное серебро чистой 99,99% отливают в слитки или гранулы.

Шлам, содержащий золото и металлы платиновой группы, подвергают выщелачиванию (фирма не применяет традиционно используемый метод электролиза). Схема включает двухкратную промывку шлама кислотами (на первой стадии происходит растворение благородных металлов, на второй - осаждение серебра).

Извлечение золота проводят в два этапа. Осаждаемое золото (первый этап) поступает на плавку с последующим литьем в определенные формы. Золото, выделяемое на втором этапе, возвращается в цикл на выщелачивание. Металлы платиновой группы выделяют из растворов и направляют на продажу или подвергают дополнительной очистке. Из фильтрата дополнительно извлекают ценные компоненты.

Компания "Nandy and Harman" (США), организованная в 1897г., в настоящее время имеет 40 филиалов, расположенных в 12 странах мира: Австралии, Великобритании, Индии, Ирландии, Канаде, Корее, Японии и др. В США офисы компании находятся в 6 штатах, в Канаде - в 2-х провинциях (Онтарио, Квебек). Штаб-квартира "Nandy and Harman" расположена в Нью-Йорке. Численность персонала составляет 5 тыс. человек [35].

Компания, являясь членом "London Market Assotiation" имеет собственное клеймо, участвует в работе Нью-Йоркской биржи. Она является крупнейшим производителем золота в США.

На предприятиях компании перерабатывают черновое золото, сплавы Доре, шламы, шлаки, уголь (от процессов сорбции), ювелирный скрап, отходы электроники, стоматологии, фотографии, отработанные катализаторы, лом, а также различные производственные растворы. "Nandy and Harman" специализируется на переработке золотосодержащего скрапа, особое внимание уделяет извлечению благородных металлов из отходов.

Процедура переработки типичной партии скрапа включает: приемку (проверку и взвешивание); прокаливание (подвергается скрап содержащий органические соединения); дробление (огарок дробится во вращающейся барабанной печи до тонкого порошка), грохочение (вибрационный грохот разделяет порошок и более крупные частицы металла); гомогенизацию (плавка в индукционной печи); опробование и анализ (атомно-эмиссионный с индукционной связанной плазмой, атомно-абсорбционный, рентгено-флуоресцентный), в совершенствовании которых компания добилась больших успехов; хранение (порошкообразная фракция транспортируется в бочках, а расплавленный металл после разлива в формы - в виде слитков; металл взвешивается и направляется на хранение); рафинирование золота пиро (хлорирование) - и гидрометаллургическими (гидрохлорирование, экстракция для извлечения металлов платиновой группы и электролиз) методами. Для определения содержания благородных металлов на различных стадиях технологического цикла применяются также и химические методы.

На предприятиях "Handy and Harman" успешно решаются проблемы экологии. Используются скрубберы, рукавные фильтры, оборудование обеспечивающее эффективную очистку сточных вод, а также современная система контроля за содержанием вредных веществ.

Чистота получаемых благородных металлов (золота, серебра, платины, палладия) составляет преимущественно 99.99% масс, но может быть достигнута и более высокая чистота.

Сведения о производительности предприятий компании являются строго конфиденциальными.

На территории США находится 6 аффинажных заводов. Производство в г. Южный Виндзор (шт. Коннектикут), введенное в строй в 1985 г., оснащено самым современным оборудованием, что позволяет эффективно перерабатывать как большие, так и малые партии электронного лома, промышленного скрапа и отработанных платиносодержащих катализаторов [35].

На аффинажном заводе в г. Уотбери (шт. Коннектикут) перерабатывают концентраты, различные шламы, осадки и фильтраты. Предприятие в г. Южный Плейнфилд (шт. Нью-Джерси) специализируется на получении металлов платиновой группы из таких отходов, как шлифовальные материалы, катализаторы, стрелки магнитных приборов, термопары. Оно является одним из крупнейших производителей металлов платиновой группы ("Platinum Laboratory") в США (60% выпускаемой продукции в виде металлов, остальное - химические соединения). Продукт обжига отработанных катализаторов на углеродной основе, применяемых в химической и фармацевтической промышленности, содержит 20-30% благородных металлов. Одно из крупнейших в мире аф-

финажное производство компании расположено в г. Аттленборо(шт. Массачусетс), где применяются преимущественно электрохимические процессы, обеспечивающие получение благородных металлов высокой чистоты(~99.995 масс). В 1990 г в г. Феникс (шт. Аризона) вступил в строй полностью автоматизированный завод по переработке электронного лома и других видов скрапа. На 3-х предприятиях Северной Америки(в шт. Аризона и Коннектикут, а также в Канаде) перерабатываются золотосодержащий скрап и сплавы Доре(после опробования поступающего сырья). В Канаде (г. Торонто) аффинажный завод функционирует с 1936 года. Позже аппаратурное оформление было полностью обновлено. Это позволило компании перерабатывать практически любые виды сырья. В Канаде созданы благоприятные условия для переоснащения производства современным оборудованием и увеличения количества аффинажных заводов.

Для расширения своего предприятия "Platinum Laboratory" в г. Южный Плейнфилд(США) компания пустила в строй новый аффинажный завод в Ирландии , обеспечивающий переработку катализаторов , содержащих металлы платиновой группы. Это предприятие предназначено для выпуска продукции на рынке в Европе.

В Японии (г. Токио) налажено современное производство золота и серебра из скрапа отечественных промышленных предприятий.

Сингапурское предприятие компании является первым, получившим статус "Singapore Economic Development Board". Аффинажное производство предусматривает переработку любых видов лома. Предприятие поставляет продукцию для различных отраслей промышленности стран Юго-Восточного региона.

"Handy and Harman" выпускает 3 вида стандартных слитков золота , реализуемых за рубежом. Слитки, выпускаемые компанией в США (для продажи) маркируются следующим образом: буквой "А"(стандарт предприятия в Аттленборо) и 6-ю цифрами, означающими номер серии. Масса слитков получаемого серебра составляет 1000 г. Компания производит также платиновые металлы. Для ювелирной промышленности "Handy and Harman" выпускает 24,22,18,14,10-ти каратное золото в виде гранул, слитков, проволоки, прутков, полос, лент, трубок, припоев и покрытий. Гранулы получают 4-х цветов (белый, зеленоватый, желтый и красный). Сплавы содержат иридий, платину, палладий.

"Nandy and Harman" производит широкий ассортимент золотосодержащей продукции для электроники, включая используемые для нанесения покрытий соли, проволоку для полупроводников, кабели, мишени, припой (твердые и мягкие), а также золото для сварки.

Для приготовления декоративных изделий выпускаются соли (осаждение покрытий), прокат (стандартных размеров); толщина от 100 мкм (фольга) до 9,525 мм (полоса или слиток) и длина 305 м.

Серебро выпускается преимущественно (кроме слитков) в виде гранул, покрытий, проволоки, твердых припоев.

Компания "Behr Precious Metals" (г. Рокфорд, шт. Иллинойс, США) является производителем благородных металлов преимущественно из отходов радиотехнической промышленности [36]. Ежегодно перерабатывается 1-1,5 тыс. т отходов компьютерной техники и средств связи (преимущественно телефонной), которое представляет собой низкосортное сырьё с содержанием благородных металлов 0,1 мас. %. Если раньше считалось целесообразным перерабатывать только те отходы, стоимость благородных металлов в которых определялась в 20-30 долларов/кг отходов, то в настоящее время возникла необходимость в переработке отходов, стоимость золота и серебра в которых составляет лишь 5 долларов/кг.

Компания перерабатывает 70 тонн отходов радиоэлектроники в год. Практически используются все компоненты скрапа, включая пластик, ничего не отправляя в отходы. Основы микросхем используются повторно.

Для удаления покрытий благородными металлами используются химические методы, не оказывающие отрицательного воздействия на материал основы. Применение современных методов анализа позволяет компании определять с большой точностью низкое содержание благородных металлов во вторичном сырье.

"Behr Precious Metals" проявляет определенный интерес к сотрудничеству с Латвией, поскольку предусматривается переработка латвийского лома с большим, чем на Западе содержанием золота. Схема переработки включает обжиг, плавку и химическую обработку перед отправкой на аффинажные заводы США. Заявлено о намерении осуществить вложения в проект уже на первом этапе 100 тыс. долларов. Фирма планирует рассмотреть возможность переработки лома в России.

Группа "Heraeus" объединяет компании "Heraeus Holding GmbH" (Германия), "Argoc-Heraeus SA" (Швейцария), "Heraeus Inc" (США),

"Heraeus LTD" (Гонконг), которые связаны с производством золота и попутным извлечением серебра, платины и палладия, получением сплавов, соединений, изделий из благородных металлов, а также маркетинговой деятельностью. Чистота получаемого золота преимущественно 99,99 % масс. Предприятия компании перерабатывают различные виды сырья (табл. 5). В последние годы фирма увеличила производство благородных металлов в 2 раза, широкий ассортимент выпускаемой продукции приведен в табл. 6 [37].

В принятой технологической схеме получения металлов используются процессы хлорирования, купелирования, гидрохлорирования, экстракции (извлечение металлов платиновой группы), ионного обмена и электролиз. Сведения о производительности компании являются строго конфиденциальными. В качестве методов аналитического контроля применяются атомно-абсорбционные, спектрометрические (оптические), масс-спектроскопические и химические методы.

Компания "Tanaka Kikinzoku Kogyo KK" (Япония), основанная в 1852 году (с 1943 года носит свое теперешнее название), в настоящее время является в Японии ведущим продуцентом благородных металлов [38].

Компания входит в "London Bullion Market Assotiation", что позволяет ей поставлять на мировой рынок слитки золота с собственным клеймом. Она является членом "Japan Gold Market Association" и "Japan Bullion Coin Assotiation", а также связана с работой товарных бирж Нью-Йорка и Токио.

С 1956 по 1970 гг "Tanaka Kikinzoku Kogyo KK" являлась представителем в Японии компании "Jonhson Matthey Plc" (Великобритания). В 1970 году образована компания "Tanaka Matthey KK".

Годовая производительность одного из самых крупных в мире аффинажного предприятия компании (г. Хирацука) составляет 1535 т перерабатываемого сырья. Это первое в мире полностью автоматизированное производство.

На предприятиях "Tanaka Kikinzoku Kogyo KK" перерабатываются различные виды сырья, включая черновое золото, уголь после сорбции золота, золотосодержащие иониты, шламы электролитических производств меди и серебра, скрап ювелирных изделий, электроники, стоматологии, монет, медалей и другие отходы.

Технологические схемы извлечения благородных металлов включают хлорирование (перерабатывается 1080 т сырья/г), гидрохлорирование (95 т сырья/г), экстракцию и другие процессы мокрой химии (360 т сырья/г). Аналитический контроль предполагает применение атомно-абсорбционного, спектрометрического и химического методов.

Виды сырья, содержащего благородные металлы, которые перерабатываются группой << Heraeus >>. *

Компания	ВИДЫ СЫРЬЯ																
	самородное Au	черное Au	сплав Доре, полученный с рудников и содержащий преимущественно:				электролитные шламы, полученные в производстве:	шламы, полуценные при осажении	уголь после процесса сорбции ювелирного	электротролика	столовые	шлаки	различных станций аффинаж. пр-ва.	ювелирные	монеты для иланесия	расплав	расплав
"Heraeus Holding GmbH"	—	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	—
"Argor-Heraeus SA"	++	++	++	++	++	++	++	—	++	—	++	—	—	++	++	—	
"Heraeus Inc"	—	++	++	++	—	—	—	—	++	++	++	++	++	++	++	—	
"Heraeus Ltd"	—	++	++	++	—	—	++	++	++	++	++	++	++	++	++	++	

Примечание.

*) Используемому сырью соответствует " ++ ", неиспользуемому " — ".

Таблица 6.

Области применения золота, выпускаемого компаниями,
которые входят в группу "Heraeus"

Области применения и вид продукции	Компании			
	Heraeus Holding GmbH	Argor Holding SA	Heraeus Inc.	Heraeus Ltd.
ЮВЕЛИРНОЕ ПРОИЗВОДСТВО:	*	*	*	*
слитки металла	++	++	++	++
сплавы	++	++	—	++
гранулы	++	++	—	++
проволока	++	++	—	++
прутки	++	—	—	++
полоса	++	++	—	++
трубки	++	—	—	++
припой	++	—	—	++
соли для осаждения покрытий	++	++	—	++
оборудование (для аппаратурного оформления электролиза)	++	—	—	—
ЭЛЕКТРОНИКА:				
проволока для полупроводников	++	—	++	—
проволока для сое- динения элементов электрических схем	++	—	—	—
припой	++	—	—	—
пасты(для получения толстых пленок)	++	—	++	—

Продолжение таблицы 6

Области применения и вид продукции	Компании			
	Heraeus Holding GmbH	Argor Holding SA	Heraeus Inc.	Heraeus Ltd.
мишени	++	—	++	—
прочие изделия для электроники	++	—	—	—
соли для нанесения покрытий	++	++	—	++
оборудование	++	—	—	++
ДЕКОРАТИВНЫЕ ИЗДЕЛИЯ :				
слитки золота и его сплавы	++	—	—	—
прокат	++	—	—	—
люстры	++	—	—	—
соли для нанесения покрытий	++	++	—	++
СТОМАТОЛОГИЯ:				
слитки металла	++	—	—	—
керамические мате- риалы, содержащие	++	—	—	—
сплавы золота				
инструменты	++	—	—	—
оборудование сто- матологических кабинетов	++	—	—	—

Продолжение таблицы 6

Области применения и вид продукции	Компании			
	Heraeus Holding GmbH	Argor Holding SA	Heraeus Inc.	Heraeus Ltd.
МОНЕТЫ И МЕДАЛИ :				
заготовки для монет и медалей	++	++	—	—
монеты	++	++	—	—
медали	++	++	—	—

Примечание. *) Здесь и ниже выпускаемой продукции соответствует
"++", непроизводимой — "—".

"Tanaka Kikinzoku Kogyo KK" выпускает широкий ассортимент продукции для ювелирного производства. Она существенно расширила диапазон выпускаемой продукции для электроники: проволока для полупроводников и для соединения элементов микросхем, мишени, припой, толсто пленочные пасты, соли для нанесения покрытий, а также синтетические волокна, флюсы для припоев, сварные и заплёчные соединения, проволока для потенциометров, генераторы, моторы и др.

Компания "Valme" (Франция) перерабатывает различные виды отходов, электроники и электротехники, включая компьютеры, отработанные катализаторы, изделия, полученные методом гальванопластики, оправы очков и др.

На заводе в Нормандии переработка компьютерного скрапа осуществляется на 3-х участках (рис. 7) [39].

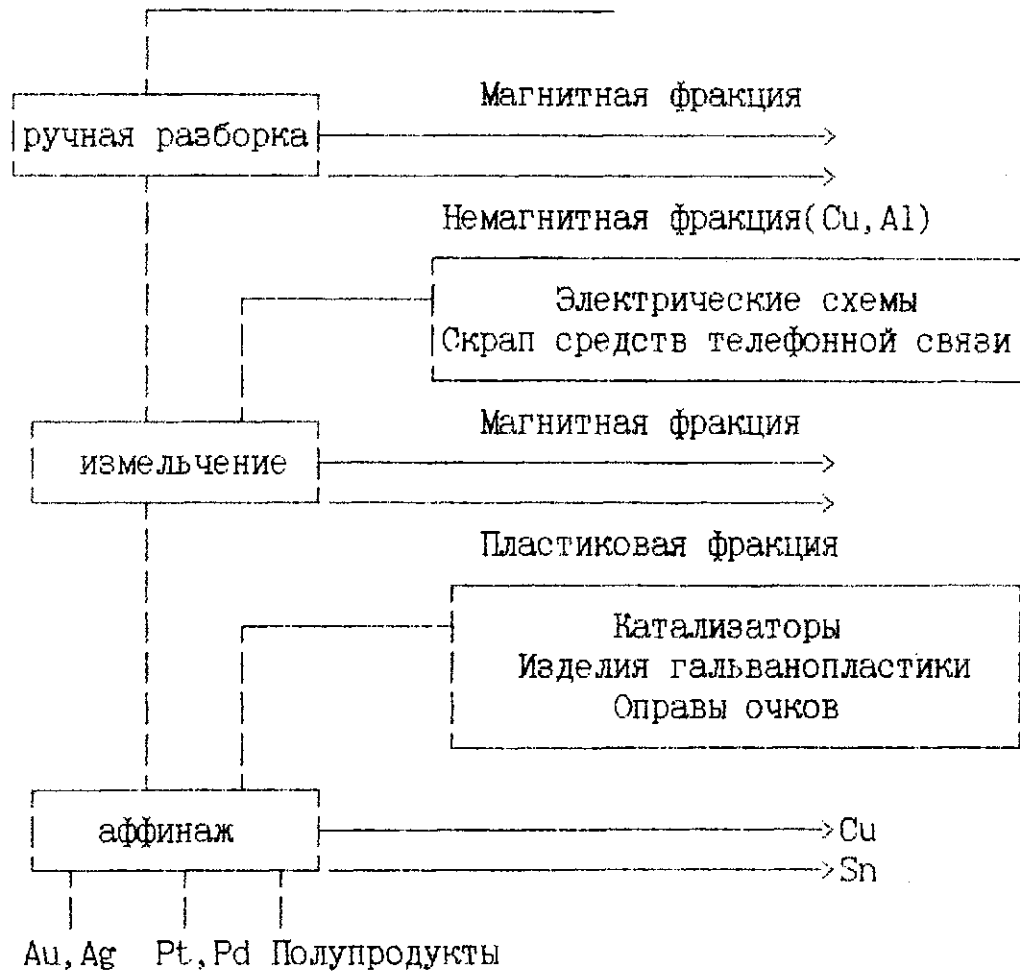
На первом участке (площадью 3 тыс. м) производят разборку компьютеров, ручную сортировку и резку. Производительность участка составляет 5 тыс. т/год компьютерного скрапа и 2 тыс. т/год различных электронных схем. На втором (площадь 1 тыс. м) - располагают измельчительное оборудование, которое включает молотковую (мощность 109,3 кВт) и ножевые (50 и 58,4 кВт) дробилки. Разделение составляющих достигается в гравитационных сепараторах со взвешенным слоем. На этом участке получают концентрат благородных металлов и пластиковую фазу. Производительность 2-го участка - 10 тыс. т/год. На третьем участке (площадь 3 тыс. м) перерабатывают концентрат с получением черного продукта и проводят аффинаж. Чистота золота и серебра соответствует 99,99 % мас., платины и палладия - 99,9 % мас. Производительность участка составляет (тонн/год): 1 - Au, 50 - Ag, 0,25 - Pt и Pd.

Большое внимание компания уделяет лабораторным исследованиям, которое включают не только аналитический контроль продуктов, но и проведение работ по совершенствованию технологических процессов, что позволяет занимать компании ведущие позиции в области аффинажа. Предусмотрено проведение полупромышленных испытаний.

В своей коммерческой деятельности "Valme", занимаясь сбором отходов, учитывает стоимость транспорта и затраты на социальное страхование. Производственный цикл переработки отходов и получения аффинажных продуктов составляет менее четырех недель.

Компания выпускает слитки, аноды, соли, интегральные схемы.

Скrap компьютеров



(99,99мас. %) (99,9мас. %)

Рис. 7. Принципиальная схема переработки вторичного сырья

"Valme" занимает ведущее место в области маркетинга благородных металлов и сотрудничает с такими известными компаниями, как "AMP", "Atochem", "Carbone Lorraine", "CIT Alcatel", "IBM" и др.

"Chugai Mining Co Ltd" (Япония) народная компания (доля капитала 39,8 %), известная под таким названием с 1936 года, была основана в 1932 г. Компания занимается добычей, переработкой и получением благородных металлов. Кроме того, эта компания производит гражданскую строительную технику и элементы сооружений. В 1970 году введено в строй аффинажное производство "Mochikoshi Refinery" по получению золота (электрохимический метод). Состав сырья, способ переработки, производительность предприятия и методы аналитического контроля представлены в таблице 7. Чистота выпускаемого золота 99,99 % масс.

Компания производит слитки золота (1 000 г), серебра (30 кг) и палладий в виде губки и порошка, полуфабрикаты для ювелирного производства, а также декоративные изделия и мишени для электроники [40].

"Dowa Mining Co Ltd" (Япония) народная компания (75,1 % капитала) была основана в 1884 году. Занимается как добычей (3 основные предприятия по получению меди, свинца, цинка, золота и серебра находятся в проф. Акита), так и переработкой различных видов сырья, включая электронный скрап (табл. 7), золотосодержащие полупродукты, полученные в производстве меди. Компания выпускает слитки золота, серебра и платины, а также изделия и соли для электронной промышленности.

Помимо основных промышленных предприятий компания располагает 2 исследовательскими лабораториями, имеет 51 дочернюю компанию и 11 филиалов, действующих в Японии и за рубежом [40].

"Mitsubishi Materials Co" (Япония) - самый крупный производитель цветных металлов в Японии. Создана в 1990 году при слиянии компаний "Mitsubishi Materials Co" и "Mitsubishi Mining and Cement Co Ltd", что позволило объединить добычу, процессы плавки, рафинирования, включая получение благородных металлов и др. До 1989 года золото рафинировалось на заводе "Osaka Refinery", а с 1989 года - "Naosima Smelter". Это предприятие оснащено по последнему слову техники и является самым современным в Тихоокеанском регионе. Все производственные процессы на новом предприятии механизированы и автоматизированы, модернизированы электролизеры для по-

Золотосодержащее сырье, способы переработки и методы контроля, применяемые японскими компаниями

NN	Сырье, процесс, методы контроля	КОМПАНИИ					
		"Chugai Mining Co Ltd"	"Dowa Mining Co Ltd"	"Mitsubishi Materials Co "	"Mitsui Mining and Smelting Co Ltd.	"Sumitomo Metal Mining Co"	"Tokuriki Honten Co Ltd."
1.	Сырье:						
	черновой продукт	++	++	++	++	++	++
	сплав Доре	++	++	++	++	++	— *1
	электролитические шламы(пр-во Ag)	++	++	++	++	—	—
	то же (пр-во Cu)	—	++	++	++	++	—
	шламы, полученные при осаждении Au	++	++	++	—	++	—
	уголь сорбции	++	—	—	—	++	—
	шлаки и др. отходы пр-ва	++	++	++	++	++	++
	ювелирный скрап (старый)	++	—	++	++	—	++
	отходы ювелирного пр-ва	++	—	++	++	—	++
	электронный скрап	++	++	++	++	++	++
	скрап стоматологии	++	—	++	—	++	++
	монеты и медали	++	—	++	—	++	++
	твердые припой	++	—	++	++	++	++

NN	Сырье, процесс, методы контроля	КОМПАНИИ					
		"Chugai Mining Co Ltd"	"Dowa Mining Co Ltd"	"Mitsubischi Materials Co "	"Mitsui Mining and Smelting Co Ltd.	"Sumitomo Metal Mining Co"	"Tokuriki Honten Co Ltd."
2.	Производительность аффинажного пр-ва , т/год :						
	золотосодержащего сырья	—	10	60	15	24	120
	аффинированного золота	1.2	5	—	11	18	50
3.	Способ переработки:						
	хлорирование	—	—	++	—	—	++
	купелирование	++	—	++	—	—	—
	мокрая химия	++	—	—	—	—	++
	электролиз	++	++	++	++	++	—
	жидкостная экстракция	++	++ *2	—	++ *2	++ *2	++ *2

NN	Сырье, процесс, методы контроля	КОМПАНИИ					
		"Chugai Mining Co Ltd"	"Dowa Mining Co Ltd"	"Mitsubishi Materials Co "	"Mitsui Mining and Smelting Co Ltd.	"Sumitomo Metal Mining Co"	"Tokuriki Honten Co Ltd."
4.	Методы контроля:						
	атомно-абсорбционный	++	++	++	—	—	++
	масс-спектрометрический	++	—	—	—	—	—
	спектральный и рентге- но спектральный	—	—	++	++	++	++
	химический	—	++	++	—	++	++

Примечание. *1) Здесь и ниже знак "—" — сырье, способ переработки и метод анализа не используется.

*2) Экстракция применяется только для извлечения металлов платиновой группы.

лучения серебра, используется современное оборудование для извлечения селена из шлама.

В 1992 году "Mitsubishi Materials Co" ввела в строй электролизный цех по производству свинца, который содержит 0,2 % серебра. При этом в шлам переходит 9,7 % серебра.

Компания перерабатывает самое разнообразное сырьё; процессы переработки и методы контроля приведены в табл. 7. Чистота выпускаемого золота составляет 99,99 % масс. Компания производит слитки благородных металлов: 4 вида золота для продажи и 3 вида для монетного двора, серебра, платины, палладия. Кроме того, "Mitsubishi Materials Co" выпускает широкий ассортимент продукции для ювелирного производства, электроники и др.

"Mitsubishi Materials Co" владеет 24 заводами и исследовательскими центрами, имеет 29 дочерних компаний по всему миру; в США (16), Бразилии (3), Австралии, Сингапуре, Таиланде и на Тайване (по 2), а также Германии и Испании (по 1); является народной компанией (доля уставного капитала - 73,3 %) [41].

"Mitsui Mining and Smelting Co Ltd" (Япония) - важный производитель золота из продуктов медной плавки. Рафинирование золота осуществляется на предприятии "Takehara Refinery" (г. Хиросима). Компания занимается переработкой различных золото- и серебросодержащих отходов. По сравнению с 1983 годом на заводе "Mitsui Kushikino" производство золота и серебра из скрапа практически удвоилось (производство этих металлов из первичного сырья сократилось в 3,5 раза). Основные технологические процессы, производительность аффинажного производства и методы анализа представлены в табл. 7. Компания объединяет компании "Nibi Smelting Co Ltd", "Kamioka Mining and Smelting Co Ltd". Компания извлекает золото, серебро, платину, палладий, родий, а также свинец и цинк. Компания является членом ассоциации "London Bullion Market", относится к типу народных компаний с собственным уставным капиталом 60,11% [41].

"Sumimoto Metal Mining Co Ltd" (Япония) является самой крупной компанией по добыче золота. За последние 10 лет производство благородных металлов возросло в 4 раза. Золото получают при переработке продуктов производства цветных металлов. Кроме того, компания перерабатывает различные виды сырья, включая скрап (табл. 7). Она использует электролиз и экстракцию (для извлечения металлов платиновой группы). Аффинаж и производство слитков золота осуществляется на предприятии "Niihama Refinery", производящем электро-

литическую медь. Анодные шламы, получаемые с заводов, сначала обезмеживаются серной кислотой, подвергаются обжигу, где осуществляется возгонка селена. Из анодного шлама, полученного в аффинажном производстве серебра, изготавливают аноды для производства золота.

"Tokuriki Monten Co Ltd" (Япония) - старейшая компания, занимающаяся как рафинированием, так и маркетингом. Более 260 лет компания занималась производством только слитков. С 1934 года ассортимент компании существенно расширился. Потребителями продукции являются: ювелирное производство, электроника, стоматология, декоративные изделия. Компания выпускает слитки золота, серебра, платины, палладия. Чистота выпускаемого золота 99,99 % мас. Компания специализируется в основном на переработке отходов (табл. 7) [40, 41].

"Metaux Precieux SA Metalor" (Швейцария) - крупнейшая аффинажная компания в Швейцарии и ведущий производитель слитков в мире известная как "Swiss Bank Corp.". Компания перерабатывает самое различное сырьё (табл. 8) и выпускает слитки золота (20 видов), серебра (9 видов), платины (8 видов), палладия (2 вида). Компания выпускает широкий ассортимент продукции для ювелирной промышленности, производства часов, электроники. Важное место занимает выпуск анодов, солей (цианиды, сульфиты) золота высокой чистоты, а также растворов, применяемых в технологии нанесения покрытий, материалов для стоматологии [42].

"Valcombi SA" (Швейцария) - ведущий производитель слитков. На аффинажном предприятии компании (г. Валерна, конт. Тисино) перерабатываются различные виды сырья. Способы переработки и методы аналитического контроля представлены в табл. 8. Чистота получаемого золота 99,99 % масс. Компания специализируется на выпуске слитков, большое внимание уделяет производству заготовок для монет и медалей, выпускает различные сплавы для производства ювелирных изделий и часов.

"МНО (Metallurgie Hoboken-Oler) Division of SA Aces-Union Miniere NV" (Бельгия) - филиал компаний "SA Aces-Union Miniere NV" - ведущего продуцента цветных металлов в Европе, была основана в 1887 году. Аффинажное производство расположено близ г. Антверпена, там же находится и штаб-квартира компании. Компания занимается переработкой различных видов сырья (табл. 8). Производительность

Виды сырья, способы переработки, методы аналитического контроля и производительность предприятий Швейцарии [42].

Сырье, переработка, аналитический контроль, производительность	КОМПАНИИ	
	"Metaux Precieux SA Metalor "	"Valcombi SA"
Сырье:		
россыпное золото	++	—
черновой продукт	++	++
сплав Доре	++	++
уголь после адсорбции Au	++	++
шлам осаждения Au	—	++
ювелирный скрап(старый)	++	++
отходы ювелирного произ-ва	++	++
электронный скрап	++	++
скрап стоматологии	++	++
заготовки для монет и медал.	++	++
Способы переработки:		
гидрохлорирование	++	++
мокрая химия	—	—
электролиз	++	++
купелирование	—	—
экстракция (только для извл. металлов платиновой группы)	++	++
Производительность, т/год	400	сведения явл. секретом компании
Методы аналитического контроля:		
атомно-абсорбционный	++	++
рентгеноспектральный	++	++
атомно-эмиссионный	—	++
химический	++	++

составляет (т/год): 2,4 тыс. серебра, 5 платины, 12 палладия (данные по золоту представлены в табл. 9) [43]. Компания производит, главным образом, слитки золота, серебра, порошки платины, палладия и родия. Компания является членом ассоциации "London Bullion Market Association" и участвует в работе Нью-Йоркской товарной биржи.

"Industrias Reunidas Minero Metalurgicas SA (INDUMETAL) and Orispania SA" (Испания) более 50 лет занимается производством благородных металлов. Аффинажный завод и штаб-квартира расположены близ г. Бильбао.

На аффинажном заводе перерабатывают различное сырье (табл. 9), включая электронный лом и шламы электролитного производства. "INDUMETAL and Orispania" выпускает высокочистые металлы, в том числе слитки золота 4 видов, серебра, а также платины и палладия. налажен выпуск золота для ювелирного производства, а также солей для электроники и производства декоративных изделий (гальванические покрытия) [43].

"H Drijfhout and Zoon's Edelmetaalbedrijven BV" (Нидерланды) - аффинажная компания, основанная в Голландии более 160 лет назад. Усилия компании направлены на производство высококачественных содержащих благородные металлы продуктов для различных отраслей промышленности. Компания выпускает слитки золота (9 видов), серебра (11 видов), платины (7 видов). Аффинажное производство расположено близ г. Амстердама. Виды сырья и способы его переработки представлены в табл. 9 [43].

"Schone Edelmetaal BV" (Нидерланды) - старейшая компания по производству золота (основана 255 лет назад), входит в группу "Degussa" и является филиалом швейцарской компании "Leukon AG". Перерабатывает различные виды сырья и поставляет разнообразную продукцию для ряда отраслей (табл. 8). Выпускает слитки золота и серебра. Более 65 лет назад компания вступила в ассоциацию "London Bullion Market Assotiation" и участвует в деятельности Нью-Йоркской товарной биржи.

"Comptoir Lyon-Alemand Louyot (CLAL)" (Франция) - ведущий производитель благородных металлов в Европе. Функционирует с 1980 года. Штаб-квартира компании расположена в Париже. Филиалы компании находятся в Великобритании, Германии, Дании, Италии, Испании

Таблица 9.

Из электронной библиотеки WASTE.RU

Виды сырья, способы его переработки, чистота получаемого золота, производительность
 аффинажных предприятий, методы аналитического контроля.

Сырье, переработка, произво- дительность, методы анали- тического контроля	КОМПАНИИ				
	"MHO Division of SA Acec Union Miniere NV (Бельгия)	"INDUMETAL SA / Orispa- nia SA" (Испания)	"HDrijfhout and Zoon's Edelmetaal bedrijven BV (Нидерл.)	"Schone Edel- metall BV Нидерл.	"Comptoir Lyon-Ale- mand Louyot" (Франция)
Сырье:					
черновой продукт	++	++	++	++	++
сплав Доре	—	++	—	—	++
уголь после сорбции Au	—	++	—	—	++
шламы	++ *)	++ ***)	—	++ **	++ ***
шлаки и другие	++	++	++	++	++
отходы производства					
ювелирный скрап(старый)	—	++	++	++	++
отходы ювелирного произ- водства	++	++	++	++	++
электронный скрап	++	++	++	++	++
скрап стоматологии	—	++	++	++	++
скрап монет, медалей	—	++	++	++	++
Способы переработки:					
хлорирование	++	—	—	—	++
гидрохлорирование	—	++	++	—	++
мокрая химия	++	++	—	++	++

Сырье, переработка, производительность, методы аналитического контроля	КОМПАНИИ				
	"MHO Division of SA Acec Union Miniere NV (Бельгия)	"INDUMETAL SA / Orispamia SA" (Испания)	"HDrijfhout and Zoon's Edelmetaal bedrijven BV (Нидерл.)	"Schone Edelmetall BV Нидерл.	"Comptoir Lyon-Alemand Louyot" (Франция)
электролиз	++	++	++	++	++
купелирование	—	—	—	—	++
экстракция (только для извлечения металлов платиновой группы)	++	++	нет данных	н. д.	н. д.
Чистота золота (% масс.)	99.99	99.99	99.99	99.99	99.99
Производительность, т/год	15-20	25	не публ.	не публ.	не публ.
Методы аналитического контроля:					
атомно-абсорбционный	++	++	++	++	++
рентгеноспектральный	++	++	++	++	++
масс-спектрографический	—	—	—	—	++
химический	—	++	++	++	++

Примечание: *образуются при электролизе меди; ** получены в процессе осаждения золота; *** образуются при электролизе меди и при осаждении золота.

и Швейцарии. Три аффинажных предприятия компании перерабатывают самое разнообразное сырье (переработка богатого сырья осуществляется близ г. Парижа, а бедного - в окрестностях г. Лиона). Налажен выпуск широкого ассортимента готовой продукции, а также оборудования для ювелирного производства и стоматологии. Компания производит слитки золота (7 видов), серебра (3 вида), платины и палладия (по 3 вида). Данные о производстве представлены в табл. 9.

"AIOC Resources Ltd" (США) - является многопрофильной компанией, занимающейся не только переработкой сырья, в частности, электронного лома с низким содержанием благородных металлов (0,7-1,0 г/т) по собственной технологии, но и производством цветных и черных металлов, а также широкой маркетинговой деятельностью. Офисы компаний расположены в гг. Лондоне, Милане, Париже и других, а также в различных странах СНГ. Штаб-квартира находится в г. Нью-Йорк [44].

"Rand Refinery" (ЮАР) занимает ведущее место в области переработки вторичного сырья и аффинажа благородных металлов в ЮАР [45]. В 1991 году налажено производство золота высокой чистоты (99,99 %) в виде гранул и его сплавов для ювелирного производства. Предприятие перерабатывает 607 тонн сырья в год. Оборот компании в 1991 году составил 66 340 млн. рэнд, что ниже, чем в 1990 году и связано с демонтажем старого производства.

Компания "Inhifuku Metal Industry Co Ltd" (Япония) перерабатывает практически все виды сырья: сплавы Доре, шламы (после электролиза серебра и осаждения золота), шлаки и другие отходы производства, старый ювелирный скрап, электронный лом, отходы стоматологии и др. [46]. Технологическая схема включает гидрометаллургические процессы, в том числе гидрохлорирование, электролиз и экстракцию (в производстве металлов платиновой группы). "Inhifuku Metal Industry Co Ltd" расширяет аффинажное производство, которое в настоящее время расположено близ Токио. Ежегодно перерабатывается 12 т золотосодержащего сырья. Чистота получаемых металлов составляет 99,99 % масс. Аналитический контроль на предприятии осуществляется гравиметрическим, спектрометрическим и др. методами. Компания выпускает 27 видов слитков благородных металлов, в том числе золота - 10, серебра - 7, палладия - 3 и широкий ассортимент продукции для ювелирного производства, электроники, стоматологии и др.

Компания "SIPI Metals Corp." (США), известная с 1905 года как производитель бронз и латуней, с 1969 года занимается аффинажом благородных металлов. Эта компания специализируется на переработке больших партий скрапа, содержащего стекло, пластик и др. Скрап представляет собой различные микросхемы, в том числе интегральные, предохранители рентгеновской техники, аккумуляторы, статоры, лабораторное оборудование (платиновые тигли и др.), изделия оборонной промышленности широкой номенклатуры (преимущественно золотые покрытия). В связи с возросшей ролью конверсии переработка изделий военно-промышленного комплекса приобретает особое значение. Кроме того, компания сотрудничает с министерством энергетики и организациями, занимающимися демонтажом военной техники. Одним из направлений "SIPI Metals Corp." является изучение возможности (экономические и технические вопросы) переработки различного вооружения с ядерными (снаряды M735, взрывные системы ICBM и др.), биологическими и химическими зарядами [47].

В настоящее время производительность компании составляет 2 тыс. тонн скрапа в месяц.

Выпуск продуктов из вторичного сырья регламентируется положениями нормативных документов, связанных с ювелирным производством, нанесением электрохимических покрытий на процессоры, получением тонких пленок и др. Установлены допустимые содержания свинца, мышьяка и др., а также определены требования к свойствам изделий. Аналогичные требования предъявляются и к скрапу.

Компания осуществляет ежегодно продажу благородных металлов на сумму около 80 млн. долларов. "SIPI Metals Corp." сотрудничает с около 200 заказчиками по всему миру.

Предприятия компании расположены в промышленной зоне (в трех километрах от г. Чикаго); занимаемая площадь 2023 м. Компания имеет прекрасно оборудованную аналитическую лабораторию (используются атомно-абсорбционный, атомно-эмиссионный с индуктивно-связанной плазмой, рентгенофлуоресцентный, химический методы).

Большое внимание уделяется охране окружающей среды. Хранилище отходов находится под землей. Все отходы собственного производства перерабатываются или продаются для дальнейшей утилизации. Не предусмотрена переработка только особо опасных отходов. Ливневые и бытовые стоки также перерабатываются.

Производство оснащено оборудованием, обеспечивающим очистку

отходящих газов в соответствии с законом об охране окружающей среды штата Иллинойс. Кроме того, с одобрения муниципальных властей компания занимается и вопросами мелиорации.

На предприятии компании осуществляются серьёзные мероприятия по технике безопасности. Компания гарантирует социальную защищённость сотрудников (страхование, оздоровительные программы и проч.).

"SIPI Metals Corp." занимается финансовой и маркетинговой деятельностью, обеспечивая самые широкие сервисные услуги. Большое внимание уделяется анализу ситуации в области "купли-продажи" благородных металлов, разработке новых материалов и современных методов производства.

Штат сотрудников компании 150 человек. Компания гарантирует эффективное извлечение благородных металлов из скрапа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование вторичных материалов вносит существенный вклад в обеспечение промышленности сырьем. Однако, регенерация благородных металлов уступает уровню получения цветных металлов из вторичного сырья. Так, если в 1992 году доля алюминия, свинца, меди и цинка, полученных из вторичных материалов составила, %: 40,51,38 и 18, соответственно, то доля вторичных золота, серебра и платины достигла, %: 12,27,11, соответственно, что связано со сложностью извлечения благородных металлов из поступающего сырья.

В последние годы в России и за рубежом проблемам извлечения благородных металлов из электронного скрапа уделяется большое внимание. Предлагается множество новых методов переработки отходов электроники и электротехники, отличающихся высокими экономическими показателями и экологически безопасных. В связи с этим важное значение приобретает внедрение более эффективных технологий, применение нетоксичных реагентов и их максимальное использование, сокращение энергоёмких процессов, решение экологических проблем. Следует обратить особое внимание на деятельность зарубежных компаний в направлении повышения рентабельности производства по извлечению ценных компонентов из электронного лома и комплексной переработке вторичного сырья.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Опыт ведущих зарубежных фирм в области производства благородных металлов из различных видов вторичного сырья. М. Гиналмаззолото, 1993, 80 с.
2. JOM, 1991, 43, N 4, p. 53-61.
3. Патент ФРГ, опубл. 20.06.90
4. Precious and Rare Metals Technol.: Proc. Symp. Precious and Rare Metals, Apr. 6-8, 1988. - Amsterdam, 1989, 225-240, 365-380, 381-393.
5. Отчет ин-та Гиналмаззолото, 1990, гос. рег. 01900056492.
6. Odzyskiwanie zlota z wybrakowanych plytek drukowanych, Rudy Metale, r. 31. 1988, N 5, s. 35-37.
7. Патент Польши, 146269, C23F, опубл. 31.01.89.
8. Патент Японии, 158828, опубл. 07.12.88.
9. Патент Венгрии, 191365, опубл. 30.05.88.
10. Патент Германии, 253048, опубл. 06.01.88.
11. Dunning B. W. Precious Metals recovery from electronic scrap and solder used in electronics manufacture. - Inf. circ. Bur. Mines. US Dep. Inter-1986, N 9059, p. 44-56.
12. Barbara Kolodziej, Zbigniew Adamski. A Ferric chloride Hydrometallurgical process for recovery of silver from electronic scrap materials. Hydrometallurgy, 12, 1984, p. 117-127.
13. Патент Румынии, 86452, опубл. 30.07.88.
14. Патент Румынии, 79613, опубл. 30.03.85.
15. Патент Чехословакии, 272173, кл. C01G7/00, опубл. 07.11.91.
16. Патент США, 5142549, кл. H01Z 37/305, опубл. 25.08.92.
17. Патент Германии, 280448, кл. C22B 11/00, опубл. 11.07.90.
18. Патент США, 5009755, кл. C25C 1/20, C25C7/00, опубл. 23.04.91.
19. Патент Японии, 313531, опубл. 22.01.91.
20. Заявка ФРГ, 4035960, кл. B07, B 19104, опубл. 14.05.92.
21. Uhiling D., Dietrel W., Schulz G. Aufbereit Techn. 1992. B. 33, N5, s. 239-242, 244-247.
22. А. С. N 1680335, кл. B03, C 1/10, B07, опубл. 30.09.91.
23. ВТОРМЕТ-90: Нац. научн.-техн. конф. с международным участием, Варна, 1990, с. 9-10.
24. Заявка междуна. РТС-92, 09370, кл. B03, B 9/06, с. 22, 6 7/00, опубл. 11.06.92.
25. Metal Bull. 1990, N7510, p. 13.
26. Рекламный проспект института Гиналмаззолото, 1993.

27. Anders U. Aufbereitungs Technic, 1994, B. 35, N2, s. 71-78.
28. Precious Metals News & Review. 1990, v. 14, N3, p. 4-5.
29. IMPI Precious Metals, 1991, v. 14, N12, p. 4-5.
30. IMPI Precious Metals, 1991, v. 15, N5, p. 4-8.
31. IMPI Precious Metals, 1991, v. 13, N9, p. 4-5.
32. Рекламные материалы компании "Gerald Group", 1992.
33. Рекламные материалы компании "Sabin Metal. Corp. ", 1992.
34. Рекламные материалы фирмы "Attendor. ", (Швеция), 1992.
35. Gold Refiner and Bars (World Wide)- Grendon Internat. Research Public. 1992. p. 254-263.
36. Recycl. Today Scrap Market, 1992, v. 30, N 9, p. 30-32.
37. Gold Refiner and Bars (World Wide)- Grendon Internat. Research Public. 1992. p. 146-151, 178-183, 264-265, 306-307.
38. Gold Refiner and Bars (World Wide)- Grendon Internat. Research Public. 1992. p. 340-349.
39. Рекламные материалы компании "Valme", 1993.
40. Gold Refiner and Bars (World Wide)- Grendon Internat. Research Public. 1992. p. 310-313, 320-329, 334-339, 350-355.
41. J. Mining and Mater. Process. Inst. Jap. 1993, v. 109, N 12, p. 1013-1017, 1024-1028, 1048-1065.
42. Gold Refiner and Bars (World Wide)- Grendon Internat. Research Public. 1992. p. 184-213.
43. Gold Refiner and Bars (World Wide)- Grendon Internat. Research Public. 1992. p. 124-131, 158-173.
44. Рекламные материалы компании "AIOC Resources Ltd. ", 1994.
45. Diamond News and S. A. Jeweller. 1992, N 8, p. 22.
46. Gold Refiner and Bars (World Wide)- Grendon Internat. Research Public. 1992. p. 314-319.
47. Рекламные материалы компании "SIPI Metals Corp. ", 1994.