

## К ВОПРОСУ ОБ УПРАВЛЕНИИ ОТХОДАМИ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕХНИКИ В СИСТЕМЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МЕНЕДЖМЕНТА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**В.Р. Гофман, А.А. Попов**

В мире наблюдается значительное увеличение количества используемой электронной техники. Наряду с безусловной пользой обществу, эта техника создает большое количество негативных экологических проблем, решение которых становится всё более актуальным. По данным UNEP, в последнее десятилетие ежегодно образуется от 20 до 50 млн тонн отходов мирового потребления электронной техники, её доля в общем количестве муниципальных отходов за этот период увеличилась с 4 до 6 %, а темпы роста составляют 3-6 % в год против 1-2 % в год для прочих муниципальных отходов, что указывает на низкую эффективность системы управления отходами потребления электронной техники в структуре экологического менеджмента.

*Ключевые слова: электронная техника, отходы потребления, химический состав, экономическая стоимость, экологический менеджмент.*

К настоящему времени, как показал анализ имеющихся данных [1-8], общемировые продажи персональных компьютеров, включая серверы и ноутбуки, составили в 2006, 2007 и 2008 гг. соответственно 235, 267 и 308 млн штук, прогнозируемая на 2012 г. величина продаж составляет свыше 400 млн штук. По состоянию на апрель 2009 г. в Российской Федерации насчитывалось до 50 млн телевизоров старше 10 лет, почти 23 млн компьютеров, ноутбуков и серверов старше 2 лет, 20-21 млн мониторов старше 4 лет и порядка 10 млн прочей высокотехнологичной аппаратуры старше 5 лет. Приведенные цифры характеризуют суммарное потенциальное количество отходов потребления этой электронной техники, величиной около 100 млн единиц. При средней массе телевизора, выпущенного 10 лет назад, равной около 20 кг, компьютера произведенного 2-3 года назад, - 7,5 кг, ноутбука - 2,2 кг, монитора с электронно-лучевой трубкой, выпущенного 5 лет назад, - 13,9 кг, жидкокристаллической матрицы - 7,2 кг, лазерного или струйного МФУ - 11 кг, принтера - 5,5 кг, копира - 46 кг, сканера - 2,1 кг, факса - 5 кг, ИБП - 1 кг общая масса отходов достигает величины, равной 1,3-1,5 млн т.

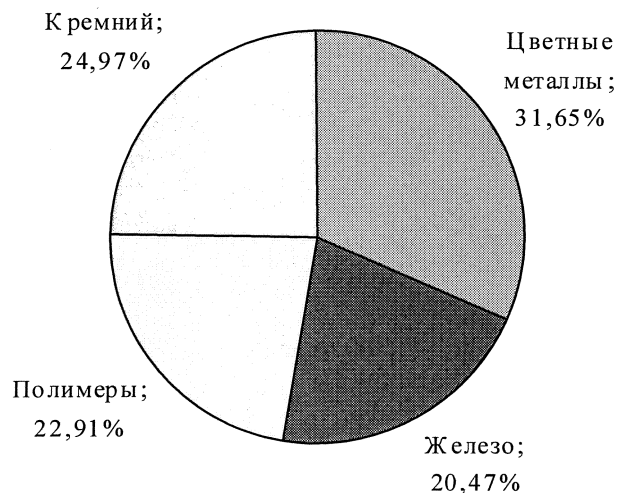


Рис. 1. Структура содержания основных компонентов отходов потребления электронной техники

На рис. 1 представлена общая структура содержания компонентов в отходах потребления электронной техники, иллюстрирующая, в частности, тот факт, что наибольшую долю по массе имеет категория цветных металлов, а суммарная доля всех металлов превышает 50 % от общей массы этих отходов. Соотношение массовых содержаний основных компонентов приведено на рис. 2. Для расчета экономической ценности компонентов использована информация источников [13-16], а также профессиональный программный пакет «АЛЬТ-эксперт». Структура экономической ценности отходов потребления электронной техники с учетом краткосрочного (2 года) тренда цен приведена на рис. 3.

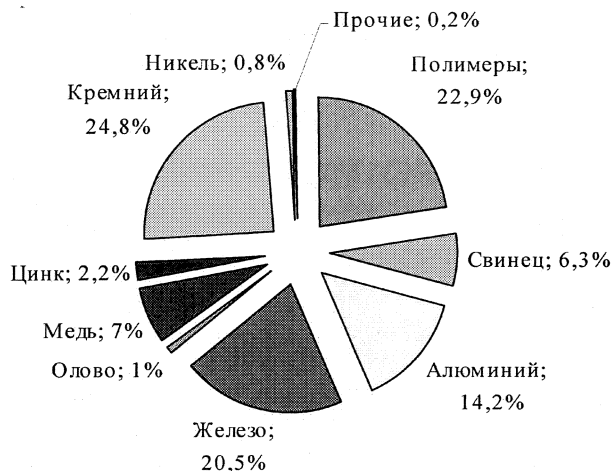


Рис. 2. Массовые доли основных компонентов отходов потребления электронной техники



Рис. 3. Общая структура экономической ценности отходов потребления электронной техники с учетом краткосрочного тренда цен

Из рис. 3 видно, что максимальную долю в стоимостном выражении в структуре экономической ценности отходов потребления электронной техники представляет категория цветных металлов, что хорошо согласуется с данными мировых переработчиков данного вида отходов.

Очевидно, что при таких существенных объемах отходов электронной техники исследование их компонентного состава и анализ экономической ценности представляют научный и практический интерес. В соответствии с [9, 10] в состав отходов потребления электронной техники входит до 48 компонентов, в том числе черные и цветные металлы, кремний в виде стекла и органоминеральных комплексов, технические полимеры. В таблице представлены обобщенные данные о содержании компонентов в отходах потребления электронной техники с данными по эффективности восстановления и с учетом поправок на извлечение [11-12].

Таблица

Компонентный состав отходов потребления электронной техники

Наименование компонента	Доля от общей массы, %	Масса в расчетном количестве отходов, т	Восстановление, %	Область идентификации материала
1	2	3	4	4
Алюминий	14,1722	185 624,5–211 701,6	80	Корпуса, теплоотводы, проводка
Барий	0,0315	412,6–470,5	0,0	Вакуумные трубки ЭЛТ
Бериллий	0,0157	205,6–234,5	0,0	Теплоотводы, печатные платы, проводка
Ванадий	0,0002	2,6–3	0,0	Люминофоры
Висмут	0,0063	82,5–94,1	0,0	Смачивающие вещества (печатные платы)
Галлий	0,0013	17–19	0,0	Полупроводники
Германий	0,0016	21–24	0,0	Полупроводники
Европий	0,0002	2,6–3	0,0	Люминофоры, печатные платы
Железо	20,4712	268 125,6–305 792,6	80	Корпуса, магниты
Золото	0,0016	21–24	99	Печатные платы
Индий	0,0016	21–24	60	Транзисторы, выпрямители
Иттрий	0,0002	2,6–3,0	0,0	Люминофоры
Кадмий	0,0094	123,1–140	0,0	Батареи, люминофоры
Кобальт	0,0157	205,6–234,5	85	Корпуса, магниты,
Кремний (1)	24,8000	324 823–370 455	0,0	Стекло
Кремний (2)	0,0803	1 052–1 200	0,0	Процессоры
Марганец	0,0315	412,6–470,5	0,0	Корпуса, магниты
Медь	6,9287	90 750–103 498,8	90	Теплоотводы, проводка
Мышьяк	0,0013	17–19	0,0	Транзисторы

Никель	0,8503	11 137–12 701,5	80	Корпуса, магниты
Ниобий	0,0002	2,6–3,0	0,0	Сварочные швы корпуса
Олово	1,0078	13 200–15 054,2	70	Припои плат, ЭЛТ
Палладий	0,0003	4,0–4,5	95	Печатные платы
Платина	0,00014	2,0	95	Печатные платы
Полимеры	22,9007	301 125,3–343 428,2	20	Корпуса, печатные платы, изоляция и пр.
Родий	0,0001	1,3–1,5	50	Печатные платы
Ртуть	0,0022	28,8–32,9	0,0	Батареи, выключатели
Рутений	0,0016	21–24	80	Резисторы замыкания
Свинец	6,2988	82 500–94 089,6	5,0	Припои, теневые маски
Селен	0,0016	21–24	70	Выпрямители
Серебро	0,0189	247,5–282,3	98	Связующие, проводка печатных плат
Сурьма	0,0094	123,1–140	0,0	Диоды
Тантал	0,0157	205,6–234,5	0,0	Конденсаторы, блок питания
Тербий	0,0001	1,3–1,5	0,0	Люминофоры, лампы
Титан	0,0157	205,6–234,5	0,0	Пигмент, легирующий агент в стали
Хром	0,0063	82,5–94,1	0,0	Декоративные элементы
Цинк	2,2046	28 875,2–32 931,7	60	Батареи, люминофоры

Как видно из таблицы, многие материалы, входящие в состав отходов потребления электронной техники, весьма токсичны, при этом не все из них возможно извлечь в силу отсутствия в настоящее время соответствующих научно-технических решений. По имеющимся данным [11], средняя сырьевая стоимость этих отходов достигает 5306 USD/т.

На рис. 4 представлена детализированная структура экономической ценности отходов потребления электронной техники с учетом краткосрочного (2 года) тренда цен и с указанием среднего объема компонента в тоннах.

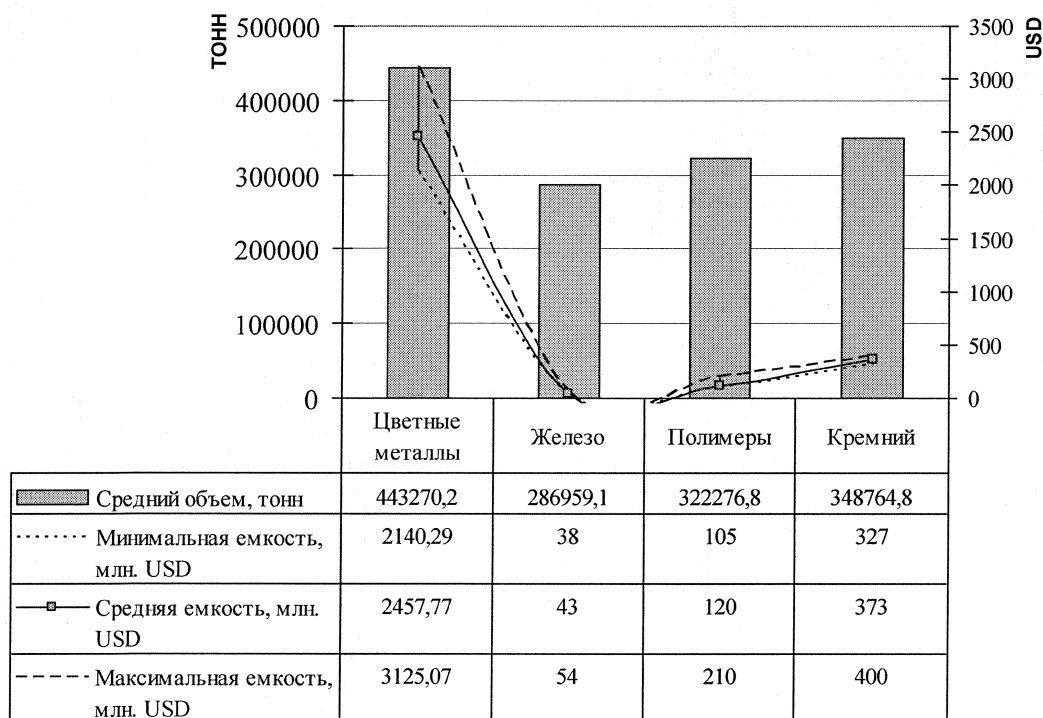


Рис. 4. Структура экономической ценности отходов потребления электронной техники с учетом краткосрочного тренда цен и с указанием среднего объема компонента в тоннах

Общее содержание тяжёлых металлов в отходах потребления электронной техники составляет 17,2902% и имеет структуру экономической ценности в отходах потребления электронной техники, приведенную на рис. 5. Содержание лёгких цветных металлов (алюминий, магний, титан, бериллий, кальций, стронций, барий, литий, натрий, калий, рубидий, цезий) в отходах потребления электронной техники составляет 14,2362 %, причем на алюминий приходится 14,1722 %. Структуру экономической ценности металлов бария, бериллия, титана в отходах потребления электронной техники демонстрирует рис. 6.

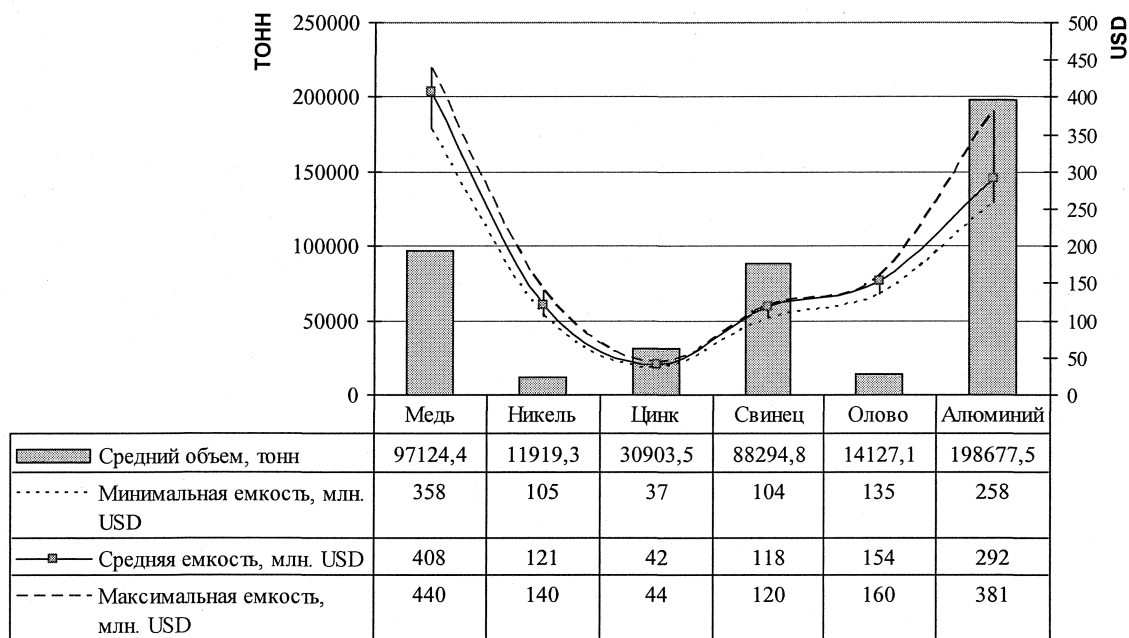


Рис. 5. Структура экономической ценности цветных (тяжёлых) металлов (алюминий дан для сравнения ввиду его значительного содержания в отходах)

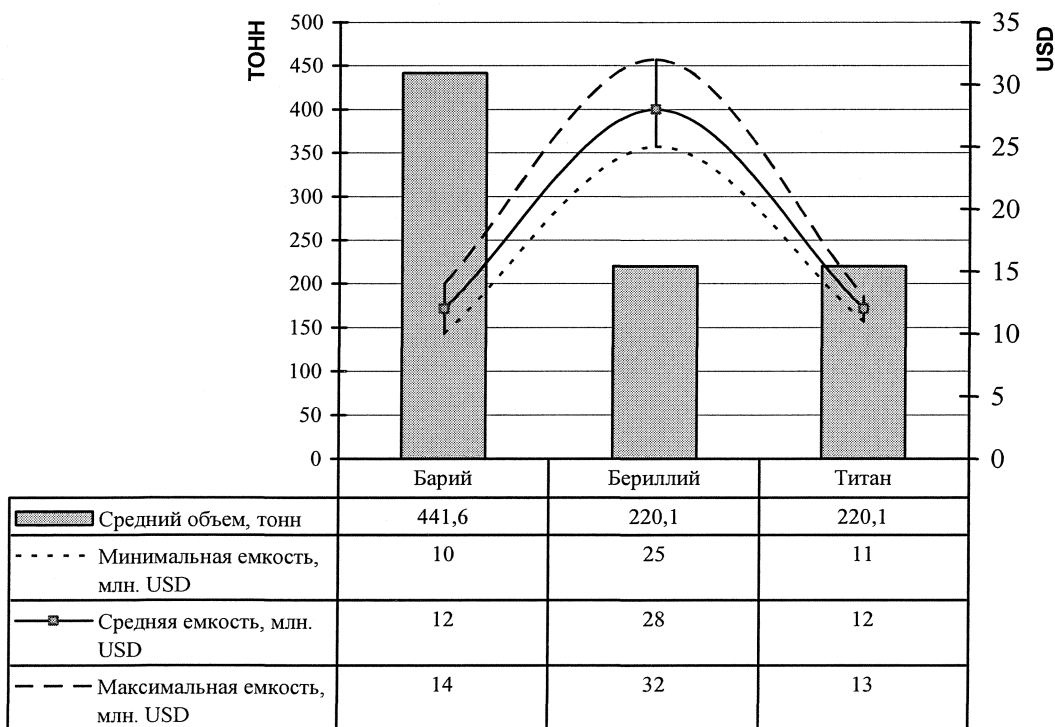


Рис. 6. Структура экономической ценности бария, бериллия, титана

Содержание в отходах потребления электронной техники благородных металлов - золота, серебра, платины, осмия, рутения, родия, палладия, составляет 0,02264 %, при этом доля серебра равна 0,0189 %. Структура экономической ценности благородных металлов в отходах потребления электронной техники показана на рис. 7.

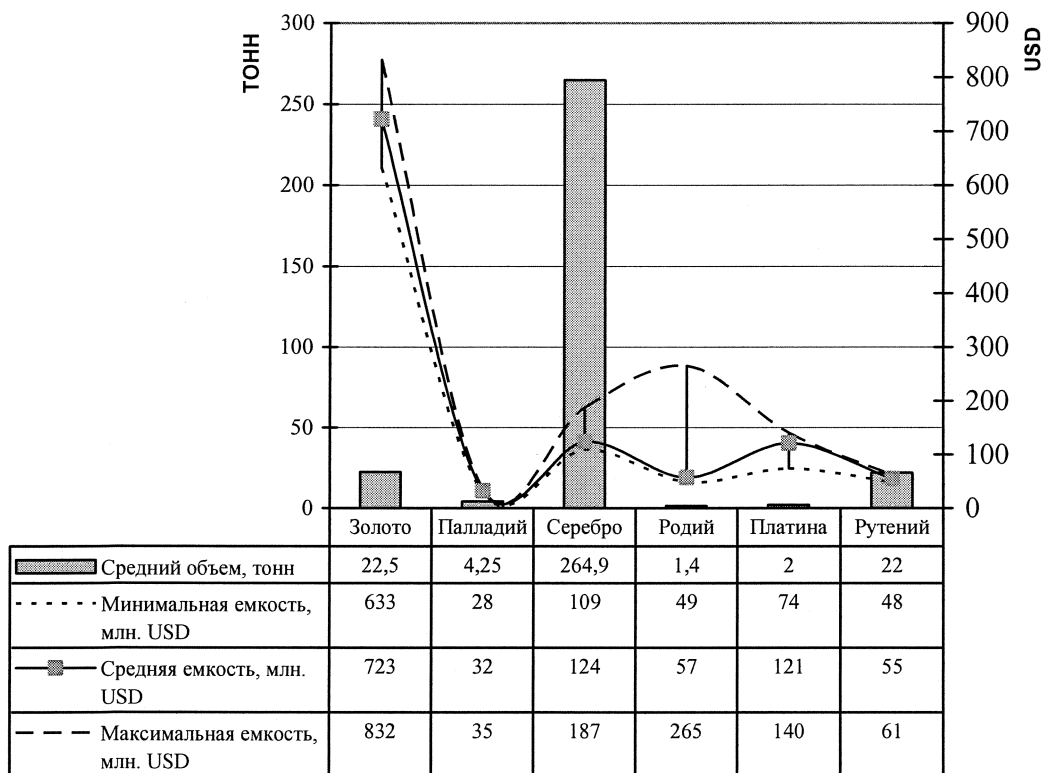


Рис. 7. Структура экономической ценности благородных металлов

Содержание «малых» металлов - кобальта, кадмия, сурьмы, висмута, ртути, мышьяка в отходах потребления электронной техники составляет 0,0443 %. Структура экономической ценности «малых» металлов в отходах потребления электронной техники приведена на рис. 8. Для тугоплавких металлов - вольфрама, молибдена, ванадия, тантала, ниобия, хрома, марганца, циркония общее содержание в отходах потребления электронной техники равно 0,0541 %, причем на тантал приходится 0,0315 %. Структура экономической ценности тугоплавких металлов в отходах потребления электронной техники приведена на рис. 9.

Общее содержание редкоземельных металлов - лантана, церия, празеодима, неодима, самария, европия, гадолиния, тербия, иттербия, диспрозия, гольмия, эрбия, тулия, лютеция, прометия, скандия, иттрия оценивается в 0,0006 %. Общее количество рассеянных металлов - индия, германия, галлия, таллия, рения, гафния, селена, теллура составляет 0,0062 %, структура их экономической ценности в отходах потребления электронной техники совместно с редкоземельными металлами приведена на рис. 10.

Необходимо отметить, что существенное увеличение объема отходов потребления электронной техники инициировано намерениями правительств экономически развитых стран, в том числе Российской Федерации, к переходу в ближайшие годы на стандарты цифрового телерадиовещания (при более чем 60 %-ной доле телевизоров в общей структуре мировых продаж электронной техники).

В этой связи представляется актуальным анализ современной классификации отходов потребления электронной техники и прогрессивных методов управления ими, применяемых в экономически развитых странах, выявление условий, создающих стимулы или принуждающих к подобного рода деятельности, выработка предложений по совершенствованию системы управления отходами потребления электронной техники в Российской Федерации с учетом передового отечественного опыта.

чественного и зарубежного опыта, разработка и внедрение эффективно действующих законодательной базы и системы государственных стандартов, перспективных технических решений и действенных экономических инструментов, а также организация различных форм вовлечения в эту деятельность и создание условий для соответствующей мотивации как хозяйствующим субъектам, так и населению.

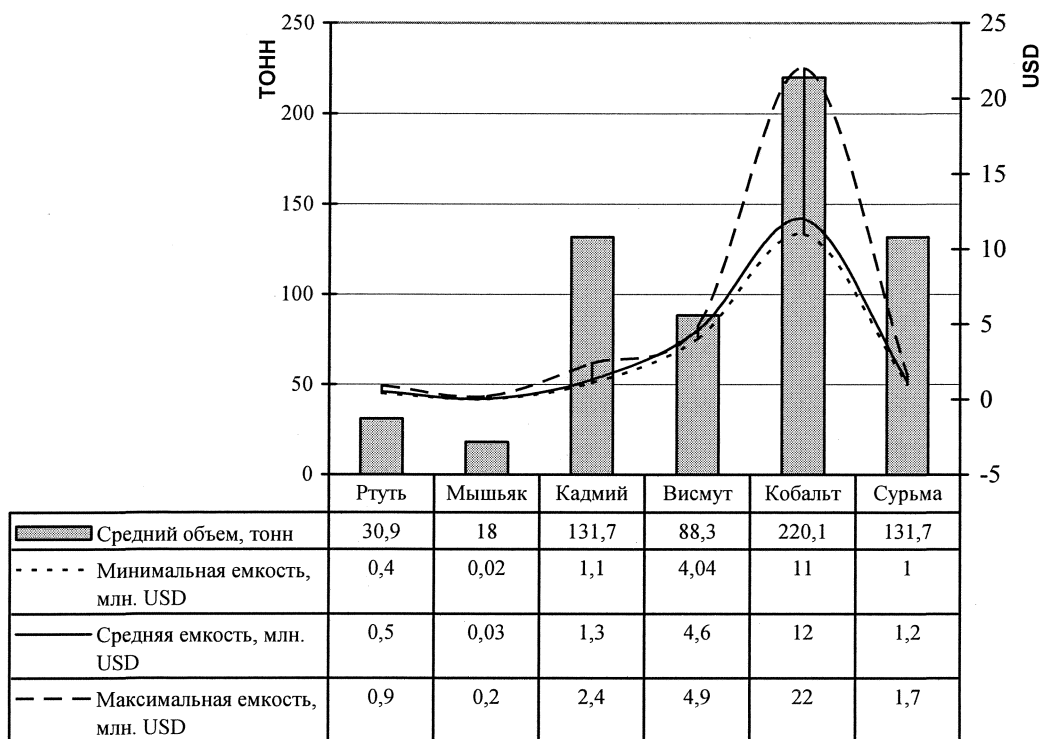


Рис. 8. Структура экономической ценности кобальта, кадмия, сурьмы, висмута, ртути, мышьяка

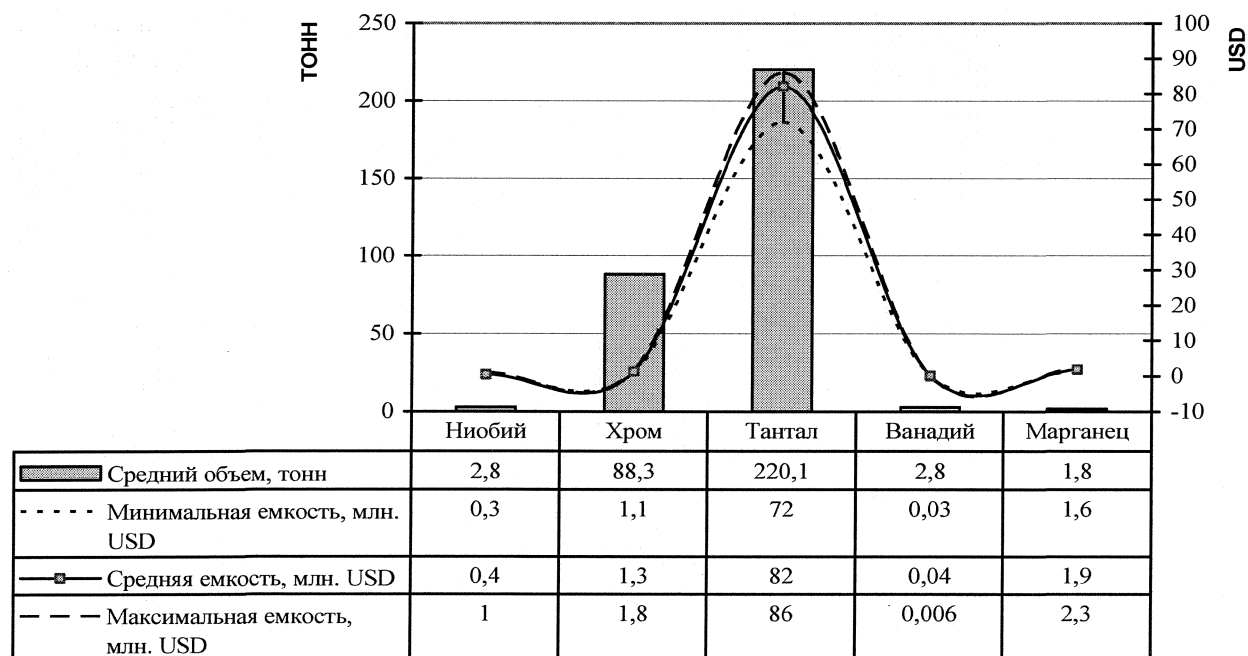


Рис. 9. Структура экономической ценности тугоплавких металлов

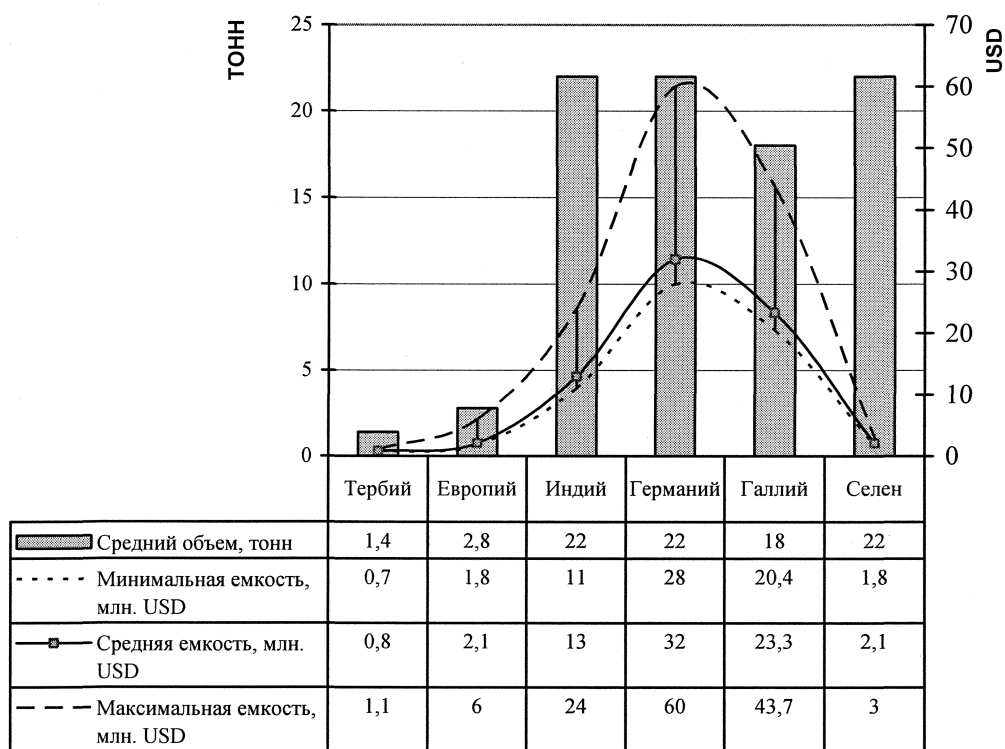


Рис. 10. Структура экономической ценности редкоземельных металлов

Как видно из рис. 4-10, основными целевыми компонентами, потенциально представляющими существенную экономическую выгоду, являются:

- все драгоценные металлы: золото, серебро, родий и платина, которые относятся к категории с емкостью свыше 100 млн USD, а палладий и рутений к категории с емкостью от 10 до 100 млн USD, причем их средневзвешенная суммарная стоимость составляет 1112 млн USD при массовой доле 0,02264 %;

- тяжелые цветные металлы: медь, никель, свинец и олово, относящиеся к категории с емкостью свыше 100 млн USD, а цинк - к категории с емкостью от 10 до 100 млн USD, средневзвешенная суммарная стоимость которых составляет 843 млн USD;

- стекло и кремнийсодержащие элементы, доля которых в рассматриваемом случае составляет не менее 373 млн USD;

- легкие цветные металлы, в основном из-за большого количества алюминия, их средневзвешенная емкость равна 346 млн USD;

- полимеры, поскольку постоянно совершенствуется технология их переработки и имеется постоянный спрос, при этом их средневзвешенная емкость составляет 121 млн USD;

- железо, по причине простоты извлечения при средневзвешенной емкости, равной 43 млн USD;

Исходя из полученных данных средневзвешенных емкостей по каждой группе, суммарная экономическая ценность отходов потребления электронной техники в Российской Федерации составляет в настоящее время не менее 2990,5 млн USD, что соответствует среднересурсной стоимости отходов потребления электронной техники не менее 2283,2 USD/мт (ДЛЯ сравнения: стоимость 1мт алюминия в текущем году не превысила 1833 USD).

#### Заключение

Отходы потребления электронной техники нельзя рассматривать в полной мере как сырьевой ресурс, ввиду невозможности точного прогноза объемов и сроков поступления, а также достаточной определенности химического состава компонентов. Тем не менее при существующих значительных объемах данного вида отходов, знании структуры продаж и общих закономерностей выбытия из обращения электронной техники, можно с достаточной степенью точности оце-

нить их общую экономическую ценность, составить относительно достоверный прогноз, определить оптимальные объемы технологической переработки с целью извлечения тех или иных ценных компонентов, провести анализ емкости рынка обращения с отходами электронной техники и рассчитать предотвращенный эколого-социально-экономический ущерб, реализовав таким образом экономически целесообразное и экологически эффективное решение актуальной проблемы управления отходами потребления электронной техники в системе экологического менеджмента.

### Литература

1. [www.itu.int](http://www.itu.int)
2. [www.unep.org](http://www.unep.org)
3. [www.idc.com](http://www.idc.com)
4. [www.research.rbc.ru/research/562949953426636.shtml](http://www.research.rbc.ru/research/562949953426636.shtml)
5. [www.ratek.org](http://www.ratek.org)
6. [www.economy.gov.ru/wps/wcm/connect/economylib/mert/welcome/pressservice/eventschronicle](http://www.economy.gov.ru/wps/wcm/connect/economylib/mert/welcome/pressservice/eventschronicle)
6. [www.research.rbc.ru/research/562949953544256.shtml](http://www.research.rbc.ru/research/562949953544256.shtml)
7. <http://bd.fom.ru/report/map/projects/internet/internet0702/int0702>
8. [www.backthruthefuture.com/enviro\\_issues.php](http://www.backthruthefuture.com/enviro_issues.php)
9. Microelectronics and Computer Technology Corporation (MCC), 2006. Electronics Industry Environmental Roadmap. Austin TX (MCC). Report 3., 271 p.
10. Umicore: BC OEWEG - Metals recovery from e - scrap, CEO Hristian Hadelucen, 01/03/2009.
11. USGS Mineral commodity summaries, 811 pages, 07/09/2007.
12. [www.e-insit.net/](http://www.e-insit.net/)
13. [www.metaltorg.ru/analytics/color/](http://www.metaltorg.ru/analytics/color/)
14. [www.metalbulletin.ru/allprices/](http://www.metalbulletin.ru/allprices/)
15. [www.kitco.com](http://www.kitco.com)

Поступила в редакцию 21 июня 2009 г.

## TO A QUESTION ON A WASTE MANAGEMENT OF CONSUMPTION OF ELECTRONIC TECHNICS IN SYSTEM OF ECOLOGICAL MANAGEMENT IN THE RUSSIAN FEDERATION

In the world substantial growth of the quantity, used electronic technics is observed. Bringing unconditional advantage to a society, this technics creates a lot of negative environmental problems which decision becomes all more actual. According to UNEP last decade in the world it is annually formed from 20 up to 50 million tons of waste of consumption of electronic technics, its share in total of municipal waste for this period has increased with 4 up to 6 %, and rates of growth make 3-6 % a year against 1-2 % a year for other municipal waste that specifies a low system effectiveness of a waste management of consumption of electronic technics in structure of ecological management.

*Keywords: electronic technics, waste of consumption, a chemical compound, economic cost, ecological management.*

**Hoffman Valeri Rafaelievich** - PhD (Engineering), The senior scientific employee, Associate Professor, Ecology and Nature Management Subdepartment, South Ural State University.

**Гофман Валерий Рафаэльевич** - кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент, кафедра «Экология и природопользование», Южно-Уральский Государственный Университет.

E-mail: [treegreen@yandex.ru](mailto:treegreen@yandex.ru)

**Попов Andrei Andreevich** - Undergraduate of Chemical Department, South Ural State University.

**Попов Андрей Андреевич** - студент химического факультета, Южно-Уральский государственный университет.

E-mail: [andrey\\_eco2eco@mail.ru](mailto:andrey_eco2eco@mail.ru)