



Ю.А. Зеленецкий, начальник научно технического центра  
ОАО «Завод «Микропровод»;  
М.И. Зоткин, генеральный директор ОАО «Роскат»

# АКТУАЛЬНОСТЬ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИЙ РЕЦИКЛИНГА

**Аннотация.** В статье рассматривается актуальность развития технологий рециклинга. Показано, что отходы продуктов жизнедеятельности человека сформировались в значимый ресурс, наряду с природными. Приводятся критерии оценки эффективности технологии рециклинга. Анализируется объем образования отходов кабельного производства, экономическая эффективность их переработки для повторного использования в производстве. Дается краткий анализ проблем развития технологий рециклинга в кабельном производстве.

**Ключевые слова:** материальные ресурсы, кабельное производство, отходы потребления, переработка отходов, использование отходов, медная катанка, отходы полимеров.

История развития человечества иллюстрирует непрерывную борьбу за обладание ресурсами. В конце 20-го, начале 21-го веков определяющими ресурсами являются трудовые, финансовые и материальные. Борьба за эти ресурсы служит причиной всех конфликтов, переживаемых в последнее время. Только государство, обладающее достаточным запасом ресурсов, может чувствовать себя независимым, способным самостоятельно строить собственный уклад жизни.

Что касается материальных ресурсов, то определяющими являются природные ископаемые. В последние десятилетия можно наблюдать истощение отдельных месторождений, появление новых, что сопровождается значительным изменением географии их расположения и, как следствие, значительными геополитическими потрясениями. Негативной мировой тенденцией является неуклонное истощение запасов природных ископаемых. Разведка новых месторождений, сохранение и эффективное использование природных запасов является жизненно важной задачей государства.

Истощение ресурсов природных месторождений сопровождается одновременным значительным ростом отходов продуктов жизнедеятельности человека. По некоторым данным в России в целом ежегодно образуется порядка 3,4 млрд т отходов, в том числе от 30 до 40 % из них составляют промышленные отходы. По оценкам экспертов от 10 до 50 % промышленных отходов может быть переработано для вторичного использования.

Наблюдается устойчивая тенденция роста объемов отходов потребления.

Отходы сформировались как один из значимых материальных ресурсов, грамотное и эффективное использование которых является актуальной задачей. Те страны, которые

**Abstract.** The paper deals with the recycling technologies development. It is shown that waste products of human life and activities have formed a significant resource along with natural resources. Criteria are given for the assessment of the recycling technology efficiency. The volume of cable production waste and the efficiency of waste recycling for utilization in production are analyzed. A short analysis of the problems associated with the recycling technology development and use in cable production is presented.

**Key words:** material resources; cable production; consumer wastes; waste recycling; waste utilization; copper rod; polymer waste.

Материал поступил в редакцию 11.11.2015.  
Зеленецкий Ю.А. E-mail: zelenezky@mikroprovod.ru>

опережающими темпами будут вкладывать значительные бюджетные и корпоративные средства в создание и внедрение новых технологий шестого Технологического уклада, в том числе по воспроизводству материальных и энергетических ресурсов из вторичного сырья, претендуют стать лидерами мирового развития [1].

Особенно эффективным представляется развитие технологий рециклинга в кабельном производстве. Для оценки эффективности сравним технологии получения медной катанки из руды и из отходов меди.

Технологические переделы получения катанки из руды выглядят следующим образом: рудник → обогатительная фабрика → анодная медь → катодная медь → катанка. Технологические переделы получения катанки из отходов выглядят по-другому: сбор отходов → переработка отходов → анодная медь → катодная медь → катанка. Нетрудно заметить, что технологический цикл получения медной катанки из руды и из отходов содержит одинаковое количество переделов, но затраты энергии, трудоемкость и капиталоемкость первых двух переделов не сравнимы. Одни только затраты энергии при переработке отходов меди в анодную медь меньше в 6 раз (при переработке отходов алюминия – в 20 раз [2]) по сравнению с затратами на получение анодной меди, начиная с рудника. Отходы меди имеют достаточно высокую степень однородности. Технология, основанная на современных методах переработки отходов, может обеспечить высокое качество вторичных материалов.

Как известно, кабельное производство имеет высокую материалоемкость. В некоторых изделиях, например эмальированных проводах, содержание меди доходит до 90 % цены одного килограмма эмальпровода. Учитывая высокую

стоимость меди, можно сделать вывод, что для производства большинства кабельных изделий снижение цены катанки является принципиальным параметром, обеспечивающим снижение себестоимости и повышение конкурентоспособности производства. Учитывая значительно меньшие затраты на производство медной катанки из отходов в сравнении с получением катанки из руды, можно ожидать высокую экономическую эффективность рециклинга меди для применения в кабельном производстве в целом по технологической цепочке.

Необходимо отметить, что эффективность рециклинга определяется не только экономическими показателями. В диссертации О.С. Кусраевой по теме «Формирование механизма управления рециклингом отходов промышленных предприятий», предлагается для оценки эффективности рециклинга использовать формулу [3]:

$$I_{er} = F(E, E_c, M) \rightarrow 1,0$$

где  $I_{er}$  – индекс эффективности рециклинга;

$E$  – показатель экономической эффективности рециклинга, который показывает соотношении себестоимости получения продукта из отходов и из первичного сырья (себестоимость переработки отходов должна стремиться к минимуму);

$E_c$  – показатель экологической значимости рециклинга, который отражает экологический вред, наносимый технологиями получения продукта из отходов; в идеале переработка отходов не должна наносить вреда окружающей среде;

$M$  – показатель относительного объема предполагаемого рециклинга; в идеале должно перерабатываться 100 % отходов.

При максимальном соблюдении указанных условий  $I_{er}$  стремится к единице. Показатель  $I_{er}$  говорит об эффективности рециклинга для общества в целом, что, в свою очередь, говорит о необходимости глубокого участия государства в формировании нормативных стимулирующих документов, связанных с этапами формирования, хранения, переработки отходов. Это необходимо, в частности, в связи с тем, что для отдельных исполнителей работ вопросы экологии и глубины переработки отходов остаются вне сферы внимания.

На первый план выходят аргументы финансовой эффективности. Мелкие исполнители снимают «сливки», не заботясь о вопросах экологии и полноты переработки. Этим объясняет тот факт, что несмотря на имеющуюся достаточно развитую технологию переработки кабельных отходов, основной остается технология выжигания меди.

Объем образования кабельных отходов с некоторым временным лагом соответствует объему потребления кабелей и проводов. Временной лаг определяется сроком службы изделий. Применительно к большинству кабельных изделий это, как правило, 25–30 лет. Однако этот срок зависит от условий эксплуатации. Например, для нефтепогружных кабелей, в связи со значительным изменением условий в скважинах, этот срок снижается в ряде случаев до 1 года.

Объем использования меди в России для производства жилы по данным ассоциации «Электрокабель» составил:

1990 г. – 282,0 тыс. т;  
1998 г. – 64,7 тыс. т;  
2009 г. – 188,9 тыс. т;  
2011 г. – 250,7 тыс. т;  
2014 г. – 200,0 тыс. т.

Из данной статистики видно, что за прошедшие годы в России наблюдалось периодическое снижение и нарастание собственного производства кабельной продукции.

В тоже время резко возрос объем потребления импортной электротехники и кабельных изделий. По оценкам экспертов в целом за счет собственного производства и поступления меди в составе импортных кабелей и электротехнической продукции объем потребления меди увеличился примерно на 20 %. Часть изделий уже отработала 25 лет и требует

# join the best:

## 4 - 8 апреля 2016

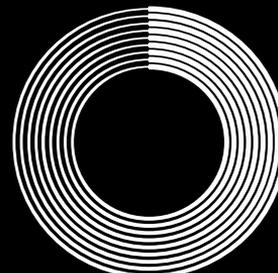
Дюссельдорф, Германия | [www.wire.de](http://www.wire.de)

**join the best** – добро пожаловать на лидирующую мировую выставку проволоки и кабеля! Только здесь и сейчас, на лидирующей мировой выставке проволочной и кабельной индустрии Вы можете получить полный спектр информации о самых современных инновациях и перспективных трендах отрасли, о современных станках и оборудовании для производства кабельной и проволочной продукции – ведь именно здесь, в Дюссельдорфе, встречаются специалисты, эксперты, а так же ведущие предприятия индустрии. **В центре внимания wire 2016:** растущая роль медной проволоки в автомобилестроении, сфере телекоммуникаций и электронике.

Обязательный пункт Вашего делового календаря – визит на **wire 2016 в Дюссельдорфе!**

# wire®

## Düsseldorf



Лидирующая международная выставка  
проволоки и кабеля



Проволока,  
кабель,  
оптоволокно,  
станки и  
оборудование



Технические  
пружины



Метизы и  
крепеж



Оборудование  
для сварки  
проволочных  
сеток

000 «Мессе Дюссельдорф Москва»  
119021 Россия \_ Москва  
ул. Тимура Фрунзе, д. 3, стр. 1  
Тел.: +7 (495) 955 91 99 (202) \_ Факс: +7 (499) 246 19 85  
[PikulevaE@messe-duesseldorf.ru](mailto: PikulevaE@messe-duesseldorf.ru)

[www.messe-duesseldorf.ru](http://www.messe-duesseldorf.ru)

  
Messe  
Düsseldorf

замены. Следовательно можно ожидать нарастания объема поступления медных отходов на переработку.

Необходимо отметить высокую степень локализации мест эксплуатации электротехнических изделий, содержащих медь. Трансформаторные подстанции, кабельные линии, генерирующие мощности, системы распределения электрической энергии, мобильные технические устройства, электродвигатели находятся под постоянным контролем, ремонт осуществляется специализированными предприятиями.

Можно предположить, что степень возврата меди в переработку достигает 80 %, следовательно, объем ежегодного поступления отходов меди на переработку только от эксплуатации кабелей и оборудования, содержащего кабельные изделия, составит до 280,0 тыс. тонн.

Исторически процесс управления кабельными отходами развивался по следующим этапам [2]:

- захоронение отходов вместе с другими отходами и продуктами жизнедеятельности человека;
- сжигание с целью извлечения металлических элементов (в первую очередь меди);
- измельчение и разделение на металлические (с последующей сепарацией по металлам) и неметаллические части.
- новые способы переработки отходов кабелей.

Рассмотрим некоторые проблемы, для решения которых необходимы новые технологии. К их числу относятся:

- переработка полимерных отходов и их дальнейшее использование в качестве конструкционных материалов;
- термическая обработка полимеров с соблюдением санитарных норм и использованием выделяющейся при этом тепловой энергии.

В настоящее время отходы полимеров в подавляющем большинстве случаев или сжигаются, или поступают на захоронение, однако наблюдается тенденция развития технологий переработки полимеров в продукты, обладающие потребительскими свойствами. Так, например, полимерные материалы в ряде случаев могут использоваться в качестве связующих для изготовления композитных материалов. На российском рынке формируется ряд предприятий, покупающих отходы полимерных материалов для изготовления дорожных, тротуарных плит, упаковочной ленты и других продуктов. Имеются предприятия, перерабатывающие и предлагающие на рынок отходы полимеров в виде качественных полуфабрикатов.

Определенное развитие получили технологии термической переработки полимеров. На российском рынке представлены три направления: глубокое термическое окисление полимеров до углекислого газа, низкотемпературный пиролиз и плазменная обработка. Ряд таких предприятий демонстрируют свои технологии на специализированных выставках.

В первой технологии применяется две ступени окисления. На первой стадии происходит термическая деструкция полимера под воздействием энергии сгорания природного газа, на второй стадии происходит дожигание продуктов деструкции до углекислого газа. Данная технология предельно проста и мобильна. Но в ней отсутствует технология поглощения присутствующих во многих полимерах агрессивных газов, таких как хлор, фтор, фосфор.

В установках низкотемпературного пиролиза под воздействием температуры 450–500 °С происходит деструкция полимеров без доступа кислорода. На выходе получают этан, метан и жидкий полимер. Газы используются для поддержания собственного технологического процесса. В случае переработки полимера с наполнителями (например, шины) дополнительно получается товарный технический углерод. Жидкий полимер по своим характеристикам соответствует печному топливу. Имеются установки, перерабатывающие до 12 т полимеров в сутки. Достоинством такой установки помимо получения топлива является выход очищенного металла при переработке конструкционных изделий. Так происходит при переработке автомобильных шин.

В случае применения установки для переработки кабелей можно прогнозировать следующую технологию. В установку загружается освобожденный от брони кабель без предварительного отделения полимера, а на выходе получают печное топливо и чистую медь. При использовании такой технологии отпадает необходимость применения целого ряда установок, используемых для отделения полимеров от меди.

В плазменных установках полимер перерабатывается плазмой. На выходе получается чистый газ. В данной установке предусмотрен абсорбер для поглощения агрессивных газов. В случае переработки достаточного количества полимера экономически эффективно использовать утилизацию образующейся тепловой энергии.

Сдерживающим фактором применения отходов меди для производства катанки является высокая засоренность отходов металлическими и неметаллическими примесями, техническая сложность их удаления при переработке. Например, при переработке нефтепогружных кабелей наблюдается засорение меди металлическими и неметаллическими материалами, пластовой жидкостью. Усовершенствование технологии переработки отходов должно сопровождаться перемещением ее на этап образования отходов. В этом случае возможна предварительная селекция отходов, подготовка их для последующей переработки, что значительно уменьшит засорение отходов сопутствующими материалами. Такая организация снизит трудоемкость технологии переработки отходов, исключит засорение отходов меди примесями. Технология предварительной селекции отходов широко применяется в мировой практике при сборе в частности пластиковых отходов.

Можно сделать вывод, что к настоящему времени разработаны различные виды технологии рециклинга. Комплексный подход к решению проблем рециклинга в кабельной отрасли снимет все технические и организационные трудности.

Технологии рециклинга представлены в виде промышленных установок, в которых комплексно решаются вопросы переработки отходов в товарную продукцию без отрицательного воздействия на окружающую среду. Наиболее эффективно организовать такие технологии могут только крупные предприятия, специализирующиеся на сборе и переработке кабельных отходов. В распоряжении таких предприятий имеются достаточные ресурсы для комплексного решения всех проблем части централизованного сбора, переработки отходов и реализации образующейся товарной продукции. По нашему мнению, те предприятия, которые, перерабатывая кабельные отходы, пренебрегают развитием современных технологий рециклинга, не смогут обеспечить высокое качество вторичного продукта, низкую себестоимость производства и неизбежно столкнутся с проблемами экологии.

Подводя итоги, можно отметить, что развитие технологии рециклинга в кабельном производстве отличает ряд особенностей:

- рециклинг может иметь высокую социальную значимость;
- по остроте и значимости технологии рециклинга сравнимы с технологией производства кабельных изделий;
- рециклинг экономически мотивирован для перерабатывающих предприятий и потребителей материалов;
- современные технологии рециклинга возможны только при существенных капитальных затратах и в первую очередь доступны для крупных специализированных предприятий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Цуцкарева Г.И. Размышления о рециклинге отходов, науке и высоких технологиях // Рециклинг отходов. – 2015. – № 2 (56).
2. Сечина А.В. Обзор методов промышленной переработки отходов кабелей // Труды СГА. – 2009. – № 7. – С. 80–89.
3. Кусраева О.С. Формирование механизма управления рециклингом отходов промышленных предприятий: Автореф. дис. канд. эконом. наук. – Санкт-Петербург, 2012. – 20 с.