

УДК 543.621;54.062

ВОЗВРАТНОЕ МЕТАЛЛСОДЕРЖАЩЕЕ СЫРЬЕ — ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И КЛАССИФИКАЦИЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ СЕРТИФИКАЦИИ (обобщающая статья)¹

© М. С. Доронина^{2,3}, Ю. А. Карпов^{2,3}, В. Б. Барановская^{2,3}, С. И. Лолейт⁴

Статья поступила 24 ноября 2015 г.

Введено обобщающее понятие «возвратное металлсодержащее сырье» (ВМС), рассмотрены источники ВМС, содержащего цветные, редкие и благородные металлы. Приведена обобщенная информация о содержании ценных компонентов в различных видах возвратного металлсодержащего сырья, а также его классификация по различным признакам.

Ключевые слова: возвратное металлсодержащее сырье (ВМС); сертификация ВМС; классификация ВМС.

Развитие техники повлекло за собой кардинальное расширение применения цветных, редких и благородных металлов, их сплавов и соединений. Однако увеличение их производства из рудного сырья сопряжено со значительными трудностями: ограниченностью и невозполнимостью запасов руд многих металлов; снижением содержания металла в минеральном сырье [1]; большими капитальными затратами на разработку новых месторождений; образованием техногенных отходов, оказывающих негативное влияние на экологию [2].

В современном производстве металлов с каждым годом усиливается роль возвратного металлсодержащего сырья (ВМС) [3]. Термин «возвратное сырье» пока не является общепринятым. Чаще употребляют такие термины, как вторичное сырье (лом и отходы того, что ранее было в употреблении) и техногенное сырье (отвалы, шлаки, шламы, хвосты, в первую очередь, горно-металлургического производства). Термин «возвратное сырье», используемый в данной работе, включает в себя вторичное и техногенное сырье, которое пригодно для дальнейшего использования.

Пропорционально увеличению металлофонда растет количество амортизационного лома, отходов производства, таких как пиритные огарки, тонкие фракции пыли доменных печей, богатые по содержанию ценных компонентов шлаки цветной металлургии,

отходы химической промышленности и т.д. На машиностроительных и обрабатывающих предприятиях образуются десятки тысяч тонн стружки и других отходов. Произошло сокращение вооружений и, как следствие, скачкообразное увеличение количества лома и отходов военной техники.

Остановка и ликвидация нерентабельных производств привели к образованию на их месте многих сотен тысяч тонн возвратного металлсодержащего сырья. В результате многолетней добычи и переработки руд при производстве черных и цветных металлов образовались горы ВМС, содержащего множество ценных компонентов. Образовавшиеся отходы, с одной стороны, наносят огромный вред окружающей среде, а с другой — представляют собой ценнейшие ресурсы, превосходящие природные источники по содержанию полезных компонентов в сотни и тысячи раз [4]. Переработка лома и отходов позволяет вернуть металл в производственный цикл.

В настоящее время наряду с традиционными видами отходов, содержащих благородные металлы (бытовой и технический лом, шлифовальные порошки, металлургические шлаки и др.), в переработку вовлекают все большие количества вторичных материалов, характеризующихся значительной долей других ценных компонентов: цветных и редких металлов (Ni, Co, Sn, W и др.) [5, 6]. Комплексная переработка ВМС с извлечением не только благородных, но цветных, редких и черных металлов позволяет увеличить экономическую и экологическую целесообразность технологического процесса.

Неотъемлемой и важнейшей информационной составляющей оценки качества ВМС является аналитический контроль и сертификация на его основе. В деле переработки ВМС сертификация играет особую роль — фактическая стоимость сырья, выбор технологии переработки, оценка рентабельности производства кардинально зависят от данных аналитического контроля по химическому составу сырья. А для

¹ Работа выполнена при софинансировании Министерства образования и науки РФ по программе повышения конкурентоспособности НИТУ «МИСиС» среди ведущих мировых научно-образовательных центров на 2013–2020 гг. (№ К1-2014-026) и при поддержке Российского научного фонда по проекту № 14-13-00897 (в части комбинирования методов химической диагностики исследуемых объектов).

² Государственный научно-исследовательский и проектный институт редкометаллической промышленности «Гиредмет», Москва, Россия; e-mail: baranovskaya@list.ru

³ Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Москва, Россия.

⁴ ОАО «Щелковский завод ВДМ», г. Щелково, Московская обл., Россия.

того, чтобы выбрать рациональные методы контроля, обеспечить их эффективность и установить перечень контролируемых компонентов, необходимо знать источники образования ВМС и провести его классификацию. Вся эта работа предшествует процедурам сертификации химического состава.

Источники образования, состав и классификация ВМС

К возвратному металлосодержащему сырью относятся отходы изделий, предназначенные для дальнейшей переработки (например, электронный лом, дезактивированные автомобильные катализаторы, контейнерные материалы); отходы горного, обогащательного, металлургического и других видов производства, пригодные и рентабельные по количеству и качеству для дальнейшего использования (хвосты, шлаки, шламы, растворы).

Возвратное сырье накапливается не только в сферах применения изделий и материалов, но и в виде брака, отходов производства обрабатывающих предприятий.

Источниками ВМС, содержащего цветные, редкие и благородные металлы, являются металлургическая, химическая, электротехническая, радиотехническая, электронная промышленность, машиностроение и различные предприятия военно-промышленного комплекса (табл. 1) [7 – 14].

Химический состав возвратного металлосодержащего сырья отличается нестереотипностью. Обобщенная информация о содержании ценных компонен-

тов в различных видах ВМС представлена в табл. 2 [5, 6, 11, 15, 16].

Как видно из табл. 2, в возвратном металлосодержащем сырье помимо благородных присутствуют значительные количества цветных и редких металлов, и определение последних также востребовано, что является предпосылкой для комплексной переработки отходов с наиболее полным извлечением всех ценных компонентов.

Большое количество видов возвратного металлосодержащего сырья определяет необходимость их четкой классификации.

В настоящее время не существует единой классификации ВМС. Наибольшее внимание в этом отношении уделено сырью благородных металлов. В некоторых публикациях [5, 6, 9] предлагается классифицировать вторичное сырье, содержащее благородные металлы, по содержанию ценных компонентов, по составу материала основы, по физическим признакам, в зависимости от места производства.

I. Классификация по содержанию ценных компонентов:

бедное;
богатое.

II. Классификация по составу материала основы:

на металлической основе;
на органической (пластиковой) основе;
на керамической основе;
на комбинированной основе.

III. Классификация по физическим признакам:
твердые компактные отходы;

Таблица 1. Основные источники получения вторичных металлов

Сфера производства	Виды отходов
Горно-добывающая	Гравитационные концентраты, концентраты россыпных месторождений, очистное оборудование, продукты переработки промышленных руд — отходы обогащения (терриконы угольных шахт и разрезов; отвалы рудников и карьеров сульфидных руд цветных металлов, оксидных и силикатных руд черных и легирующих металлов, шламо- и хвостохранилища горно-обогащательных фабрик), отходы производства (шлаки, шламы, пыли, кеки, илы, сьемы, золы) и др.
Металлургическая	Отходы металлургического передела (шлаки, сьемы, слесы и др.); отходы прокатного передела (обрезь концов, стружка, опилки, окалина и др.); отходы литейного производства (литники, прибыли, сьемы, слесы и др.); отходы механической обработки литья, прессованных изделий, поковок и т.д. (стружка, высечка, обрезь, облой и др), отходы производства оцинкованного железа и белой жести (обрезь, изгарь, зола и др.); отходы процессов горячего и электролитического покрытия (изгарь, шламы)
Электронная	«Электронный лом» — лом и отходы электронной, радио- и электротехнической промышленности: порошки, обрезь, контактные щетки, нестандартные детали, печатные платы, монтажные схемы, контакты, мишени, другие виды лома, пасты, краски
Оборонная	Предназначенные для утилизации вооружение и военная техника
Транспорт	Автомобили, средства водного и железнодорожного транспорта, авиационная техника
Пищевая, химическая, фармацевтическая	Катализаторы, теплообменники, мембраны
Фотоиндустрия	Пленка, зола и зольная пыль, фотобумага, эмульсия, осадки от обработки пленок, фиксажные растворы, катушки с фотопленками, пластины
Гальваническое производство	Маточные и травильные растворы, отработанные электролиты, соли, фильтры, шламы, отходы катодных осадков, отходы анодов, нестандартные детали, другие виды отходов
Ювелирное производство, изготовление монет и др.	Отходы и лом ювелирного производства, посуда, монеты, орнамент, значки, галуны для военной формы
Стоматологическое производство	Амальгама, сплавы для мостов, приборы и приспособления

Таблица 2. Содержание металлов в некоторых видах ВМС

Вид возвратного сырья	Элемент	Массовая доля, %	Элемент	Массовая доля, %
Сырье вторичных драгоценных металлов (ВДМ)				
Платы на органической основе с навесными изделиями и микросхемами	Au	0,01 – 0,1	Fe + Ni + Co	До 25
	Ag	0,03 – 0,3	Pb + Zn + Cu + Sn + Al	До 10
	МПГ	0,005 – 0,03		
Отходы электронной техники на керамической основе (микросхемы)	Au	1 – 7	МПГ	0,02 – 0,15
	Ag	0,04 – 5,0	Pb + Zn + Cu + Sn + Fe	1 – 10
Радиолампы	Au	0,001 – 0,07	Fe + Ni + Co	40 – 60
	Ag	0,01 – 1,5	Pb + Zn + Cu + Sn + Al	5 – 10
	МПГ	0,00008 – 0,004		
Радиодетали	Au	<0,4	Fe + Ni + Co	50 – 70
	Ag	0,001 – 6,0	Pb + Zn + Cu + Sn + Al	10 – 15
Штепсельные разъемы	Au	0,3 – 1,0	Fe + Ni + Co	10 – 15
	Ag	0,5 – 5,0		
Контактные устройства	Au	0,001 – 0,16	Fe + Ni + Co	40 – 50
	Ag	0,04 – 5,0	Pb + Zn + Cu + Sn + Al	30 – 40
Скрапы	Au	0,01 – 0,05	W	~40
	Mo	<30	Pb + Zn + Cu + Sn + Fe	До 30
Компьютерный лом	Cu	12	Sn	<1
	Fe	7	Pb	<1
	Ni	2	Mg	<1
	Zn	<1	Cr + Ti + W + Ag + Au + Pd + Al + Ba + Be + Co	<8
Бой зеркального стекла	Ag	0,005 – 0,020	Sn	0,05
	Cu	0,05		
Бой термостекла	Ag	0,040 – 0,060	—	—
Бой позолоченного фарфора	Au	0,005 – 0,012	—	—
Зола фотобумаги	Ag	1,90 – 3,00	BaSO ₄	80,0
Палладиевые катализаторы	Pd	0,020 – 1,200	Al ₂ O ₃	~100,0
Печатные платы:	Au	0,27	Ag	2,50
	Cu	23,04	Al	15,40
	Fe	12,30	Ni	3,25
	Pb	2,80	Sn	1,40
	МПГ	0,90	Прочие	38,14
без монтажа	Au	0,005 – 0,020	Cu	3 – 8
	Pd	0,001 – 0,015	Sn	1 – 3
с монтажом	Ag	0,030 – 0,080	Cu	7 – 15
	Au	0,010 – 0,250	Sn	3 – 8
	Pd	0,005 – 0,020	Al	10
Штеккерные соединения	Ag	1,000 – 2,500	Cu	50,0 – 60,0
	Au	0,020 – 0,350	Sn	2,0 – 4,0
	Pd	0,500 – 1,200		
Подложки	Ag	0,10 – 1,00	Cu	80,0 – 90,0
	Au	0,050 – 0,500	Sn	5,0 – 6,0
	Pd	0,10 – 1,50	Ni, Co	—
Элементы переключения	Ag	0,200 – 4,000	Cu	33,0
	Au	0,010 – 0,100	Sn	4,00 – 5,00
	Pd	0,005 – 0,050	Al	13,70
	Fe	35,26	Ni	1,05
	Pb	3,97	Прочие	8,81
Транзисторные и стеклянные изоляторы	Ag	0,200 – 0,300	Cu	1,31
	Au	1,000 – 2,000	Al	32,78
	Fe	22,50	Ni	1,25
	Pb	0,96	Sn	1,25
	МПГ	0,11	Прочие	38,64
Алюминиевые отражатели	Au	0,010 – 0,020	Al	~100,0
Отходы перфорации пластиковых элементов	Ag	0,020 – 0,200	—	—
Пакетированный лом	Ag	1 – 15	Sn	6 – 8
	Pd	0,5 – 1,0	Zn	—
	Cu	60 – 80		

Таблица 2 (продолжение)

Вид возвратного сырья	Элемент	Массовая доля, %	Элемент	Массовая доля, %
Смешанный лом электронных приборов	Ag	0,18	Cu	18,60
	Au	0,022	Al	14,60
	Fe	10,20	Ni	2,85
	Pb	2,25	Sn	4,70
	МПГ	0,02	Прочие	46,58
Лом электронных систем самолетов	Ag	0,18	Cu	14,1
	Au	0,002	Другие компоненты	43,0
	Pd	0,003		
Лом электронных систем военной техники	Ag	0,43	Cu	21,11
	Au	0,08	Al	15,20
	Fe	7,15	Ni	2,14
	Pb	3,15	Sn	12,41
	МПГ	0,70	Прочие	37,63
ЭВМ (IBM 360,7094 и др.)	Ag	2,890 – 3,270	Pd	0,155
	Au	0,310 – 0,620	Cu	12,00
	Al	17,61	Fe	7,45
	Ni	2,20	Pb	0,85
	Sn	1,23	Прочие	55,31
	Ag	0,930	Pd	0,030 – 0,070
Оборудование средств связи (США)	Au	0,030		
	Ag	1,200	Pd	0,080 – 0,040
Электронное оборудование и средства связи (ФРГ)	Au	0,160		
	Ag	0,36	Sn	н/с
Пневматические контакторы и силовые выключатели	Cu	н/с	Другие компоненты	н/с
	Ag	0,200	Cu	н/с
Реле	Au	0,002	Sn	н/с
	Pd	0,002	Другие компоненты	н/с
	Ag	0,300	Sn	н/с
Предохранители тока большой силы и высокого напряжения	Cu	н/с	Другие компоненты	н/с
Вторичное медьсодержащее сырье				
Автомобильные радиаторы	Cu	73,3	Другие компоненты	23,0
	Sn	3,70		
Отходы гальванотехники	Ag	0,5 – 5,0	Cu	60 – 80
	Au	0,2 – 1,0	Sn	4 – 6
	Pd	0,1 – 1,0	Zn, Fe, Ni	—
Пакетированные телевизоры	Cu	8 – 12	Sn	0,4 – 0,6
	Zn	0,5 – 1,0	Fe	75 – 80
	Pb	0,3 – 0,4	Al	5,5
	Ni	0,4		
	Cu	20 – 70	Sn	0 – 2,5
Лом и стружка латунные	Zn	5 – 25	Fe	3 – 10
	Pb	0 – 3		
	Cu	18 – 22	Pb	0,5 – 1,5
Медьсодержащие шлаки	Zn	5 – 13	Fe	27 – 29
	Cu	12 – 45	Sn	0,2
Сор	Zn	10 – 30	Fe	6 – 13
	Pb	0,5 – 2,5		
	Cu	10 – 25	Fe	10 – 80
Внесортные отходы	Zn	0 – 10		
	Cu	2 – 10; 60 – 70	Fe	90
Отходы биметалла	Zn	0,1 – 5		
	Cu	3 – 30	Sn	0,2 – 5,0
Оловянные шлаки	Zn	3 – 8	Fe	25 – 35
	Cu	15 – 38	Sn	0,1 – 3,5
Шлаки, образующиеся при выплавке сплавов на медной основе, шлаки и съемы литейных цехов	Zn	3 – 45		
Печатные платы радиоэлектроники				
Без покрытия оловянным сплавом	Au	0,06	Ni	0,55
	Cu	2,34		

Таблица 2 (продолжение)

Вид возвратного сырья	Элемент	Массовая доля, %	Элемент	Массовая доля, %
Покрытые сплавом олова	Au	0,05	Sn	6,3
	Cu	2,08	Pb	4,2
	Ni	0,49		
Без никеля и без оловянного покрытия	Au	0,05	Cu	1,61
Без никеля с оловянным покрытием	Au	0,04	Sn	2,19
	Cu	1,47	Pb	1,46
С никелем без оловянного покрытия	Au	0,09	Ni	0,40
	Cu	2,08		
Никелированные с оловянным покрытием	Au	0,08	Sn	4,9
	Cu	1,89	Pb	3,3
	Ni	0,38		
Никелированные без оловянного покрытия	Au	0,07	Ni	0,57
	Cu	2,4		
Вторичное сырье для выплавки оловянных бронз				
Латунные радиаторы	Sn	2,9	Pb	5,5
	Fe	0,2	Ni	0,2
	Zn	2,5		
Свинцовистые радиаторы	Sn	5,0	Pb	15,0
	Fe	0,2	Ni	0,2
	Zn	16,0		
Медные радиаторы	Sn	2,9	Pb	5,5
	Fe	0,2	Ni	0,2
	Zn	9,0		
Луженая латунь в пакетах	Sn	2,0	Pb	5,0
	Fe	0,2	Ni	0,2
	Zn	30,0		
Самовары в пакетах	Sn	1,5	Pb	12,0
	Fe	0,7	Ni	0,2
	Zn	30,0		
Бронзовые втулки	Sn	3,6	Pb	4,5
	Fe	0,3	Ni	0,5
	Zn	4,5		
Подшипники	Sn	5,0	Pb	20,0
	Fe	0,3	Ni	0,5
	Zn	5,5		
Комбинированная сетка	Sn	3,0	Pb	0,5
	Fe	0,1	Ni	0,1
	Zn	8,0		
Нейзильбер (лента, полосы, прутки)	Fe	0,5	Ni	15,0
	Zn	18,0		
Мельхиор (трубки)	Fe	1,0	Ni	30,0
Константан	Fe	0,5	Ni	40,0
Бронзовая стружка/высечка	Sn	3,6/8,1	Pb	5,0/0,1
	Fe	0,4/0,1	Ni	0,5/0,1
	Zn	7,0/0,1		
Вторичное сырье для выплавки свинцовистых латуней				
Латунные кольца	Pb	2,5	Sn	0,5
	Fe	0,5	Ni	0,5
	Cu	68		
Лом, пакеты, выштамповка	Pb	1,6	Sn	0,2
	Fe	0,5	Ni	0,5
	Cu	59		
Самовары	Pb	3,0	Sn	0,5
	Fe	1,0	Ni	0,5
	Cu	62		
Гильзы	Pb	2,5	Sn	0,3
	Fe	0,3	Ni	0,2
	Cu	70		

Таблица 2 (продолжение)

Вид возвратного сырья	Элемент	Массовая доля, %	Элемент	Массовая доля, %
Торцы латунных радиаторов	Pb	3,5	Sn	1,5
	Fe	0,1	Ni	0,1
	Cu	68		
Медно-никелевые подвески	Pb	0,3	Sn	0,1
	Fe	1,0	Ni	2,0
	Cu	50		
Латунная стружка	Pb	2,0	Sn	0,7
	Fe	1,0	Ni	0,5
	Cu	63		
Латунный «паук»	Pb	1,5	Sn	0,2
	Fe	1,0	Ni	0,5
	Cu	61		
Высечка латуни ЛО62-1	Sn	1,0	Cu	62
Некондиционная медь	Ni	0,5	Cu	98
Цинк (клише)	Pb	0,8	—	—
Кабельный свинец	Pb	99,0	—	—
Вторичные свинцовые материалы				
Изгарь	Pb	65 – 92	Sb	0,5 – 10
	Sn	0,1 – 1,0	FeO	2 – 4
	CaO	2 – 10	SiO ₂	5 – 16
	Al ₂ O ₃	2 – 6	Cl	0,5 – 1,0
	Прочие	0,25		
Шламы газоочистных сооружений	Pb	50 – 60	Sb	0,5 – 1,2
	Sn	0,5 – 2,5	FeO	2 – 4
	CaO	1 – 2	SiO ₂	3 – 6
	Al ₂ O ₃	2 – 4	Cl	12 – 16
	Прочие	5 – 12		
Шлаки и штейны	Pb	13 – 35	Sb	0,5 – 2,5
	Sn	0,2 – 0,6	FeO	4 – 12
	CaO	3 – 6	SiO ₂	10 – 15
	Al ₂ O ₃	3 – 5	Cl	1,0 – 2,0
	Прочие	1 – 6		
Пасты	Pb	30 – 75	Sb	0,1 – 0,5
	Sn	0,1 – 0,8	FeO	3 – 4
	CaO	4 – 6	SiO ₂	6 – 12
	Al ₂ O ₃	2 – 4	Cl	0,5 – 2,0
	Прочие	2 – 6		
Свинцосодержащие материалы, поступающие на электроплавку				
Лом и кусковые отходы свинца	Pb	97,0 – 99,0	Sb	0,25 – 0,5
	Прочие	0,5 – 2,75		
Лом и кусковые отходы сурьмянистого свинца	Pb	90,0 – 95,0	Sb	0,25 – 0,5
	Fe	5,0	Прочие	1,5 – 4,5
Аккумуляторный лом	Pb	73,5 – 88,5	Sb	1,2 – 4,1
	Cu	3,4 – 3,6	S	3,2 – 7,0
	As	0,02 – 0,1	Sn	0,1
	SiO ₂	1,0 – 2,0	Прочие	1,6 – 19,2
Изгарь, шламы	Pb	81,0 – 83,0	Sb	0,01 – 0,1
	Cu	0,03 – 0,4	S	1,3 – 2,3
	As	0,01 – 0,03	SiO ₂	0,04 – 2,6
	Прочие	7,64 – 17,34		
Металлизированный продукт от разделки аккумуляторного лома	Pb	90,0 – 92,5	Sb	3,0 – 4,0
	Cu	0,2	S	0,6 – 0,85
	As	0,01	Прочие	3,9 – 6,4
Продукты электроплавки пылей шахтных печей				
Черный свинец	Pb	96,5 – 98,5	Cu	0,06 – 0,65
	Sb	0,1 – 0,16	As	0,25 – 0,5
Штейно-шлаковый расплав	Pb	0,75 – 2,7	Cu	0,15 – 0,45
	Zn	17,5 – 26,0	Sb	0,05 – 0,5

Таблица 2 (продолжение)

Вид возвратного сырья	Элемент	Массовая доля, %	Элемент	Массовая доля, %
Кадмиевые возгоны	As	0,6 – 2,2	S	11,7 – 17,5
	Cd	0,05 – 0,10		
	Pb	22,5 – 29,7	Cu	15,5 – 27,0
	Sb	0,04 – 0,12	As	1,3 – 3,5
	S	4,5 – 6,8	Cd	5,8 – 8,5
Сырье шахтной плавки				
Шликеры от рафинирования черного свинца	Pb	79	Cu	6
	Sb	6	Sn	0,5
	Прочие	0,5		
Гранулированная свинцовая пыль, уловленная рукавными фильтрами	Pb	60	Sb	1,5
	Sn	1	Zn	1
	Прочие	6		
Оборотный шлак	Pb	1	Sb	0,5
	Sn	0,5	Cu	1
	Прочие	90		
Техногенное сырье (по материалам ОАО «ГМК «Норильский никель»)				
Шлам медный	Pt	0,40 – 0,90	Cu	20,0 – 45,0
	Pd	1,30 – 3,5	Si	5 – 6
	Rh	0,03 – 0,04	S	2,50 – 6,00
	Ir	0,005 – 0,007	Se	6,00 – 10,0
	Ru	0,01	Te	0,60 – 1,0
	Os	0,003	Co	0,020 – 0,060
	Au	0,15 – 0,25	Fe	1 – 2
	Ag	4,00 – 6,50	Pb	0,10 – 0,40
	Ni	10,0 – 30		
Кек огарка медного шлама	Pd	4,00 – 7,00	Se	0,30 – 1,50
	Ag	4,00 – 10,00	Te	0,30 – 3,50
	Cu	2,00 – 10,00	Fe	2,00 – 13,00
	S	0,45 – 3,00	Pb	0,40 – 3,00
Кек доосаждения драгметаллов	Pd	1,50 – 5,00	Se	2,50 – 26,00
	Ag	0,50 – 6,50	Te	0,30 – 5,00
	Ni	8,00 – 23,00	Fe	1,50 – 12,50
	Cu	8,00 – 30,00	Pb	0,10 – 2,00
	S	3,00 – 10,50		
Концентраты гравитационные	Pt	0,010 – 0,700	S	8,00 – 24,00
	Pd	0,010 – 0,800		
Шлам никелевый	Pt	0,20 – 0,8	Ni	18,00 – 28,00
	Pd	1,00 – 2,5	Cu	25,00 – 43,00
	Rh	0,03 – 0,05	Si	1,2
	Ir	0,01	S	10,0 – 18,0
	Ru	0,01 – 0,02	Se	0,20 – 0,70
	Os	0,005	Te	0,07 – 0,09
	Au	0,1	Co	0,50 – 0,80
	Ag	0,07 – 0,20	Fe	3,00 – 10,00
Кек огарка никелевого шлама	Pd	2,00 – 6,00	Se	0,10 – 0,60
	Ag	0,30 – 2,20	Te	0,20 – 0,60
	Cu	4,00 – 11,00	Fe	10,0 – 22,0
	S	1,50 – 4,50	Pb	0,25 – 0,70
Аноды вторичные	Pt	1,50 – 2,50	Ni	42,0 – 58,0
	Pd	6,00 – 10,00	Cu	7,00 – 13,00
	Rh	0,15 – 0,25	S	1,40 – 3,00
	Ir	0,020 – 0,060	Se	0,20 – 1,20
	Ru	0,060 – 0,090	Te	0,60 – 2,50
	Au	0,20 – 0,60	Fe	3,00 – 18,00
	Ag	2,00 – 10,00	Pb	0,30 – 1,30
	Аноды шлаковые	Pt	0,60 – 2,00	Cu
Pd		3,00 – 8,00	S	1,50 – 3,20
Rh		0,10 – 0,30	Se	0,40 – 2,50

Таблица 2 (продолжение)

Вид возвратного сырья	Элемент	Массовая доля, %	Элемент	Массовая доля, %
Шлам вторичный выщелоченный	Ru	0,10 – 0,30	Te	1,00 – 4,00
	Au	0,25 – 0,50	Fe	6,50 – 22,00
	Ag	3,00 – 14,00	Pb	1,00 – 6,00
	Ni	32,00 – 58,00		
	Pt	8,00 – 15,00	Cu	1,50 – 4,00
	Pd	35,00 – 59,00	Si	0,10 – 0,70
	Rh	0,10 – 0,50	S	1,00 – 4,00
	Ir	0,020 – 0,050	Se	1,50 – 4,00
	Ru	0,050 – 0,150	Te	2,00 – 5,00
	Au	2,00 – 3,50	Fe	0,20 – 3,50
Шлам промывки скрапа выщелоченный	Ag	5,00 – 15,00	Pb	2,00 – 6,00
	Ni	0,20 – 2,00	Sn	1,50 – 5,00
	Pt	8,00 – 15,00	Cu	1,50 – 4,00
	Pd	35,00 – 59,00	Si	0,10 – 0,70
	Rh	0,10 – 0,50	S	1,00 – 4,00
	Ir	0,020 – 0,050	Se	1,50 – 4,00
	Ru	0,050 – 0,150	Te	2,00 – 5,00
	Au	2,00 – 3,50	Fe	0,20 – 3,50
	Ag	5,00 – 15,00	Pb	2,00 – 6,00
	Ni	0,20 – 2,00	Sn	1,50 – 5,00
Губка медная выщелоченная	Pt	2,00 – 6,00	Cu	1,50 – 5,50
	Pd	10,00 – 25,00	Si	0,25 – 2,50
	Rh	0,30 – 3,50	S	2,00 – 5,50
	Ir	0,025 – 0,095	Se	1,50 – 7,00
	Ru	0,20 – 1,30	Te	3,50 – 10,50
	Au	0,60 – 1,30	Fe	0,15 – 0,80
	Ag	20,00 – 40,00	Pb	4,50 – 15,00
	Ni	0,60 – 3,00	Sn	3,00 – 12,00
	Pt	8,00 – 15,00	Cu	1,50 – 4,00
	Pd	35,00 – 59,00	Si	0,10 – 0,70
Готовый концентрат КП-1	Rh	0,10 – 0,50	S	1,00 – 4,00
	Ir	0,020 – 0,050	Se	1,50 – 4,00
	Ru	0,050 – 0,150	Te	2,00 – 5,00
	Au	2,00 – 3,50	Fe	0,20 – 3,50
	Ag	5,00 – 15,00	Pb	2,00 – 6,00
	Ni	0,20 – 2,00	Sn	1,50 – 5,00
	Pt	2,00 – 6,00	Cu	1,50 – 5,50
	Pd	10,00 – 25,00	Si	0,25 – 2,50
	Rh	0,30 – 3,50	S	2,00 – 5,50
	Ir	0,025 – 0,095	Se	1,50 – 7,00
Готовый концентрат КП-2	Ru	0,20 – 1,30	Te	3,50 – 10,50
	Au	0,60 – 1,30	Fe	0,15 – 0,80
	Ag	20,00 – 40,00	Pb	4,50 – 15,00
	Ni	0,60 – 3,00	Sn	3,00 – 12,00
	Pt	2,50 – 5,50	Ni	1,00 – 3,50
	Pd	12,00 – 22,00	Cu	1,50 – 4,00
	Rh	0,20 – 1,80	Si	0,20 – 4,50
	Ir	0,020 – 0,110	S	2,00 – 6,00
	Ru	0,08 – 0,90	Se	1,50 – 6,00
	Au	0,60 – 2,30	Fe	0,20 – 0,80
Гидроксид алюминия	Ag	10,00 – 35,00	Pb	4,00 – 13,00
	Se	0,15 – 1,50	—	—
Цементат теллуrowый	Cu	8,50 – 52,00	Te	2,50 – 26,00
Цементат теллуrowый из ПС	Cu	10,00 – 50,00	Te	5,00 – 40,00
Кек после выщелачивания теллуrowого цементата	Pd	0,20 – 14,00	Se	0,30 – 10,00
	Ag	0,20 – 42,00	Te	5,00 – 10,00
	Ni	0,80 – 8,00	Pb	0,03 – 3,50
	Cu	16,0 – 50,0		

Таблица 2 (окончание)

Вид возвратного сырья	Элемент	Массовая доля, %	Элемент	Массовая доля, %
Хлорид серебра отфильтрованный	Pt	0,010 – 0,070	Cu	1,00 – 3,00
	Pd	0,10 – 1,20	Se	0,010 – 0,060
	Ag	62,0 – 72,0	Te	0,010 – 0,300
	Ni	0,30 – 0,90	Pb	0,010 – 0,050
Концентрат ПЭФ (отходы ОАО «Красцветмет»)	Pt	0,10 – 0,90	Se	2,00 – 8,00
	Pd	0,10 – 0,60	Te	5,0 – 12,0
	Ag	1,0 – 10,0	Pb	5,0 – 21,0
	Cu	1,0 – 3,0		
Кек после репульсации ПС (кек ПЭФ-1)	Pt	0,10 – 0,90	Se	2,00 – 20,00
	Pd	0,20 – 4,00	Te	1,0 – 14,0
	Ag	1,0 – 13,0	Pb	0,30 – 20,00
	Cu	1,50 – 25,00		
Кек после выщелачивания ПС (кек ПЭФ-2)	Pt	0,10 – 2,00	S	1,00 – 6,00
	Pd	0,20 – 10,00	Se	0,20 – 3,00
	Au	0,10 – 0,50	Te	1,0 – 6,0
	Ag	1,0 – 20,0	Fe	3,00 – 15,00
	Ni	3,00 – 55,00	Pb	0,50 – 18,00
	Cu	1,00 – 20,00		
Гидроксиды (отходы ОАО «Красцветмет»)	Pt	0,030 – 0,500	Cu	10,00 – 30,00
	Pd	0,100 – 1,300	Se	2,00 – 10,00
	Rh	0,030 – 0,500	Te	4,00 – 15,00
	Ag	0,020 – 0,500	Pb	2,00 – 5,00
	Ni	0,50 – 5,00		
Кек после осаждения иридия	Ir	7,00 – 26,00	—	—

Примечание. МПГ — металлы платиновой группы, н/с — нет сведений.

сыпучие (порошки);
жидкие.

IV. Классификация в зависимости от сферы производства:

в ювелирной промышленности;
в химической промышленности;

в электронной, электрохимической, оборонной и радиопромышленности (радиолампы, разъемы, контакты, контактные устройства, платы на органической основе, микросхемы, радиодетали, кабели и провода, лента, высечка, вырубка, аккумуляторы, элементы питания и прочие отходы);

бытовые отходы (лом бытовой радиоэлектронной аппаратуры, бытовой стеклянный и фарфоровый бой, лом ювелирных украшений и т.д.).

V. Зарубежная классификация [5]:

группа 1 — металлические отходы, как правило, на основе меди и ее сплавов с содержанием благородных металлов до 5 % (отходы прокатки, плакирования и штамповки, незапечатанные в капсулах транзисторы, массивные позолоченные шайбы, фольга, провода);

группа 2 — двух- или многослойные материалы из цветных металлов или сплавов, которые различными способами покрывают тонким слоем благородных металлов (содержание <5 %);

группа 3 — материалы, соединенные с пластиком, керамикой, стеклом и другими компонентами (транзисторы, заключенные в капсулы из кремнийоргани-

ческих полимеров, платы с печатным монтажом, части коммутационных систем, токопроводящие и резистивные пасты на основе серебра, палладия и рутения).

Возвратное металлосодержащее сырье, содержащее благородные металлы, классифицируют по технологической сущности (первоначальному назначению либо порядку образования отходов) компонентов, входящих в партию. При подготовке к сертификации его сортируют на классы (группы, подгруппы) [8].

Вторичное сырье цветных металлов классифицировано в основополагающем стандарте ГОСТ 1639–93. Лом и отходы цветных металлов и сплавов. Общие технические условия [17].

Лом и отходы цветных металлов и сплавов подразделяют по физическим признакам на классы, по химическому составу — на группы и марки, по показателям качества — на сорта.

Лом и отходы цветных металлов делят на следующие классы:

лом и кусковые отходы (класс А);

стружка (класс Б);

порошкообразные отходы вольфрама, кобальта, молибдена и их сплавов, образующиеся в процессе изготовления и обработки деталей (класс В);

отходы белой жести и лом луженой тары (класс АК);

лом и отходы свинцовых аккумуляторов (класс АЛ);

листовая обрезь титана и его сплавов (класс З);
прочие отходы, не отвечающие по физическим признакам указанным выше классам (класс Г).

Отходы ртути и ее соединений в связи с особенностями их физического состояния подразделяют на следующие классы:

- ртуть отработанная (класс Д);
- отходы ртутисодержащие твердые (класс Е);
- прочие отходы (класс Г).

Лом и кусковые отходы, стружку, порошкообразные отходы, отходы белой жести и лом луженой тары, лом и отходы свинцовых аккумуляторов, а также листовую обрезь титана и его сплавов подразделяют на группы сплавов. Класс Г (прочие отходы), за исключением вольфрама и цинка, на группы сплавов не разделен. Заготовка и поставка лома и отходов по определенным группам сплавов позволяют направлять их на получение аналогичных, близких по свойствам сплавов.

Количество групп различно в зависимости от вида металла. Каждая первая группа представляет собой лом и отходы чистого металла с небольшим содержанием химически связанных примесей. В последующие группы входят лом и отходы сплавов, близкие по химическому составу. Каждая последняя группа представляет собой низкокачественные лом и отходы. Во всех группах, за исключением низкокачественных, указаны марки сплавов и содержание химических компонентов, характеризующих группы.

Каждую группу подразделяют на сорта. Сорт характеризует качественные признаки лома и отходов: содержание металла, степень разделки, габариты, засоренность, а также определяет порядок поставки по маркам или группам сплавов.

1-й сорт — наиболее качественные лом и отходы, не требующие специальной подготовки для металлургического передела. Они должны иметь высокое содержание металла (например, в алюминии и алюминиевых сплавах — не менее 96 %, в меди и медных сплавах — не менее 97 %), определенную массу и размеры. В сырье 1-го сорта не допускается засоренность другими металлами и сплавами. Лом и отходы 1-го сорта должны поставляться по маркам сплавов, а подающиеся пакетированию — в пакетах или пучках.

2-й сорт — лом и отходы, состоящие из сплавов одной группы или марки, но с большей засоренностью, чем в 1-м сорте (в алюминии и алюминиевых сплавах — не более 10 %).

3-й сорт — лом и отходы, поставляемые по группам сплавов, имеющие приделки из черных металлов, с большей засоренностью, чем во 2-м сорте. Лом и отходы 3-го сорта не могут быть непосредственно направлены на переплав, их необходимо подвергать первичной обработке.

К низкокачественным относят лом и отходы, не отвечающие требованиям сортов основных групп, имеющие значительную засоренность черными

и цветными металлами, смешанные, требующие разделки.

В ГОСТ 1639 указано, что приведенные требования распространяются не только на перечисленные лом и отходы, но и на другие, аналогичные им по качеству.

Структура перерабатываемого сырья по классам такова, что лом и кусковые отходы составляют более 70 %, стружка и другие — 25 %, прочие отходы — менее 5 % [15].

На многие виды вторичного сырья, содержащего редкие металлы, государственный стандарт не разработан, на них имеются отраслевые стандарты (ОСТ) или технические условия (ТУ), которые служат критерием во взаиморасчетах предприятий и при выборе технологической схемы обогащения и переработки.

В основном классификационное ранжирование представлено для возвратного металлсодержащего сырья, содержащего благородные металлы [6, 9]. Однако учитывая комплексный состав отходов, целесообразно использовать разработанные подходы к остальным видам ВМС.

Таким образом, можно констатировать, что возвратное металлсодержащее сырье — важнейший источник производства цветных, редких и драгоценных металлов, сравнимый с минеральным сырьем. Неотъемлемой стадией переработки ВМС является его сертификация на основе данных аналитического контроля. При этом наряду с определением ценных компонентов необходимо определять сопутствующие и токсичные. Только комплексная оценка состава ВМС позволяет определить его реальную стоимость и выбрать эффективную технологию переработки.

В данной статье приведены только некоторые сведения о ВМС, показывающие всю глобальность и сложность этой проблемы и дающие представление о требованиях, которые предъявляются к методам сертификации ВМС (включая пробоотбор, пробоподготовку, собственно анализ и сертификацию партий возвратного сырья).

ЛИТЕРАТУРА

1. Колобов Г. А., Бредихин В. Н., Чернобаев В. М. Сбор и обработка вторичного сырья цветных металлов. — М.: Металлургия, 1992. — 288 с.
2. Лисин В. С., Юсфин Ю. С. Ресурсо-экологические проблемы XXI века и металлургия. — М.: Высшая школа, 1998. — 447 с.
3. Коровин С. С., Букин В. И., Федоров П. И., Резник А. М. Редкие и рассеянные элементы. Химия и технология. В 3-х книгах. Книга III: Учебник для вузов. — М.: МИСиС, 2003. — 440 с.
4. Металлы и сплавы. Анализ и исследование. Аналитический контроль состава материалов черной и цветной металлургии / В. И. Мосичев, И. П. Калинин, Г. И. Николаев; под ред. В. И. Мосичева, И. П. Калинкина, Б. К. Барактина. — СПб.: Профессионал, 2007. — 1091 с.
5. Котляр Ю. А., Меретуков М. А., Стрижко Л. С. Металлургия благородных металлов. Книга 2. — М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2005. — 392 с.
6. Стрижко Л. С., Лолейт С. И. Извлечение цветных и благородных металлов из электронного лома. — М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2009. — 160 с.

7. Лобачева Г. К., Желтобрюхов В. Ф., Прокопов И. И., Фоменко А. П. Состояние вопроса об отходах и современных способах их переработки. Учебное пособие. — Волгоград: ВолГУ, 2005. — 176 с.
8. Лолейт С. И. Аналитический контроль и сертификация вторичного сырья на ОАО «Щелковский завод вторичных драгоценных металлов» / Заводская лаборатория. Диагностика материалов. 2009. Т. 75. № 6. С. 69 – 74.
9. Проблемы переработки «электронного» лома, содержащего драгоценные металлы / Обзорная информация. Вып. 2. — М.: Росвтордрагмет, 1995. — 65 с.
10. Карпукhin А. И., Стелькина И. И., Медведева Л. А. и др. Пуск и освоение технологии аффинажа золота на Колымском аффинажном заводе / Цветные металлы. 1999. № 10. С. 21 – 23.
11. Худяков И. Ф., Дорошкевич А. П., Карелов С. В. Металлургия вторичных тяжелых цветных металлов. Учебник для вузов. — М.: Металлургия, 1987. — 528 с.
12. Купряков Ю. П. Вторичные материальные ресурсы цветной металлургии. Справочник. — М.: Экономика, 1984. — 151 с.
13. Макаров А. Б. Техногенные месторождения минерального сырья / Соросовский образовательный журнал. 2000. Т. 6. № 8. С. 76 – 80.
14. ГОСТ 28192–89. Отходы цветных металлов и сплавов. Методы отбора, подготовки проб и методы испытаний. — М.: Издательство стандартов, 2001. — 15 с.
15. Кусельман И. И. Структура метрологического обеспечения аналитического контроля во вторичной металлургии / Серия «Вторичная металлургия цветных металлов. Обзорная информация». Вып. 3. — М.: ЦНИИЭИЦМ, 1990. — 44 с.
16. Лолейт С. И. Разработка экологически чистых технологий комплексного извлечения благородных и цветных металлов из электронного лома: автореф. дис. ... докт. техн. наук. — М., 2010. — 40 с.
17. ГОСТ 1639–2009. Лом и отходы цветных металлов и сплавов. Общие технические условия. — М.: Стандартинформ, 2011. — 66 с.
5. Kotlyar Yu. A., Meretukov M. A., Strizhko L. S. Metallurgiya blagorodnykh metallov [Metallurgy of noble metals]. Book 2. — Moscow: Izd. dom «Ruda i metallu», 2005. — 392 p. [in Russian].
6. Strizhko L. S., Loleit S. I. Izvlechenie tsvetnykh i blagorodnykh metallov iz élektronnogo loma [Recovery of nonferrous and noble metals from electronic scrap]. — Moscow: Izd. dom «Ruda i metallu», 2009. — 160 p. [in Russian].
7. Lobacheva G. K., Zheltobryukhov V. F., Prokopov I. I., Fomenko A. P. Sostoyanie voprosa ob otkhodakh i sovremennykh sposobakh ikh pererabotki [The state of the question of waste and modern methods of its processing]. Tutorial. — Volgograd: Izd. VolGU, 2005. — 176 p. [in Russian].
8. Loleit S. I. Analiticheskii kontrol' i sertifikatsiya vtorichnogo syr'ya na ОАО «Shchelkovskii zavod vtorichnykh dragotsennykh metallov» [Analytical Control and Certification of the Secondary Raw at the JSC «Shchelkovskii works for secondary precious metals»] / Zavod. Lab. Diagn. Mater. 2009. Vol. 75. N 6. P. 69 – 74 [in Russian].
9. Problemy pererabotki «élektronnogo» loma, sodержashchego dragotsennye metally [Problems of recycling of noble metals containing electronic scrap] / Overview. Issue 2. — Moscow: Izd. Rosvtordragmet, 1995. — 65 p. [in Russian].
10. Karpukhin A. I., Stel'kina I. I., Medvedeva L. A., et al. Pusk i osvoinie tekhnologii affinazha zolota na Kolymskom affinazhnom zavode [Starting and development of technology of refining of gold at Kolyma plant] / Tsvetnye metally. 1999. N 10. P. 21 – 23 [in Russian].
11. Khudyakov I. F., Doroshkevich A. P., Karelov S. V. Metallurgiya vtorichnykh tyazhelykh tsvetnykh metallov [Metallurgy of secondary heavy nonferrous metals]. Textbook for high schools. — Moscow: Metallurgiya, 1987. — 528 p. [in Russian].
12. Kupryakov Yu. P. Vtorichnye material'nye resursy tsvetnoi metallurgii [Secondary material resources of non-ferrous metallurgy]. Reference book. — Moscow: Ékonomika, 1984. — 151 p. [in Russian].
13. Makarov A. B. Tekhnogennye mestorozhdeniya mineral'nogo syr'ya [Technogenic deposits of mineral raw materials] / Soros. Obrazov. Zh. 2000. Vol. 6. N 8. P. 76 – 80 [in Russian].
14. RF State Standard GOST 28192–89. Otkhody tsvetnykh metallov i splavov. Metody otbora, podgotovki prob i metody ispytaniy [Waste of nonferrous metals and alloys. Methods of sampling, sample preparation and testing]. — Moscow: Izdatel'stvo standartov, 2001. — 15 p. [in Russian].
15. Kusel'man I. I. Struktura metrologicheskogo obespecheniya analiticheskogo kontrolya vo vtorichnoi metallurgii [Structure of metrological support of analytical monitoring in secondary metallurgy] / Ser. «Vtorichnaya metallurgiya tsvetnykh metallov. Obzornaya informatsiya» [Secondary metallurgy of non-ferrous metals. Overview]. Issue 3. — Moscow: Izd. TsNIIÉITsM, 1990. — 44 p. [in Russian].
16. Loleit S. I. Razrabotka ékologicheskii chistykh tekhnologii kompleksnogo izvlecheniya blagorodnykh i tsvetnykh metallov iz élektronnogo loma [Development of environmentally friendly technologies of comprehensive noble and nonferrous metals recovery from electronic scrap]. Author's Abstract of Doctoral Thesis. — Moscow, 2010. — 40 p. [in Russian].
17. RF State Standard GOST 1639–2009. Lom i otkhody tsvetnykh metallov i splavov. Obshchie tekhnicheskie usloviya [Scrap and waste of nonferrous metals and alloys. General specifications]. — Moscow: Standartinform, 2011. — 66 p. [in Russian].

REFERENCES

1. Kolobov G. A., Bredikhin V. N., Chernobaev V. M. Sbor i obrabotka vtorichnogo syr'ya tsvetnykh metallov [Collection and processing of secondary raw materials of nonferrous metals]. — Moscow: Metallurgiya, 1992. — 288 p. [in Russian].
2. Lisin V. S., Yusfin Yu. S. Resurso-ékologicheskie problemy XXI veka i metallurgiya [Resource-environmental problems of 21st century and metallurgy]. — Moscow: Vysshaya shkola, 1998. — 447 p. [in Russian].
3. Korovin S. S., Bukin V. I., Fedorov P. I., Reznik A. M. Redkie i rasseyannye élementy. Khimiya i tekhnologiya [Rare and scattered elements. Chemistry and chemical technology]. In 3 books. Book III. Textbook for high schools. — Moscow: Izd. MISiS, 2003. — 440 p. [in Russian].
4. Mosichev V. I., Kalinkin I. P., Nikolaev G. I. Metally i splavy. Analiz i issledovanie. Analiticheskii kontrol' sostava materialov chernoii i tsvetnoi metallurgii [Metals and alloys. Analysis and investigation. Analytical monitoring of the composition of materials of ferrous and nonferrous metallurgy]. — St. Petersburg: Professional, 2007. — 1091 p. [in Russian].