

3. Акулович, Л.М. Термомеханическое упрочнение деталей в электромагнитном поле. – Полоцк: ПГУ, 1999. – 240 с.

4. Акулович, Л.М. Магнитно-электрическое упрочнение поверхностей деталей сельскохозяйственной техники / Л.М. Акулович, А.В. Миранович. – Минск : БГАТУ, 2016. – 236 с.

5. Акулович, Л.М. Управление обработкой поверхностей деталей машин в процессах магнитно-электрического упрочнения и магнитно-абразивной обработки / Л.М. Акулович, А.В. Миранович, О.Н. Ворошуха // Вес. нац. акад. наук Беларусі. Сер. фіз.-тэхн. навук. – 2016. – № 4. – С. 37–48.

6. Финишная обработка поверхностей / С.А. Клименко [и др.] ; под общ. ред. С.А. Чижика и М.Л. Хейфеца. – Минск : Беларуская наука, 2017. – 377 с.

УДК 621.762

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РЕНТГЕНО-ФЛУОРЕСЦЕНТНЫЙ АНАЛИЗА ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА МЕДНЫХ КАБЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ ПРИ ПОМОЩИ СПЕКТРОМЕТРА ELVAX MINI**

*Студент – Рыхлик А.Н., 34 тс, 4 курс, ФТС*

*Научные*

*руководители – Капцевич В.М., д.т.н., профессор;*

*Корнеева В.К., к.т.н.*

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

**Аннотация.** При помощи программно-аппаратного комплекса «Рентгено-флуоресцентный спектрометр ElvaX mini» проведен анализ химического состава медных кабельных отходов после механической переработки кабельной продукции.

**Ключевые слова:** рентгено-флуоресцентный анализ, спектрометр, медные кабельные отходы, химический состав

Проницаемые волоконные материалы (ПВМ) по сравнению с порошковыми обладают рядом существенных преимуществ [1]: большей пористостью, проницаемостью, прочностью, упругостью и пластичностью. Фильтры на их основе работают в режиме глубинного фильтрования, обладают высокой производительностью, задерживающей способностью, грязеемкостью, сроком службы и способностью к многократной регенерации. Однако дороговизна исходного сырья и в ряде случаев сложность технологии изготовления самих волокон сдерживают процессы создания проницаемых материалов на их основе.

Несомненный интерес для порошковой металлургии представляют медные кабельные отходы (МКО) [2], имеющие волокновое строение, получаемые переработкой отходов кабельной продукции. Переработка кабельных отходов с целью извлечения меди и ее повторного использования, несомненно, является актуальным решением. В соответствии с расчетами [3] переработка вторичных металлов, значительно менее энергоемка, чем получение металлов из руд (для меди – в 6 раз).

Медная кабельная продукция включает в себя непосредственно кабели, провода и шнуры. Кабели состоят из одной или более изолированных проводящих жил, заключенных в неметаллическую оболочку, окруженную свинцовой или алюминиевой броней. Электрические провода содержат одну или несколько скрученных проволок или одну и более изолированных жил, заключенных в неметаллическую оболочку. Шнуры являются проводами с изолированными жилами повышенной гибкости и служащими для соединения с подвижными устройствами. Проводящие жилы кабельной продукции могут быть выполненными медными из меди марок М0 и М1, медно-никелевыми или медными лужеными.

Обычно отходы кабельной продукции поступают на переработку в виде путанки с медными жилами различных размеров. Основной задачей переработки является качественное отделение цветного металла от изоляции и других металлов.

В настоящее время основным методом переработки МКО является их механическое измельчение на специализированных установках.

Механическая переработка кабельных отходов позволяет отделить медные жилы от изоляции и получить медьсодержащее сырье в виде медной сечки (МКО) чистотой до 99 % [6].

Химический состав МКО, разделенных на фракции, определялся при помощи программно-аппаратного комплекса «Рентгено-флуоресцентный спектрометр *ElvaX mini*» (рисунок 1).

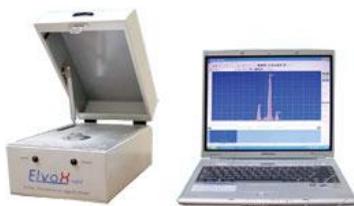


Рисунок 1 – Внешний вид программно-аппаратного комплекса «Рентгено-флуоресцентный спектрометр *ElvaX mini*»

Комплекс предназначен для экспрессного качественного и количественного анализа состава металлических сплавов на содержание химических эле-

ментов от  $Ti$  до  $U$  в широком диапазоне концентраций. Точность определения массовых долей металлов порядка 0,1 %.

Результаты исследований химического состава МКО представлены в таблице.

Таблица – Химический состав МКО

Фракция, мм	Химический состав, %			
	<i>Cu</i>	<i>Pb</i>	<i>Sn</i>	<i>Ni</i>
(-0,2...+0,1)	98,057	1,061	0,882	–
(-0,315...+0,2)	100,000	–	–	–
(-0,4...+0,315)	98,160	1,840	–	–
(-0,63...+0,4)	100,000	–	–	–
(-0,8...+0,63)	92,269	2,030	0,683	5,018
(-1,0...+0,8)	89,154	10,846	–	–

В качестве примера на рисунке 2 представлен интерфейс программного комплекса *ElvaX mini* для определения химического состава МКО фракций (-0,315...+0,2) и (-0,8...+0,63) мм.

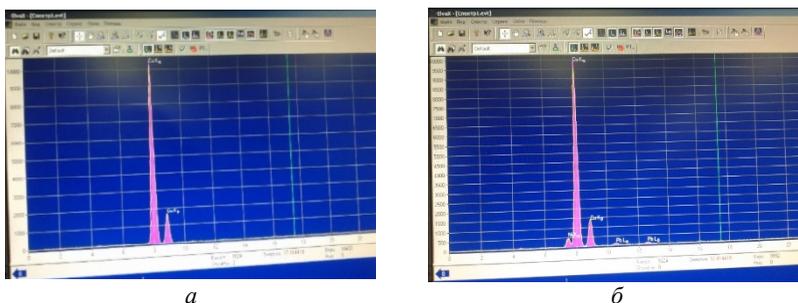


Рисунок 2 – Интерфейс программного комплекса *ElvaX mini*:  
*a* – фракция (-0,315...+0,2) мм; *б* – фракция (-0,8...+0,63) мм

Проведенные исследования позволили установить, что после механической переработки медной кабельной продукции МКО помимо основной медной составляющей, содержат олово, никель и свинец. Наличие олова и никеля свидетельствует о присутствии в отходах медной кабельной продукции кроме чисто медных жил, токопроводящих луженных медных и медно-никелевых жил, а наличие свинца позволяет предположить, что остатки свинцовой брони, попадая на переработку подвергают медь механическому легированию.

#### Список использованных источников

1. Косторнов, А.Г. Проницаемые металлические волокновые материалы / А.Г. Косторнов. – Киев: Техника, 1983. – 123 с.

2. Капцевич, В.М. Проницаемые материалы из металлических волокон: свойства, технологии изготовления, перспективы применения / В.М. Капцевич, А.Г. Косторнов, В.К. Корнеева, Р.А. Кусин. – Минск : БГАТУ, 2013. – 380 с.

3. Петруков, О.П. Концепция оптимизации комплексного управления ТБО в Московской области / О.П. Петруков, Л.Я. Шубов, Ф.Ф. Гаев // Научно-практический журнал ТБО (твердые бытовые отходы), 2007. – № 9. – С. 14–24.

4. Колобов, Г.А. Сбор и обработка вторичного сырья цветных металлов. Учебник для вузов / Г.А. Колобов, В.Н. Бредихин, В.М. Чернобаев. – М.: Metallurgia, 1992. – 288 с.

УДК 621.762

## ОЦЕНКА ФИЛЬТРУЮЩИХ СВОЙСТВ ФИЛЬТРОЭЛЕМЕНТОВ ИЗ МЕДНЫХ КАБЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ

*Студент – Рыхлик А.Н., 34 тс, 4 курс, ФТС*

*Научные*

*руководители – Капцевич В.М., д.т.н., профессор;*

*Корнеева В.К., к.т.н.*

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, Республика Беларусь*

**Аннотация.** Произведена оценка степени очистки двухслойных фильтроэлементов из медных кабельных отходов методом счетной концентрации.

**Ключевые слова:** двухслойные фильтроэлементы, моторное масло, степень очистки, метод счетной концентрации

Методы порошковой металлургии позволяют изготавливать фильтроэлементы (ФЭ) из порошков и волокон, которые могут быть использованы для очистки жидкостей и газов, в частности моторных масел. Так, известен опыт применения ФЭ из порошка бронзы для двухстадийной очистки моторного масла после обкатки двигателя с использованием ФЭ грубой очистки с размерами пор 100–120 мкм и ФЭ тонкой очистки с размерами пор 30–50 мкм [1].

Одним из основных фильтрующих свойств ФЭ является степень очистки, которая определяется по формуле:

$$y = 1 - C_n / C_0$$

где  $C_n$  – концентрация частиц загрязнений на входе в ФЭ.

$C_0$  – концентрация частиц загрязнений на выходе из ФЭ.