

## Металлургия редких и благородных металлов

кулярной системы молекулами воды инициирует низкоактивационное экзотермическое замещение цианогруппы в дицианоаурате на гидроксильную группу и образование (при участии трех или четырех молекул воды) устойчивой гидроксидцианоауратной структуры. Ввод в ближнесферное окружение более 4 молекул воды приводит к вытеснению цианида калия за пределы ближнесферного полигидратного окружения, что инициирует диссоциацию связи Au—ОН с образованием гидратированного цианоаурата.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ёлшин В.В. // Обогащение руд. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2000. С. 20.
2. Ёлшин В.В., Шагун В.А., Колодин А.А., Овсяков А.А. // Изв. вузов. Цв. металлургия. 2011. № 3. С. 13.
3. Frish M.J., Tracks G.W., Schlegel H.B. Gaussian-94. Revision. Ver. 3. Pittsburgh: Gaussian Inc., 1995.
4. Saldías C., Leiva A., Quezada C. et al. // Eur. Polym. J. 2011. Vol. 47, № 10. P. 1866.
5. Clare B.W., Kepert D.L., Thurgate S.M. // J. Mol. Struct. 2001. Vol. 540, № 1-3. P. 23.
6. Zaitsevskii A., Titov A.V., Rusakov A.A., van Wüllen C. // Chem. Phys. Lett. 2011. Vol. 508, № (4-6). P. 329.
7. Zanti G., Peeters D. // J. Phys. Chem. A. 2010. Vol. 114, № 38. P. 10345.
8. Pakiari A.H., Jamshidi Z. // Ibid. 2007. Vol. 111, № 20. P. 4391.
9. Battocchio C., Fratoddi I., Venditti I. et al. // Chem. Phys. 2011. Vol. 379, № 1-3. P. 92.
10. Миняев Р.М. // Успехи химии. 1994. Т. 63. С. 939 [Russ. Chem. Rev. 1994. Т. 63. P. 883 (Engl. Transl.)].
11. Dewar M.J., Thiel W.B.A. // J. Amer. Chem. Soc. 1977. Vol. 99, № 4. P. 899.
12. Dewar M.J., Grady G.L. // Organometallics. 1985. № 4. P. 1964.
13. Кларк Т. Компьютерная химия. М.: Мир, 1990
14. Паддефат Р. Химия золота. М.: Мир, 1982.

УДК 669.2/658.8

## ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ЭЛЕКТРОННОГО ЛОМА: ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ И СТРАТЕГИЯ ЦЕНООБРАЗОВАНИЯ

© 2013 г. Л.С. Стрижко, Ю.Ю. Костюхин, Г.В. Кружкова, Е.А. Иванова

Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва

Предложена технологическая схема для комплексного дифференцированного извлечения благородных и цветных металлов из многокомпонентного электронного лома с целью улучшения экономического состояния предприятия вторичной металлургии. Представлены преимущества новой технологии и результаты извлечения. Приведены показатели прибыли, получаемые в результате внедрения технологии, с учетом снижения себестоимости золота как основного продукта при попутном извлечении других ценных компонентов. Рассчитан коэффициент эффективности комплексного извлечения цветных и благородных металлов по формуле:  $K = \text{Доход} / \text{Затраты}$ . Проанализировано влияние на прибыль увеличения закупочных цен. Установлено, что уменьшение прибыли на 1 т лома при повышении закупочной цены до 100 % за содержание драгоценных металлов по курсу Центрального банка РФ составило от 0,01 до 0,05 %. Следовательно, существует возможность значительного роста закупочной цены на сырье по сравнению с равновесными ценами рынка. Исследова-

**Стрижко Л.С.** – докт. техн. наук, профессор кафедры цветных металлов и золота МИСиС (119049, г. Москва, В-49, Ленинский пр-т, 4). Тел.: (495) 237-36-33. E-mail: sls\_2007.47@mail.ru.

**Костюхин Ю.Ю.** – канд. экон. наук, профессор кафедры промышленного менеджмента МИСиС. E-mail: Kostuhinyury@mail.ru.

**Кружкова Г.В.** – ст. препод. кафедры инженерной кибернетики МИСиС. Тел.: (495) 236-25-35. E-mail: galkruzhkova@mail.ru.

**Иванова Е.А.** – магистр кафедры цветных металлов и золота МИСиС. E-mail: nottrelenok@gmail.com.

на зависимость годовой прибыли от увеличения производительности для разных категорий лома. Даны рекомендации, на какие именно составы целесообразно повышать закупочные цены. Показано, что возможна реализация управленческого воздействия на объем поставок сырья с помощью стратегии ценообразования. Рост цен на определенные виды лома будет способствовать привлечению поставщиков, увеличению объема производства, расширению ассортимента и получению дополнительной прибыли. Внедрение предлагаемой технологической схемы для комплексного извлечения ценных компонентов из электронного лома и применение стратегии повышения закупочных цен на сырье как специфической стратегии для приобретения необходимых ресурсов и их распределения позволят улучшить показатели экономической эффективности хозяйственной деятельности. Увеличение получаемой прибыли даст возможность предприятию использовать ее для реализации краткосрочных и долгосрочных целей по улучшению своего экономического состояния и укреплению рыночной позиции в условиях конкуренции.

**Ключевые слова:** электронный лом, комплексная переработка, извлечение, технологическая схема, прибыль, стратегия, ценообразование.

A process flow diagram for the complex differential extraction of precious and nonferrous metals from multi-component electronic scrap has been proposed for the purpose of improvement of the enterprise economic status in the secondary metallurgy. The advantages of the new technology and the results of extraction are given. The profit performances, which have been obtained as a result of introducing the technology, the together with the gold value as the main product during incidental extraction of other valuable components are presented. The efficiency coefficient of complex extraction of non-ferrous and precious metals is calculated by formula:  $K = \text{Profit/Expenses}$ . The effect of procurement prices on the profit is analyzed. The profit decrease per 1 ton of scrap is found to amount to 0,01 to 0,05 % with increasing the procurement price of up to 100 % for the content of precious metals at the rate of the Central Bank of Russia. Consequently, there is the possibility of significant growth of the procurement price for raw materials in comparison with the equilibrium prices of the market. The dependence of the annual profit on increased productivity for different scrap types has been analyzed. The compositions are recommended the procurement prices of which are to be increased. Realization the administrative impact on the scope of raw material supplies with the use of the pricing strategies is shown to be possible. The price increase for certain scrap types will provide the opportunity to attract suppliers, to increase the production, to expand the range of products, and obtain the additional income. Implementation of the proposed flowsheet for the complex recovery of valuable components from electronic scrap and the use of the raw materials procurement price increasing strategy for as a specific strategy for purchasing necessary resources and their distribution will allow us to improve the economic efficiency of the business activity. Increase in the profit will make possible the company to use it for realization of short- and long-term goals to improve their economic condition and strengthen the market position in the competitive environment.

**Key words:** electronic scrap, complex processing, recovery, process flow, profit, strategy, price formation.

В настоящее время во всем мире, в том числе и в России, быстрыми темпами растет объем электронного лома, пригодного для вторичной переработки с целью извлечения драгоценных и цветных металлов. Увеличение количества электронных отходов после технического перевооружения отраслей промышленности, модернизации парка компьютеров и других электронных устройств в 2011 г. составило примерно 30 % по сравнению с предыдущим годом [1]. Образовавшиеся отходы, с одной стороны, наносят огромный вред окружающей среде, а с другой — представляют собой ценнейшие ресурсы, в сотни и тысячи раз превосходящие природные источники по содержанию полезных компонентов. Рост цен на золото, наблюдающийся в последние годы, и стабильно высокие цены на другие драгоценные металлы [2] делают экономически выгодной переработку электронного лома.

Предлагаемые к рассмотрению данные о составе сырья, применяемых технологиях и экономических показателях получены при анализе работы одного из предприятий, занятого переработкой вторичного сырья, содержащего драгоценные металлы.

Изучение состава электронного лома дает основание отнести его к классу неоднородного полиметаллического сырья (табл. 1). Массовая доля суммарного содержания драгоценных металлов в электронном ломе в среднем составляет 0,1—0,15 [3]. Обычно на переработку поступает лом различного состава, включающего полимерные материалы, тугоплавкие металлы, керамические материалы и остальные металлы, в том числе и благородные [4—6]. В результате анализа структуры электронного лома было выделено 6 типов (составов) наиболее часто перерабатываемого сырья [3]:

- 1 — лом электронных систем военной техники;
- 2 — печатные платы;
- 3 — обобщенный состав смешанного лома электронных приборов;
- 4 — ЭВМ типа IBM;
- 5 — элементы с функциями переключения;
- 6 — транзисторные стеклянные изоляторы.

Экономические оценки процессов переработки электронного лома с извлечением только золота и серебра указывают на недостаточную эффективность такого производства из-за низкого содержа-



— простота аппаратного оформления, применение невысоких температур и высокие экологические показатели.

Использование на предприятии данной технологической схемы позволит существенно повысить получаемую прибыль.

В табл. 2 представлена информация о производительности технологии по каждому составу, полученная на основе данных одного из аффинажных заводов.

На основе полученных от производителей данных по объему годовой переработки лома для каждого из его 6 составов были рассчитаны чистая годовая прибыль и прибыль на 1 т лома (табл. 3). Учтены снижение себестоимости золота как основного продукта при попутном извлечении других ценных компонентов, а также необходимые затраты и вычеты [8–10].

Таблица 2  
Производительность технологии по каждому металлу, кг/год

Состав	Au	Ag	Cu	Pb	Sn	Pt–Pd
1	77,60	404,20	20265,60	2866,50	11417,20	661,50
2	44,52	2350,00	3760,13	433,16	218,96	144,59
3	29,10	169,20	26784,00	3071,25	6486,00	28,35
4	60,14	2716,60	2304,00	154,70	226,32	28,35
5	4,85	188,00	15840,00	1806,35	1840,00	0,00
6	97,00	188,00	125,76	87,36	115,00	10,40
Извлечение						
	0,97	0,94	0,96	0,91	0,925	0,945

Таблица 3  
Показатели чистой годовой прибыли и прибыли на 1 т лома при использовании технологической схемы комплексного извлечения цветных и благородных металлов

Состав	Производительность, т/год	Чистая прибыль, тыс. руб./год	Прибыль, тыс. руб./(т·год)
1	100	81091,75	810,92
2	17	46594,83	2740,87
3	150	30406,08	202,71
4	20	62632,78	3131,64
5	50	5054,34	101,09
6	10	101413,61	10141,36

Таблица 4  
Доли годовой прибыли от извлечения драгоценных, цветных металлов и платиноидов

Состав	Вклад в прибыль, %			Всего, %
	Au, Ag	Цветные металлы	Платиноиды	
1	13,49	1,68	84,83	100,00
2	30,92	0,49	68,60	100,00
3	51,89	13,39	34,71	100,00
4	75,21	0,59	24,20	100,00
5	63,12	36,88	0,00	100,00
6	91,79	0,09	8,12	100,00

Таблица 5  
Коэффициент эффективности комплексной переработки лома

Состав	Au + Ag + + цв. металлы	Au + Ag + Pt	Au + Ag + Pt + + цв. металлы
1	2,05	13,31	13,54
2	2,06	6,51	6,55
3	1,66	2,20	2,54
4	2,76	3,62	3,64
5	0,42	0,27	0,42
6	2,04	2,22	2,22
Суммарный коэффициент			
	12,99	16,48	16,58

Рассчитанные показатели прибыли от переработки 1 т каждого из составов лома значительно различаются, поскольку процентное содержание драгоценных металлов в них разное. Наиболее прибыльными для переработки являются составы 2, 4 и 6, наименее прибылен состав 5. В случае, если вся дополнительно полученная продукция будет реализована, повышение прибыли составит в среднем 246 % (данные расчетов здесь не приводятся).

В ходе проведенного исследования для каждого из 6 составов были рассчитаны доли годовой прибыли от извлечения золота и серебра, цветных металлов, а также платиноидов (табл. 4).

По результатам анализа прироста прибыли благодаря применению технологии комплексной переработки сырья был рассчитан коэффициент эффективности комплексного извлечения цветных и благородных металлов по формуле  $K = \text{Доход}/\text{Затраты}$  (табл. 5).

Получение дополнительной прибыли в результате использования технологии комплексного извлечения дает возможность предприятию направить ее часть на повышение закупочных цен. По сложившейся практике цена за лом устанавливается в зависимости от содержания в нем драгоценных металлов (ДМ), а именно оплачивается 50 % содержащихся в нем ДМ по курсу ДМ Центрального банка (ЦБ) РФ. В табл. 6 эти показатели приведены по состоянию на декабрь 2011 г.

Приведенные в табл. 6 цены на различные виды лома являются на рынке равновесными, и крупные предприятия закупают по ним сырье. Нас интересовало следующее: можно ли увеличить закупочные цены на различные категории лома без снижения прибыли и в каких пределах? Было проанализи-

Таблица 6  
Цена за различные сорта лома при оплате 50 % за содержание ДМ

Состав	Au	Ag	Pt	Pd	Цена, руб./кг лома
Цена ДМ по курсу ЦБ РФ, \$/тр.унц.					
	1752,8	39,61	1764,44	693,94	
Цена ДМ по курсу ЦБ РФ, руб./г					
	1651,3	37,3	1662,32	653,78	
Содержание, мас. %					
1	0,08	0,43	0,70		<b>541,73</b>
2	0,27	2,50	0,90		<b>893,52</b>
3	0,02	0,18	0,02		<b>35,54</b>
4	0,31	2,89	0,15		<b>448,33</b>
5	0,01	0,20	0,00		<b>13,55</b>
6	1,00	0,20	0,11		<b>1009,23</b>

Таблица 7  
Величина годовой прибыли в зависимости от увеличения переработки за год

Увеличение переработки, %	Годовая прибыль, тыс. руб., для различных составов					
	1	2	3	4	5	6
10	89442,10	51547,54	33447,43	69218,5	5561,21	111552,29
20	97548,77	56200,24	36488,78	75504,22	6068,08	121690,97
30	105666,51	60852,95	39530,13	81789,94	6574,95	131829,65
40	113762,25	65505,66	42571,48	88075,66	7081,82	141968,32
50	121868,98	70158,37	45612,82	94361,39	7588,69	152107,00

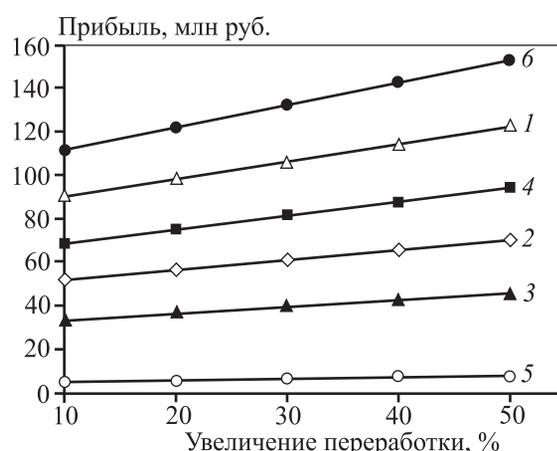


Рис. 2. Зависимость годовой прибыли от увеличения объемов переработки различных составов лома (цифры у кривых)

ровано влияние повышения закупочной цены на единичную прибыль (т.е. на 1 т перерабатываемого лома). Уменьшение единичной прибыли при росте закупочной цены до 100 % за содержание ДМ по курсу ДМ ЦБ РФ составило от 0,01 до 0,05 %. Отсюда следует, что существует возможность значительного повышения закупочной цены на сырье по сравнению с равновесными ценами.

В ходе выполнения работы была исследована зависимость годовой прибыли от увеличения переработки за год (табл. 7) и по расчетным данным построены графики (рис. 2).

В наибольшей степени прибыль возрастает при повышении объемов переработки составов 1 и 6 вследствие большего в них содержания золота.

Также были рассчитаны значения годовой и дополнительной прибыли при увеличении общей переработки лома на 1, 3, 5 и 10 % (табл. 8).

Приведенные в табл. 8 данные показывают, что на прибыль, полученную от дополнительной переработки 1 % лома, можно закупить 11,33 т лома, что

Таблица 8

**Годовая и дополнительная прибыль при увеличении общей переработки лома**

Производительность, т/год	Годовая прибыль, тыс. руб.	Дополнительная прибыль, тыс. руб.	Объем лома, который можно купить на дополнительную прибыль	
			т	% от годового объема переработки
347	327193,39	—		
347 + 1 %	330464,55	3271,16	11,33	3,27
347 + 3 %	337006,85	9813,46	34,00	9,80
347 + 5 %	343549,16	16355,77	56,66	16,33
347 + 10 %	359904,93	32711,54	113,32	32,66

составит 3,27 % от объема годовой переработки. Но, учитывая, что наиболее прибыльными являются составы 2, 4 и 6, дополнительную прибыль целесообразно направить на закупку именно этих категорий лома. Соответственно, на них рекомендуется увеличить закупочные цены. Например, если годовая производительность по составу 2 возрастет с 17 до 20 т, по составу 4 — с 20 до 22 т и по составу 6 — с 10 до 15 т (т.е. общее увеличение переработки составит 10 т, или 2,88 %), то повышение прибыли будет равно 16,57 %, или 54200,85 тыс. руб. При увеличении закупочной цены на эти составы на 50 % дополнительная прибыль снизится до 54060,90 тыс. руб., т.е. на 0,26 %. А при увеличении закупочной цены вдвое дополнительная прибыль составит 53920,94 тыс. руб., что на 0,52 % ниже прибыли, полученной от дополнительной переработки 10 т составов 2, 4 и 6 без удорожания закупочной цены. Следовательно, уменьшение прибыли при большей закупочной цене весьма незначительно, поэтому рекомендуется повышать цены на определенные виды лома с целью привлечения поставщиков, увеличения объема производства и получения дополнительной прибыли.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Внедрение предлагаемой технологической схемы для комплексного извлечения ценных компонентов из электронного лома и применение стратегии роста закупочных цен на сырье как специфической стратегии для приобретения необходимых ресурсов и их распределения позволят расширить объем производства, получить дополнительную прибыль, а следовательно, повысить экономическую эффек-

тивность хозяйственной деятельности. Дополнительную прибыль можно вкладывать в увеличение фонда заработной платы и, при необходимости, в модернизацию оборудования. Ее использование предприятием для реализации краткосрочных и долгосрочных целей по улучшению его экономического состояния будет способствовать укреплению его рыночной позиции в условиях конкуренции.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Тесленко В. Аффинаж золота в России в 2010 году. <http://www.zoltech.ru>.
2. Рынок драгоценных металлов 2011: Анал. обзор. <http://www.metalresearch.ru>.
3. Стрижко Л.С., Лолейт С.И. Извлечение цветных и благородных металлов из электронного лома. М.: Изд. дом «Руда и металлы», 2009.
4. Переработка вторичного сырья, содержащего драгоценные металлы / Под ред. Ю.А. Карпова. М.: Гиналмазолото, 1996.
5. Карпов Ю.А. // Завод. лаб. 1996. № 10. С. 4.
6. Котляр Ю.А., Меретуков М.А., Стрижко Л.С. Металлургия благородных металлов. М.: Изд. дом «Руда и металлы», 2005.
7. Лексин В.Н., Крупкин Н.В., Мельник Л.Г. Эффективность совершенствования производства в цветной металлургии. М.: Металлургия, 1980.
8. Косоруков О.А. Методы количественного анализа в бизнесе. М.: Инфра-М, 2005.
9. Салманов О.Н. Математическая экономика с применением Mathcad, MS Excel. СПб.: БХВ-Петербург, 2003.
10. Сергеев И.В. Экономика предприятия. М.: Финансы и статистика, 2001.