

**А. С. КЛИНКОВ, М. В. СОКОЛОВ, П. В. МАКЕЕВ и др.**

# **РЕЦИКЛИНГ И УТИЛИЗАЦИЯ ТАРЫ И УПАКОВКИ**

**Часть 2**



**Тамбов  
Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ»  
2014**

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Тамбовский государственный технический университет»

**А. С. КЛИНКОВ, М. В. СОКОЛОВ, П. В. МАКЕЕВ и др.**

# **РЕЦИКЛИНГ И УТИЛИЗАЦИЯ ТАРЫ И УПАКОВКИ**

*В двух частях*

**Часть 2**

*Утверждено Учёным советом университета  
в качестве учебного пособия для студентов направления  
29.03.03 «Технология полиграфического и упаковочного производства»  
и магистерской программы 29.04.03*



---

Тамбов  
Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ»  
2014

УДК 678.002.8 (075)  
ББК Л719.96:Ж6я73  
Р45

Рецензенты:

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой  
«Природопользование и защита окружающей среды» ФГБОУ ВПО «ТГТУ»  
*Н. С. Попов*

Кандидат технических наук, старший научный сотрудник,  
главный инженер ОАО «НИИРТМаш»  
*В. В. Бастрыгин*

Авторский коллектив:

*А. С. Клинков, М. В. Соколов, П. В. Макеев, И. В. Шапков, В. Г. Однолько*

**Р45 Рециклинг** и утилизация тары и упаковки : учебное пособие :  
в 2 ч. / А. С. Клинков [и др.]. – Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО  
«ТГТУ», 2010. – Ч. 1. – 112 с. – 100 экз. – ISBN 978-5-8265-0896-1.

Ч. 2 : учебное пособие для студентов направления 29.03.03  
«Технология полиграфического и упаковочного производства»  
и магистерской программы 29.04.03 / А. С. Клинков [и др.]. –  
Тамбов : Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2014. – 88 с. – 100 экз. –  
ISBN 978-5-8265-1275-3.

Рассмотрены современное состояние и перспективы развития рециклинга и утилизации твёрдых бытовых отходов, бытовой техники (холодильников, кондиционеров, газовых плит, телевизоров, сотовых телефонов), отходов растительного сырья. Показан опыт внедрения системы раздельного сбора, последующей сортировки, переработки во вторичное сырьё в России и за рубежом, показано получение и применение биоразлагаемых пластиков в упаковочном производстве.

Предназначено для студентов направления 29.03.03 «Технология полиграфического и упаковочного производства» и магистерской программы 29.04.03 для выполнения курсовых проектов и выпускных работ по разработке технологии и технологического оборудования по производству и переработке полимерных материалов.

УДК 678.002.8 (075)  
ББК Л719.96:Ж6я73

**ISBN 978-5-8265-1275-3 (ч. 2)**  
**ISBN 978-5-8265-0896-1**

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет» (ФГБОУ ВПО «ТГТУ»), 2014

## ВВЕДЕНИЕ

---

С развитием цивилизации к середине XX в. определились 4 основных упаковочных материала: бумага (и картон), стекло, пластмассы и металлы. Со второй половины XX столетия к ним добавились так называемые комбинированные упаковочные материалы. В это же время во многих странах были созданы научно-исследовательские конструкторские, дизайнерские и учебные структуры в области упаковки.

Одним из наиболее осязаемых результатов антропогенной деятельности является образование отходов, среди которых отходы пластмасс занимают особое место в силу своих уникальных свойств.

Использование изделий из полимерных материалов неуклонно связано с образованием отходов. Особенность полимерных отходов – их устойчивость к агрессивным средам, они не гниют, процессы деструкции в естественных условиях протекают достаточно медленно, но с образованием вредных веществ, отравляющих окружающую среду. Всё это делает проблему утилизации отходов полимерных материалов актуальной.

Россия занимает огромную территорию со значительным количеством небольших населённых пунктов, в которых перспектива цивилизованного решения проблем утилизации твёрдых бытовых отходов (ТБО) достаточно далека. Значительную долю ТБО составляют отходы пластмасс, которые, с одной стороны, являются ценным сырьём для вторичного использования, а с другой – длительно разлагающимися материалами, существенно загрязняющими природную среду.

На городских свалках даже среднего населённого пункта ежегодно скапливаются сотни тысяч тонн бытовых отходов. Дымящиеся свалки, кучи выброшенного хлама, переполненные мусорные баки – в России такие картины знакомы многим городским и сельским жителям.

В наши дни, как никогда прежде, люди задумались над огромным засорением Земли непрерывно возрастающими отходами ТБО. В последнее десятилетие значительно возросло количество автомобильного транспорта, бытовой техники, в том числе холодильного оборудования, электронной аппаратуры, сотовых телефонов кондиционеров и др. Дальнейшее развитие приобрела технология получения биоразлагаемой полимерной упаковки, переработка древесных.

# 1. ТВЁРДЫЕ БЫТОВЫЕ ОТХОДЫ. УТИЛИЗАЦИЯ И ПЕРЕРАБОТКА

---

Жизнь людей характеризуется возникновением большого числа различных отходов. Значительное увеличение потребностей населения за последние годы на планете привело к быстрому увеличению количества различных видов отходов, в том числе и твёрдых бытовых отходов (ТБО). В последние годы масса ТБО, поступающих постоянно в окружающую среду, достигает вселенских масштабов и стремится к 500 млн. т в год.

ТБО загрязняют окружающую природу. Также они служат источником попадания вредных биологических, химических, и биохимических веществ в окружающую нас среду. Эти вещества несут значительный вред жизни и здоровью людей Земли, а также последующим поколениям. К тому же ТБО необходимо представлять как источник целого ряда ценных веществ, необходимых для применения в наиболее развитых отраслях промышленности.

Невозможно производство сделать безотходным так же, как любое потребление несёт в себе отходы. В результате совершенствования производственных процессов, увеличения услуг рынка, изменения уровня жизни населения, значительно меняется количественный и качественный состав ТБО. Также при значительном спаде производств в России в целом, увеличиваются запасы малоликвидных отходов, ухудшающие экологическую обстановку районов и городов.

Решение накопившихся проблем переработки ТБО в настоящее время приобретает первостепенное значение. Также, в результате постепенного истощения таких источников природного сырья как нефть, каменный уголь, руда для чёрных и цветных металлов, для большинства видов народного хозяйства особую важность приобретает использование различных видов ТБО в полном объёме. Большинство стран с развитой экономикой успешно справляются с такими задачами. Особенно это касается США, Японии, Прибалтийских стран и Германии. Рыночная экономика ставит перед промышленниками и исследователями, перед органами государственной власти задачи по созданию максимально безвредных технологий и полного использования всех видов ТБО, т.е. приближения к возникновению безотходных технологий. Основными сложностями при решении задач по утилизации ТБО являются отсутствие чёткой научно-обоснованной классификации отходов, необходимость использования сложного дорогостоящего оборудования и отсутствие экономической базы для обоснования конкретных решений [1, 2].

## 1.1. ВИДЫ ТВЁРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ

При внимательном рассмотрении комплекса проблем, связанных со сбором, транспортировкой, утилизацией и обезвреживанием ТБО, необходимо, в первую очередь, ставить вопрос о свойствах и составе данного материала. Если для эффективного сбора и транспортировки ТБО достаточно общей информации об их плотности и влажности, то при выборе технологий и методов утилизации и обезвреживания необходимо иметь полную информацию об элементном и морфологическом составе и большинстве свойствах ТБО, в особенности теплотехнических.

Основную часть состава ТБО повсеместно представляют различные органические материалы. Это в большинстве случаев бумага и остатки различных пищевых продуктов. Их соотношение незначительно изменяется в зависимости от географического расположения страны, уровня развития и культурных особенностей. В общем случае доля органических материалов в ТБО составляет 60% в развитых странах. В развивающихся странах этот показатель может достигать 70%. Удельная теплота сгорания органических фракций ТБО может достигать 1500 ккал/кг.

**Морфологический состав ТБО.** По морфологическому признаку ТБО можно разделить на следующие компоненты: картон, бумагу, металл (чёрный и цветной), дерево, пищевые отходы, кости, текстиль, кожу, стекло, камни, резину и другие полимерные материалы, прочие (неклассифицируемые виды), в том числе медицинские отходы больниц, медпунктов и санаториев страны.

Как показал анализ, состав мусора в нашей стране несколько отличается от состава мусора западных стран. В нём достаточно велико содержание строительного мусора (достигает 10%) и высокая доля пищевых отходов потребления. Кроме того, на городских свалках часто встречается промышленный мусор.

Большое влияние на состав ТБО оказывает организация сбора в городе пищевых отходов, утильной бумаги и стеклотары. С течением времени, как показывает опыт других стран, состав ТБО претерпевает незначительные изменения. Происходит увеличение количества бумаги, различных видов полимерных материалов, отходов фруктов и овощей, цветных металлов. После 1992 года резко возросло содержание отходов полимерных упаковочных материалов. При этом практически не изменилось соотношение содержания пищевых отходов к общей массе ТБО.

**Сокращение потока отходов как способ борьбы с увеличением массы ТБО.** Под сокращением отходов понимают запланированную серию мероприятий, которые направлены на уменьшение количества и вредных свойств производимых отходов и увеличение доли отходов, используемых в качестве вторичного сырья.

На Западе данные кампании ведутся давно и в первую очередь они направлены против излишнего образования отходов упаковки, которые составляют значительная часть ТБО:

- около 30% отходов по весу и 50% по объёму составляет различная упаковка;

- 13% веса и 30% объёма упаковки изготовлено из полимерных материалов; в последнее время в развитых странах абсолютное количество отходов из пластика удваивается каждые десять лет.

Как отмечалось ранее, одним из важнейших направлений работы по сокращению отходов является уменьшение отходов, связанных с упаковкой товаров. В значительной степени упаковки товаров зависит от предпочтений потребителей, которые, в свою очередь, формируются рекламой, средствами массовой информации, и т.п.

При покупке товаров нужно учитывать следующие рекомендации:

- отдавать предпочтение продуктам многоразового использования;
- избегать ненужной упаковки;
- отдавать предпочтение минимальной упаковке – приобретать товары в лёгкой упаковке и товары, продающиеся в больших объёмах;
- отдавать предпочтение упаковке, которую можно вторично перерабатывать и использовать;
- отдавать предпочтение упаковке, изготовленной из вторично переработанных и/или экологически чистых материалов.

Необходимым элементом сокращения отходов является удаление из потока ТБО особо опасных отходов, а именно детергентов, ядохимикатов, лакокрасочных материалов, аккумуляторов и батареек. Данные изделия и вещества не должны попадать на мусоросжигательные заводы и обычные полигоны. Обращение с опасными отходами, включая их сбор, транспортировку и хранение требует применения дорогостоящих сложных технологий и, в большинстве случаев, осуществляется организациями, имеющими государственную лицензию на деятельность такого типа, работа которых оплачивается производителем опасных отходов, или, в некоторых случаях, государством и страховыми компаниями [1].

## **1.2. ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЁРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ**

**Сбор и промежуточное хранение отходов.** Часто сбор отходов является наиболее дорогостоящим компонентом всего процесса утилизации ТБО. Правильная организация сбора отходов позволит сэкономить значительные средства, которые можно направить на организацию вторичной переработки ТБО. Система сбора ТБО, существующая в России, с точки зрения экономичности должна оставаться стандартизированной. Однако дополнительное планирование необходимо, чтобы решить вновь возник-

шие проблемы (например, отходы киосков различных видов, на сбор которых не хватает ресурсов и времени). Часто средства для решения вновь возникших проблем можно найти, вводя за сбор мусора дифференцированную плату.

На территории России часто приходится транспортировать отходы на большие расстояния. Для решения этой проблемы создаются станции временного хранения отходов, от которых мусор будет вывозиться по железной дороге или большими по грузоподъёмности машинами.

На базе полигонов ТБО во многих городах созданы специализированные муниципальные предприятия по сбору, складированию и временному хранению ТБО. Очень часто полигоны контролируются природоохранными организациями, деятельность которых частично финансируется из экологических фондов.

**Мусороперегрузочные станции (МПС) и вывоз ТБО.** В последнее время в отечественной и мировой практике наблюдается тенденция замены прямого вывоза ТБО двухэтапным с использованием так называемых мусороперегрузочных станций. Наибольшее распространение такая технология получила в крупных городах, в которых свалки и полигоны ТБО расположены далеко от населённого пункта. При двухэтапном вывозе ТБО наиболее широко используются транспортные мусоровозы большой вместимости и съёмные пресс-контейнеры.

Двухэтапная система вывоза ТБО включает в себя следующие технологические операции:

- сбор ТБО в местах накопления;
- вывоз отходов обычными собирающими мусоровозами на мусороперегрузочную станцию (МПС);
- перегрузка в транспортные мусоровозы большой вместимости;
- перевозка ТБО к местам их утилизации или захоронения;
- выгрузка ТБО.

Использование МПС позволяет:

- уменьшить расходы на транспортировку ТБО в места утилизации или захоронения;
- снизить количество обычных собирающих мусоровозов;
- сократить суммарные выбросы в атмосферу от мусоровозного транспорта;
- улучшить технологию складирования ТБО.

Также применение МПС положительно с точки зрения охраны окружающей среды, поскольку уменьшает количество полигонов для складирования ТБО, снижает интенсивность движения по транспортным магистралям и т.д. Чтобы получить преимущества, которые даёт применение МПС, необходимо решить ряд организационных и технических вопросов, а именно выбрать тип МПС, тип применяемого на ней оборудования,



включая мусоровозы большой вместимости, места расположения МПС, её производительность и определить количество таких станций для города.

**Захоронение.** Это наиболее старый способ удаления ТБО во всём мире. Захоронение осуществляется в приповерхностной геологической среде.

Зная высокую санитарно-эпидемиологическую и химическую опасность неорганизованного сбора, складирования и хранения ТБО, при выборе площадки, предназначенной под полигон, необходимо тщательно изучить ряд вопросов:

- особенности местности;
- тип (рельеф) местности;
- особенности геологического состава земных слоёв места, предназначенного под полигон ТБО;
- особенности окружающего природного ландшафта;
- преобладающую розу ветров.

После тщательного анализа указанных факторов, проведённого компетентными профессиональными специалистами и экологической экспертизы, выполненной независимыми экспертами-профессионалами, осуществляют выбор участка под полигон ТБО.

Традиционно применяемые свалки несут в себе множество проблем – мусор на них самовозгорается, они загрязняют атмосферу и водоёмы, являются причиной многих болезней, рассадниками грызунов и птиц. В конце 50-х годов прошлого века начинают внедрять так называемые «санитарные полигоны», на которых отходы определённый промежуток времени пересыпают почвой.

Современные полигоны представляют собой сложную систему, обеспечивающую отсутствие контакта отходов с окружающей средой. Однако это затрудняет процесс разложения отходов, и они представляют собой своеобразную «бомбу замедленного действия». Поэтому особенно важно спланировать мероприятия по выводу полигона из эксплуатации с его последующей рекультивацией.

Рассмотрим основные требования, которые предъявляются к полигону ТБО:

1. Полигон должен быть расположен на определённой высоте относительно близлежащих водоёмов, чтобы его не заливало паводковыми водами. Это крайне необходимо с точки зрения санитарно-эпидемиологической опасности.

2. Полигон должен быть расположен в месте, окружённом солидными лесными массивами, и направление преобладающей розы ветров должно исключать возможность попадания воздуха с поверхности полигона в близлежащие населённые пункты.

3. Основа полигона должна иметь водонепроницаемое покрытие, обеспечивающее многолетнюю работу полигона, отсутствие возможности оползней, просачивания продуктов разложения в почву и грунтовые воды.

4. ТБО должны быть складированы и равномерно распределены по участку сравнительно тонким слоем, уплотнённым так, чтобы не было разноса мелких и лёгких частиц.

5. Отсутствие возможности попадания грунтовых вод на основание полигона.

6. Максимальная высота слоя закладки ТБО не должна превышать 2 м. Уплотнённые ТБО должны быть покрыты промежуточным слоем, препятствующим уносу ветром мелких и лёгких фракций ТБО, а также выходу на свободную поверхность различных вредных насекомых и, прежде всего, мух.

7. ТБО необходимо складировать, хранить и перемещать на заранее спланированные участки (карты) по мере их сепарации и переработки.

8. Обеспечение санитарно-эпидемиологических норм, предъявляемых к эксплуатации полигонов.

9. Должна быть обеспечена засыпка ТБО (с учётом расположения карт) и наличие запаса материала для верхнего покрывающего слоя.

10. Отсутствие возможности возгорания ТБО на территории полигона.

11. Обеспечение полива ТБО в периоды повышенной пожароопасности в засушливый период времени.

12. Отсутствие возможности складирования и хранения ТБО с единичными трупами животных, а также взрывоопасными и токсичными промышленными отходами.

Санитарные эпидемиологические центры и комитеты по охране природы осуществляют постоянный мониторинг за правильной эксплуатацией полигонов ТБО.

**Побочные процессы, протекающие при захоронении ТБО.** Под действием окружающей среды (в первую очередь светопогоды) ТБО постепенно подвергаются естественному старению, а именно, органические и неорганические вещества, в том числе отходы чёрных и цветных металлов.

Старение химических материалов, содержащих серу, мышьяк, различные галогены (хлор, бром и пр.), тяжёлые металлы (медь, свинец, хром и др.), вызывает постепенное, незаметное, медленное отравление почв, поскольку, например, тяжёлые металлы обладают мутагенными и канцерогенными свойствами.

ТБО из органики природного происхождения (картон, целлюлозно-бумажные материалы, белковые материалы, в том числе разнообразные пищевые отходы, а также волокнистые материалы из клетчатки или из её производных), в первую очередь, подвергаются старению под воздейст-

вием биохимических и биологических факторов. Особенно в тёплый период времени (при температурах выше 0 °С).

Природные материалы разлагаются под действием следующих факторов:

а) биологических:

– микрофлоры – актиномицет, бактерий, которые развиваются и растут при температурах выше 0 °С; дрожжей; различных грибов; вирусов и водорослей;

– микрофауны – червей, простейших, двупароногих, клещей, многоножек;

б) биохимических:

– ферментов (энзимов) различного происхождения и характера.

В условиях биохимического и биологического разложения отходов природных материалов происходит образование так называемой патогенной флоры – большого числа бактерий, вызывающих серьёзные инфекционные заболевания (например, холеру). Наиболее высокую опасность представляют отходы научно-исследовательских и лечебных организаций, а именно стоматологические и хирургические отходы (отходы поликлиник, больниц, санаториев и т.п.), поскольку они являются потенциальными носителями и возбудителями тяжелейших инфекционных заболеваний.

Старение ТБО, содержащих синтетические полимерные материалы, опасно образованием канцерогенных веществ.

В результате сложных химических реакций и микробиологической деятельности на различных участках свалки температура колеблется в пределах от 50 до 100 градусов, обеспечивая самопроизвольное возгорание и отравляя окружающую среду различными соединениями класса диоксинов.

Под действием ультрафиолетовых лучей в ясную погоду на воздухе протекает фотохимическая реакция с возникновением различных экзотических веществ (прежде всего газов) с неизученными свойствами. Периодическое нахождение человека в такой атмосфере может вызвать у него в лучшем случае аллергию, в худшем – различные новообразования.

Атмосферные осадки способствуют взаимодействию химических элементов и их проникновению в грунтовые воды. Также опасно периодическое поступление химических веществ с поверхностным и подпочвенным стоком. Токсичные газы, выделяющиеся со свалок, распространяются на большие расстояния преимущественно в направлении преобладающей розы ветров, а также вступают в реакции с выбросами ближайших промышленных предприятий, ухудшая и без того тяжёлую экологическую обстановку. Ещё одним побочным эффектом свалки ТБО может быть возникновение крыс и тараканов, особенно устойчивых к химическим препаратам.

На свалках отходы ежедневно подвергаются процессу биохимического разложения. В результате этого интенсивно формируются анаэробные условия, вызывающие биоконверсию органического вещества. При этом образуется биогаз, называемый свалочным газом (СГ). Удельный выход свалочного газа составляет 120...200 м<sup>3</sup> на тонну ТБО, и образуется преимущественно в первые 10 – 50 лет работы свалки, особенно интенсивно СГ выделяется в первые 5 лет – около 50% от полного запаса.

Эмиссии СГ, поступающие в окружающую среду, приводят к негативным эффектам не только локального, но и глобального характера. Поэтому на Западе широко внедряются программы, направленные на минимизацию эмиссии СГ. Это привело к созданию самостоятельной отрасли мировой индустрии, включающей утилизацию и экстракцию СГ.

Принципиальная схема экстракции СГ на полигонах имеет следующий вид: вертикальные газодренажные скважины образуют сеть, соединённую газопроводами, в которой компрессорная установка служит для создания разрежения, необходимого для транспортировки СГ до места утилизации или использования. Установки для сбора и утилизации СГ монтируются за пределами полигона на специально подготовленной площадке.

Предварительные полевые газо-геохимические исследования проводятся с целью оценки газопродуктивности существующей толщи ТБО.

Газодренажная система сооружается как целиком на всей территории свалки ТБО после окончания её эксплуатации, так и на отдельных секторах свалки в зависимости от очередности их загрузки. При этом нужно помнить, что для добычи СГ целесообразно использовать полигоны мощностью не менее 10 м. Также необходимо намечать строительство системы сбора СГ на рекультивированной территории полигона ТБО, т.е. перекрытой слоем грунта толщиной не менее 30...40 см.

Основными способами утилизации СГ являются:

- факельное сжигание, процесс, обеспечивающий снижение пожароопасности на территории полигона ТБО и устранение неприятных запахов, при этом выделяемая энергия в хозяйственных целях не используется;
- использование СГ в качестве топлива для газовых двигателей с целью получения тепла и электроэнергии;
- прямое сжигание СГ для производства тепловой энергии;
- доведение содержания метана в СГ (процесс обогащения) до 94...95% с последующим его использованием в газовых сетях общего назначения;
- использование СГ в качестве топлива для газовых турбин с целью получения тепловой и электрической энергии [3].

**Биотермическое компостирование.** Этот один из способов утилизации ТБО, основанный на ускоренных, естественных реакциях трансформации мусора при температуре порядка 60 °С в среде кислорода, по-

даваемого в виде горячего воздуха. В результате такого воздействия биомасса ТБО превращается в компост в специальной биотермической установке (барабане). Необходимо отметить, что для реализации данного технологического процесса исходный мусор должен быть очищен от крупногабаритных предметов, а также стекла, металлов, пластмассы, керамики и резины. В биотермических барабанах очищенная фракция мусора подлежит выдержке в течение 2 суток с целью получения товарного продукта. Затем компостируемый мусор снова очищается от цветных и чёрных металлов, подлежит измельчению и складированию с целью дальнейшего использования в качестве биотоплива в топливной энергетике или компоста в сельском хозяйстве. Процесс биотермического компостирования проще всего проводить на предприятиях по механической переработке ТБО, что обычно является составной частью технологической цепи таких предприятий. Однако существующие в настоящее время технологии компостирования не позволяют избавиться от солей тяжёлых металлов, что приводит к фактической непригодности компоста из ТБО для использования в сельском хозяйстве. Чаще всего, такие предприятия убыточны. В связи с этим предпринимаются попытки разработки концепций производства синтетического жидкого и газообразного топлива для автотранспорта из продуктов компостирования, полученных на предприятиях мусороперерабатывающего сектора. Например, использовать полученный компост как полуфабрикат с целью его дальнейшей переработки в газ.

**Сжигание.** Мусоросжигание – это один из наиболее сложных и «высокотехнологичных» видов утилизации отходов. Процессу сжигания предшествует предварительная обработка ТБО с получением топлива, извлечённого из отходов. В процессе разделения ТБО из них удаляют металлы, крупные объекты и дополнительно их измельчают. Также из отходов следует извлечь аккумуляторы и батарейки, листья, пластик, чтобы уменьшить вредные выбросы. В настоящее время процесс сжигания неразделённого потока отходов является чрезвычайно опасным. В связи с этим становится ясно, что мусоросжигание должно стать только одним из компонентов сложной комплексной программы утилизации ТБО.

Вес отходов при сжигании уменьшается в среднем в 3 раза, также устраняются некоторые неприятные свойства: выделение токсичных бактерий и жидкостей, запах, привлекательность для грызунов и птиц. В свою очередь, выделенная дополнительная энергия, может быть направлена на получение отопления и электричества.

Главной целью сжигания является уменьшение объёма ТБО перед вывозом на свалку. Вывоз шлака и золы составляет примерно 30% от массы ТБО, подвергнутых сжиганию.

В отечественной и мировой практике наибольшее распространение получили три метода утилизации и термического обезвреживания ТБО:

- слоевое сжигание неподготовленных, исходных отходов в мусоросжигательных котлах;

- камерное или слоевое сжигание обогащённых отходов (специально подготовленных), очищенных от балластных составляющих и имеющих относительно стабильный фракционный состав в цементных печах или в топках энергетических котлов;

- пиролиз отходов, как обогащённых (прошедших предварительную подготовку), так и нет (исходных, неподготовленных).

Для обеспечения экологической безопасности при сжигании мусора необходимо соблюдать ряд принципов. Поддерживать заданную температуру и продолжительность сжигания, которые зависят от типа сжигаемых веществ; создавать турбулентные воздушные потоки, обеспечивающие полноту сжигания отходов. В связи с тем, что отходы сильно различаются по физико-химическим свойствам и источникам образования, существует множество типов оборудования и технических средств для сжигания. В настоящее время ведутся исследования, направленные на совершенствование процессов сжигания. Они обусловлены ужесточением экологических норм и изменением состава ТБО. Например, замена воздуха, подаваемого к месту сжигания отходов на кислород, приводит к ускорению процесса сжигания, что обеспечивает снижение объёма горючих отходов, изменяет их состав, позволяет получить стеклообразный шлак и полностью исключить фильтрационную пыль, подлежащую подземному складированию. Также к современным способам можно отнести сжигание мусора в псевдосжиженном слое. При этом способе достигается высокая полнота сгорания отходов при минимальном выходе вредных веществ. По результатам исследований установлено, что сжигание мусора целесообразно применять в городах с населением не менее 15 тыс. жителей при производительности печи около 100 т/сут. При этом с каждой тонны отходов вырабатывается примерно 300...400 кВт·ч электроэнергии. В настоящее время топливо из ТБО получают в виде брикетов и гранул, а также в измельчённом состоянии. Поскольку сжигание топлива в измельчённом состоянии сопровождается образованием большого количества пыли, а использование топлива в виде брикетов приводит к трудностям при загрузке печи и поддержании устойчивого процесса горения, предпочтение отдаётся гранулированному топливу. Также необходимо отметить, что при сжигании гранулированного топлива намного выше КПД котла. Процесс сжигания мусора обеспечивает минимальное содержание разлагающихся веществ в шлаке и золе, но является источником выбросов в атмосферу вредных веществ.

В современных условиях главным направлением, обеспечивающим сокращение выброса вредных веществ в окружающую среду, является раздельный сбор или сортировка ТБО. В последнее время широкое распространение получил способ совместного сжигания ТБО и шламов сточных вод. Данный метод приводит к отсутствию неприятного запаха, а также позволяет использовать полученное тепло для сушки осадков и сточных вод. Из-за того, что в последнее время были ужесточены нормы выбросов в атмосферу газовой составляющей процесса сжигания, стоимость процесса газоочистки на мусоросжигательных заводах резко возросла. В связи с чем, большинство мусоросжигательных предприятий являются убыточными. Поэтому необходимо разрабатывать способы переработки ТБО, позволяющие утилизировать и вторично использовать ценные компоненты, содержащиеся в мусоре.

В нашей стране методы утилизации ТБО с использованием пиролиза малоизвестны из-за своей дороговизны. Суть процесса пиролиза заключается в необратимом химическом изменении ТБО под действием температуры без доступа кислорода. В зависимости от используемой температуры пиролиз условно можно разделить на низкотемпературный (до 900 °С) и высокотемпературный (свыше 900 °С).

*Низкотемпературный пиролиз* – это процесс, в результате которого измельчённые ТБО подвергаются термическому разложению. Существует несколько вариантов процесса пиролиза мусора: пиролиз отходов органического происхождения под действием температуры без доступа воздуха; пиролиз при температуре 760 °С в присутствии воздуха, обеспечивающего неполное сгорание отходов; пиролиз с использованием вместо воздуха кислорода с целью получения большого количества тепла; пиролиз при температуре 850 °С без разделения отходов на неорганическую и органическую составляющие. Дальнейшее увеличение температуры пиролиза приводит к уменьшению выхода твёрдых и жидких продуктов и к повышению выхода газа. Главным преимуществом пиролиза по сравнению с процессом непосредственного сжигания отходов является его высокая эффективность с точки зрения предотвращения загрязнения окружающей среды. Кроме того, с помощью пиролиза можно перерабатывать различные составляющие ТБО, не поддающиеся утилизации, а именно, пластмассы, автопокрышки, отстойные вещества, отработанные масла и др. После проведения пиролиза практически не остаётся биологически активных веществ, в связи с чем, подземное складирование отходов пиролиза не несёт в себе вреда окружающей среде. Образующийся в результате пиролиза пепел имеет высокую плотность, что значительно уменьшает объём отходов, подвергаемых подземному складированию. При пиролизе невозможно восстановление (выплавка) тяжёлых металлов. К преимуществам пиролиза можно отнести малую мощность используемого оборудова-

ния и лёгкость транспортировки и хранения полученных продуктов. Поэтому, пиролиз требует меньших капитальных затрат. Предприятия по переработке ТБО пиролизом в настоящее время функционируют в США, Дании, Японии, Германии и других развитых странах. Наиболее широко научные исследования и практические разработки в этой области начались в 70-х годах прошлого века, в период так называемого «нефтяного бума». С этого времени получение энергии и тепла путём пиролиза из резиновых, пластмассовых и других горючих отходов стало рассматриваться как один из важных источников выработки энергетических ресурсов. Наибольшее значение этому процессу придают в Японии.

*Высокотемпературный пиролиз*, по сути, есть не что иное, как превращение мусора в газ. Технология этого метода подразумевает получение из ТБО (в первую очередь из биологической составляющей) вторичного сырья – синтез-газа, с целью использования его для получения горячей воды, пара и электроэнергии. Также в результате процесса высокотемпературного пиролиза образуются твёрдые продукты в виде шлака и золы, т.е. непиролизуемые остатки. Технологическая схема этого метода утилизации включает в себя четыре последовательных этапа: удаление из мусора крупногабаритных предметов, чёрных и цветных металлов с использованием электромагнита и путём индукционного сепарирования; обработка подготовленных ТБО в камере газификатора с целью получения синтез-газа и вторичных побочных химических соединений – азота, хлора, фтора; очистка синтез-газа от вредных примесей с целью повышения его энергоёмкости и экологических свойств, охлаждение и поступление синтез-газа в скруббер для последующей очистки щелочным раствором, в первую очередь, от соединений фтора, хлора, цианидов и серы; сжигание очищенного синтез-газа в специальных котлах-утилизаторах для получения горячей воды, пара, или электроэнергии.

Комбинированная технология переработки зольных и шлаковых отходов ТЭЦ с добавлением части ТБО является одним из вариантов процесса высокотемпературного пиролиза. Этот способ высокотемпературного пиролиза переработки мусора характеризуется комбинацией следующих процессов: сушка – пиролиз – сжигание – электрошлаковая обработка. Основным оборудованием выступает рудно-термическая электропечь в специальном герметичном варианте, обеспечивающем расплавление подаваемых шлака и зола, выжигание из них углеродных остатков, а также осаждение металлических включений. Электропечь снабжена элементами, обеспечивающими раздельный выпуск металла, в дальнейшем перерабатываемого, и шлака, предназначенного для изготовления строительных блоков или гранулята используемого в строительной индустрии. Параллельно в электропечь подаются ТБО, где они преобразуются в газ под действием высокой температуры расплавленного шлака. Коли-



чество воздуха, который подаётся в расплавленный шлак, должно обеспечить окисление углеродного сырья и ТБО.

Одним из перспективных процессов является экологически чистая технология высокотемпературной (плазменной) переработки ТБО. При осуществлении данного процесса к бытовым отходам при предварительной подготовке не предъявляется жёстких требований по влажности, химическому и морфологическому составам, а также агрегатному состоянию. Технологическое обеспечение и конструкция аппаратуры позволяют получать вторичную энергию в виде перегретого водяного пара или горячей воды с подачей их потребителю, а также вторичную продукцию в виде гранулированного металла и шлака или керамической плитки. По сути, это один из видов комплексной переработки ТБО с получением тепловой энергии и полезных продуктов из бытового мусора, являющийся при этом экологически чистым.

Таким образом, следует отметить, что высокотемпературный пиролиз является наиболее перспективным направлением переработки ТБО, как с точки зрения экологической безопасности, так и с точки зрения получения таких вторичных полезных продуктов как шлак, синтез-газ, различные металлы и другие материалы, которые имеют широкое применение в народном хозяйстве. Высокотемпературный пиролиз позволяет экологически чисто, экономически выгодно и технически довольно просто перерабатывать ТБО без их предварительной подготовки, т.е. сортировки, сушки и т.д.

При выборе технологии для переработки ТБО необходимо руководствоваться следующими требованиями: произвести как можно больше ценных конечных продуктов, для реализации их на рынке и обеспечить минимальное количество выбросов в атмосферу вредных веществ. Чтобы максимально полно решить эти задачи необходимо использовать систему автоматической сортировки и разделенной переработки различных типов ТБО с помощью современных технологий.

Комбинации рассмотренных технологий устанавливаются в регионе на нескольких площадках таким образом, чтобы была обеспечена минимальная по времени транспортировка ТБО к месту переработки и своевременная поставка ценных конечных продуктов на сопутствующие производства. Предприятие по переработке ТБО может состоять из модулей различных типов и включать в себя сопутствующие производства. В зависимости от производительности завода выбирается количество технологических линий в каждом модуле. При производительности завода 90 000 т ТБО в год достигается минимально допустимое соотношение [2 – 4].

**Рециклинг (вторичное использование, утилизация).** В настоящее время во всём мире считается, что сжигание отходов и захоронение являются тупиковыми технологиями. Несмотря на это, они продолжают достаточно широко развиваться и использоваться. Однако возникает необхо-

димось в осознании и продвижении в разных странах идей возвращения в биологический и производственный циклы материалов, которые мы приравниваем к мусору.

В последние годы претерпела существенные изменения стратегия управления отходами. Новая стратегия направлена на уменьшение общего количества образующихся ТБО, на снижение в целом потока захораниваемых отходов, в особенности за счёт создания условий, при которых захоронение является экономически убыточным, и на развитие новых методов утилизации отходов. Важным элементом является расширение заготовительной сети и повышение качества сбора отходов.

В большинстве европейских стран, например, в Дании, Нидерландах, Германии широко развита система раздельного сбора компонентов ТБО.

Захоронение ТБО, с точки зрения экономики, является малоэффективным, требующим больших капитальных затрат процессом. Тем более, и с экологической точки зрения, эти затраты ничем не оправданы: безвозвратно теряются невозполнимые природные ресурсы, входящие в компоненты ТБО, а именно, металлическая и пластиковая тара, макулатура и стекло. Особое внимание сейчас уделяют методам выделения из ТБО ценных вторичных материалов, не забывая и об эффективной организации раздельного сбора отходов в источниках накопления. Два этих направления не противоречат и не исключают друг друга.

Способы раздельного сбора ТБО несколько различаются в отдельных странах в зависимости от местных условий: мусоросборники вблизи дома, специализированные и платные центры сбора вторичного сырья. Исходя из способа сбора мусора, осуществляется выбор транспорта для его перевозки. Здесь должны быть активно задействованы частные компании, которые являются более мобильными, чем государственные службы. Далее необходимо выбрать тип и мощность предприятия по утилизации ТБО: несколько малых локальных заводов, крупная территориальная компания или крупное региональное предприятие. При этом обеспечение экологической безопасности является одним из определяющих факторов при создании системы раздельного сбора отходов.

После осуществления процесса раздельного сбора ТБО, отдельные фракции подлежат переработке в конечный продукт. На основе исследований установлено, что из 540 000 м<sup>3</sup> ТБО может быть ориентировочно получено следующее количество ценных товарных продуктов:

- 50 000...60 000 т биомассы, в виде компоста в качестве экологически чистого органического природного удобрения для всех видов почв;
- 10 000...12 000 т – изделий из стекла;
- 10 000...11 000 т – изделий из железа;
- 7000 т – изделий из пластических масс, полученных экструзией или литьём под давлением.

За рубежом большое внимание уделяется выделению ценного вторичного сырья из отходов упаковки. Так в США, из упаковочных материалов, которые используются в качестве вторсырья, алюминий составляет 47%, тара из-под газированной воды – 17%, консервные банки из стали – 15%, стекло – 11%. В России сейчас ни пластик, ни алюминий не перерабатываются в больших количествах, а имеются лишь малотоннажные и экспериментальные проекты.

Стекло перерабатывается путём измельчения и переплавки. Причём отходы стекла сортируют по цвету. Стеклянные отходы низкого качества после измельчения могут быть использованы в качестве наполнителя для строительных материалов (например, так называемый «глассфальт»).

Зарубежный опыт разных стран, например, Дании свидетельствует о том, что вторичная переработка стекла приносит большую прибыль. В связи с этим переработка стекла в нашей стране приобретает высокую эффективность в результате более низкой стоимости людских ресурсов, транспортно-заготовительных расходов и энергозатрат. Также отходы стекла могут стать предметом экспорта в страны Европы.

Алюминиевые и стальные банки переплавляют с целью получения вторичного металла. Например, на выплавку алюминия из отходов банок для различных напитков расходуется всего 5% от энергии, затрачиваемой на производство того же количества алюминия из руды, что характеризует данный процесс, как один из выгодных видов рециклинга.

Различные виды бумажных отходов уже многие десятилетия используют вместе с обычной целлюлозой для производства пульпы – сырья для бумаги. Из низкокачественных и смешанных отходов бумаги производят картон, а также туалетную и обёрточную бумагу. В России до сих пор ещё не используется в больших масштабах технология производства из высококачественных отходов (использованной бумаги для лазерных принтеров и ксероксов, обрезков типографий, и пр.) высококачественной бумаги. Также бумажные отходы могут найти широкое применение в процессе производства теплоизоляции.

Что касается переработки отходов пластика, то в целом это более сложный и дорогой процесс. Вторичной переработке подвергаются не все типы полимеров, а только термопласты. Наиболее распространёнными являются ПВД (полиэтилен высокого давления); ПНД (полиэтилен низкого давления); ПЭТ (полиэтилентерефталат); ПП (полипропилен); ПС (полистирол). Из отдельных видов отходов пластика могут быть получены высококачественные изделия с теми же свойствами, что и из первичного, другие отходы (например, из ПВХ) после переработки используются только в качестве добавки в строительные материалы. В целом по стране вторичная переработка отходов полимерных материалов налажена слабо.

В мире вторичная переработка пластика считается малорентабельной, однако ошибочно затраты на неё зарубежных стран автоматически переносить на Россию, заранее предполагая её невыгодность. Известно, что цены на отечественные полимеры близки к зарубежным, а иногда даже превосходят их. Однако затраты на сбор и переработку отходов из пластика в нашей стране в несколько раз ниже, исходя из фактической разницы в заработной плате и стоимости энергоресурсов. В связи с этим вторичная переработка отходов полимерных материалов может стать экономически выгодной. При этом необходимо понимать: чтобы заработал цивилизованный экономический механизм, должна быть обеспечена поддержка от государства на начальном этапе организации производства.

Главной проблемой при вторичной переработке ТБО является разделение отходов на фракции и на отдельные компоненты. В мире существует множество различных технологий, позволяющих разделять вторсырьё и отходы. Самым дорогим и сложным является извлечение вторсырья на специальных предприятиях из уже сформировавшегося общего потока ТБО. Однако существуют и более простые технологии удаления тех или иных компонент из потока ТБО, а именно, обогащение ТБО с целью устранения нежелательных элементов перед сжиганием и повышения его энергетической ценности. Следует отметить, что реализация любых прогрессивных технологий вторичной переработки сырья невозможна без участия общественности – создания центров по сбору ТБО или покупки отходов у населения, разработки мероприятий по разделному сбору отходов на улицах города с помощью специальных контейнеров, а также организацию системы разделного сбора отходов на бытовом уровне.

На Западе установлены законы, обязывающие потребителей осуществлять сбор и сортировку отдельных видов отходов. Например, во Франции полностью запрещено принимать несортированные ТБО с целью их последующей переработки и захоронения. В Нидерландах установлен запрет на захоронение органических составляющих ТБО с целью повышения эффективности их разделного сбора с последующим компостированием. В некоторых странах установлены специальные показатели, характеризующие рециклинг отдельных компонентов ТБО. Так, в США вторичной переработке подвергается около 17% муниципального мусора, и организации по охране окружающей среды предлагают в качестве национальной цели приблизиться по этому показателю к 25%. В развитых странах понимают, что рециклинг является дорогим процессом, однако замены ему по большому счёту нет. Так же, как было сказано ранее, разработаны мероприятия по уменьшению затрат, связанных с разделным сбором ТБО, и оптимизированы расходы.

Одним из важнейших моментов в решении проблем утилизации ТБО видится формирование рынка отходов и рынка изделий, получаемых из различных видов отходов. В противном случае, не будет создано предпо-

сылок для развития системы сбора и сортировки ТБО, а мусор заполонит окрестности городов и посёлков. Понятно, что без стимулирующих правительственных программ и осознания проблем образования ТБО обществом, невозможно добиться создания таких рынков с привлечением частного капитала.

В США подсчитали, что металлы, извлечённые из твёрдых отходов, могут обеспечить национальную потребность в железе на 7%, в алюминии на 8% и в олове на 19%.

Задача, поставленная на федеральном уровне в США, – добиться переработки 25% отходов в масштабах страны. Во многих американских городах и штатах эта цифра – 40%. В Сизтле перерабатывается 60% всех отходов. В масштабах одного населённого пункта удавалось перерабатывать до 90% отходов.

На местном уровне предпринимается ряд мер по сокращению количества мусора. В Миннеаполисе и Сент-Поле запрещено продавать продукты питания в пластиковой оболочке, которая не разлагается или не может быть переработана.

В США перерабатывается 98% всего производимого стекла. Большинство сообществ США используют комбинированную программу переработки – упаковка из-под пищевых продуктов и бутылки из-под напитков собираются вместе. Далее они разделяются уже непосредственно на фабрике по переработке.

В России в новых экономических и социальных условиях организацию заготовительного процесса следует начинать с работы с населением, поскольку, прежде всего, степень заинтересованности людей будет определять успех селективного сбора отходов. Нужно разработать стимульные и бесстимульные методы сбора, ориентированные на различные специфические группы населения. В то же время, без участия частных компаний, готовых вкладывать собственные средства в развитие инфраструктуры сбора, реализация проектов сбора и последующей утилизации ТБО представляется маловероятной. Обязательное условие – чёткая организация процесса сбора и постепенное, ступенчатое выделение вторичного сырья сначала по одной–двум позициям (например, только макулатура, а затем макулатура и металлическая тара и т.д.), а также замкнутость цепочки, т.е. получение продукции из отобранных отходов. При этом решающим моментом в определении стратегии привлечения жителей к селективному сбору будет экономический фактор: цена приёма вторичного сырья на перерабатывающем предприятии. Роль федерального центра должна заключаться в подготовке условий для их успешной реализации проектов селективного сбора и рециклинга ТБО, и, прежде всего, формировании нормативно-правовой и налоговой базы, способствующей становлению рынка вторичного сырья [1 – 5].

### 1.1. Среднеориентировочные значения стоимости мусороперерабатывающего предприятия, млн. долл

Размер обслуживаемого города или региона, тыс. жителей	Масса ТБО, тыс. т в год	Мусороперерабатывающий завод	Мусоро-сжигающий завод	Комплексный завод
320	64	12...15	30...40	20...25
500	100	15...20	40...50	25...35
650	130	20...28	50...60	35...45
1000	200	28...38	60...80	45...55

В результате проведённых исследований в области переработки ТБО для средней климатической зоны России были получены ориентировочные стоимостные значения организации мусороперерабатывающих предприятий, представленные в табл. 1.1.

После анализа указанных в таблице данных можно сделать вывод, что наиболее эффективным решением, не только с точки зрения охраны окружающей среды, но и экономической составляющей, является организация в средней климатической зоне России мусороперерабатывающего завода.

## 2. УТИЛИЗАЦИЯ И ВТОРИЧНАЯ ПЕРЕРАБОТКА АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

---

Автомобиль является крупнейшим загрязнителем окружающей среды. Несмотря на это, трудно представить жизнь современного общества без автомобильного транспорта, поскольку отказаться от тех возможностей, которые он предоставляет и обществу, и индивидуальному владельцу, мы уже никогда не сможем.

Неуклонно растёт количество автомобилей, находящихся в эксплуатации. Считают, что мировой парк автомобилей приблизился к 700 млн. единиц. Россия, Китай, Индия, другие страны переживают автомобильный бум. Автопарк России ежегодно увеличивается на 1,6...1,8 млн автомобилей. Только в Москве ежегодный прирост парка автомобилей составляет более 15 тыс. шт., а общая численность зарегистрированных легковых автомобилей в Москве и Московской области в 2008 г. превысила 5,7 млн.

По мнению многих экспертов, утилизация автомобилей должна развиваться в двух направлениях: восстановления и повторного использования узлов, агрегатов и других автокомпонентов, сохранивших свой ресурс, и переработки узлов и агрегатов, не подлежащих восстановлению, во вторичные материальные ресурсы с целью их использования при производстве новых материалов.

### 2.1. ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ УТИЛИЗАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ

Целями ЕС, США, Японии и других стран при обращении с автомобилями, выработавшими свой ресурс, являются:

- уменьшение загрязнения окружающей среды (почвы, воды, атмосферного воздуха) продуктами деградации автомобилей;
- сокращение потребления материальных и энергетических ресурсов;
- уменьшение затрат на производство материалов за счёт использования вторичных материальных ресурсов;
- сокращение нагрузки на окружающую среду за счёт уменьшения добычи природных ресурсов.

Расчёты специалистов показывают, что утилизация среднестатистического легкового автомобиля массой 1050 кг позволяет сэкономить 3300 кг природных материальных ресурсов, снизить расход энергии на 56 000 МДж, уменьшить выбросы вредных веществ на 1950 кг. Затраты на утилизацию такого автомобиля составляют 3000 р.

Оценка воздействия автомобиля на окружающую среду, в том числе по потреблению природных ресурсов, производится по стандартам ИСО 14040-ИСЮ 14043. С целью обеспечения выполнения требований

этих стандартов в ЕС разработан ряд директивных документов, обязательных для исполнения всеми странами сообщества.

Среди других мер эти документы предписывают:

- резкое сокращение образования не утилизируемых отходов при завершении жизненного цикла автомобиля;
- повторное использование деталей и автокомпонентов;
- необходимость производства из изношенных частей автомобиля вторичных материальных ресурсов;
- необходимость производства энергии путём сжигания отходов, не подлежащих рециклингу.

К принятым директивным документам относятся:

- Директива 2000/53/ЕС «Транспортные средства, вышедшие из эксплуатации», вступившая в действие в июле 2007 г. Она определяет требования по уменьшению образования отходов при выведении автомобиля из эксплуатации и устанавливает ответственность производителей автотранспортной техники за её утилизацию;
- Директива 2005/64/ЕС «Об одобрении типа автотранспортных средств в части пригодности к утилизации, рециклированию материалов и повторному использованию узлов и деталей»;
- Решение 2003/128/ЕС о маркировке пластмассовых деталей автомобилей, облегчающей их идентификацию и рациональную утилизацию;
- Решение 2005/673/ЕС о запрете использования в автомобильных компонентах и материалах тяжёлых металлов: свинца (за исключением аккумуляторов), ртути, кадмия, шестивалентного хрома.

Директива 2000/53/ЕС предписывает всем странам, входящим в сообщество, до 2006 года обеспечить утилизацию автомобилей, включая сжигание с получением энергии, на 85%, а рециклирование, т.е. возврат в производственный цикл в виде вторичных материальных ресурсов, на 80% их массы. К 2015 году все страны должны добиться утилизации автомобилей на 95%, а рециклирования на 85%.

В развитых странах утилизацией автомобилей занимается специализированная отрасль промышленности со своей инфраструктурой и государственным регулированием обращения с выводимыми из эксплуатации автомобилями.

В мире утилизацией автомобилей занимаются более 1,5 млн. человек. На заводах, перерабатывающих утилизируемые автомобили, работает свыше 700 shredderных установок (дробилок). Стоимость продукции, производимой из вторичных ресурсов, получаемых при утилизации автомобилей, оценивается в сотни миллиардов долларов.

В США перерабатывается до 95% изношенных автомобилей, в странах ЕС – более 70%. Доходы предприятий, занятых переработкой изношенных автотранспортных средств, составляют в США более 25 млрд. долл



ежегодно. В этой отрасли действуют более 7000 предприятий с числом работающих около 46 000 человек. Эти предприятия ежегодно утилизируют 15 млн. автомобилей общей массой более 20 млн. т [6].

## 2.2. УТИЛИЗАЦИЯ АВТОМОБИЛЕЙ В РОССИИ

В России обращение с отходами производства и потребления, в том числе такими сложными, как выведенные из эксплуатации автотранспортные средства, регулируется следующими федеральными законами:

- «Об отходах производства и потребления» (от 24.06.1998 г. № 89-ФЗ, ред. от 18.12.2006 г.);
- «Об охране окружающей среды» (от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ);
- «О санитарно-гигиеническом благополучии населения» (от 30.03.1999 г. № 52-ФЗ, ред. от 31.12.2005 г.);
- «Об общих принципах организации местного самоуправления в Российской Федерации» (от 06.10.2003 г. № 131-ФЗ).

Эти законы направлены, прежде всего, на снижение загрязнения окружающей среды отходами производства и потребления и практически не регулируют обращение с ними, как с источниками вторичных материальных и энергетических ресурсов. В то же время выведенный из эксплуатации автотранспорт относится к отходам потребления, на обращение которыми распространяется действие межгосударственного стандарта ГОСТ 30773–2001 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла. Основные положения», введённого в действие с 01.07.2002 г. Стандарт гармонизирован с международной и отечественной нормативной документацией и рассматривает ликвидацию отходов как последнюю стадию жизненного цикла изделия, выводимого из эксплуатации.

Несмотря на существующие федеральные и региональные законы, а также наличие государственного стандарта, определяющего порядок обращения с отходами, сложные, многокомпонентные отходы, к которым следует отнести и автомобиль, у нас в стране перерабатываются незначительно. Это объясняется высокой стоимостью работ по их сбору и видовой сепарации. Доступность первичного сырья и его относительно низкая стоимость также делают использование отходов нерентабельным, а существующие в стране нормативно-правовые механизмы, регулирующие обращение с отходами производства и потребления, не способствуют их вовлечению в хозяйственный оборот.

Постановление Правительства Российской Федерации от 31.12.2009 г. № 1194 предусматривает проведение эксперимента по стимулированию приобретения новых автомобилей взамен сдаваемых на утилизацию. По-видимому, оно окажет некоторую поддержку автопроизводителям, но

## 2.1. Экономия энергии при использовании металлолома вместо выплавки металла из руды

Металл	Экономия энергии, %
Алюминий	95
Медь	83
Сталь	74
Свинец	64
Цинк	60

также не будет способствовать решению проблемы рационального использования утилизируемых автомобилей, являющихся источником ценных вторичных материальных ресурсов.

Увеличить объёмы рециклинга в России автомобильной техники можно лишь при условии создания благоприятных нормативно-правовых, экономических и социально-политических механизмов. Эти механизмы должны учитывать интересы и обязанности производителей автотехники, её потребителей и переработчиков выведенных из эксплуатации автомобилей.

После разборки автомобиля его кузов, агрегаты и детали, не подлежащие восстановлению, поступают на переработку с целью получения вторичных материалов. Наибольшую ценность из них представляют чёрные и цветные металлы, составляющие основную массу автомобиля.

**Значение использования вторичных металлов.** Выводимые из эксплуатации автомобили являются крупным источником вторичных металлов. Их использование имеет большое значение, так как затраты на вовлечение металлических отходов в оборот значительно меньше, чем на выплавку металла из руды. Использование 1 т подготовленного лома чёрных металлов позволяет сэкономить свыше 1,8 т руды, агломерата и окатышей, 0,5 т кокса, 45 кг флюсов, около 100 м<sup>3</sup> газа. Значительно сокращается и расход энергии, необходимой для выплавки металла (табл. 2.1) [7].

## 2.3. ТЕХНОЛОГИЯ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ МЕТАЛЛОЛОМА К ПЕРЕПЛАВУ

Под переработкой отходов металлов подразумевается технологический процесс, в результате которого они приводятся в состояние, пригодное для использования в металлургическом и литейном производствах. Автомобильный металлолом при подготовке к переплаву прессуют, дробят и сортируют по видам.

### 2.3.1. ПРЕССОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНОГО МЕТАЛЛОЛОМА

Перед измельчением автомобильный кузов и другой крупногабаритный металлолом прессуются. Для уплотнения металлолома используют пакетировочные прессы. Особенность их работы в том, что прессование одновременно осуществляется в трёх плоскостях, в результате чего получают прочные компактные пакеты. Пресс имеет камеру прессования с несколькими плунжерами, гидравлическую аппаратуру с баком для масла, механизм загрузки камеры. Пакетирование облегчает дробление металлического кузова и приводит к снижению потерь металла на угар в процессе последующей плавки.

Модель прессы и его рабочие характеристики определяют допустимую толщину листа металлолома и параметры пакетов спрессованного лома. Процесс включает следующие операции: загрузку лома в пресс, прессование в различных направлениях, складирование пакетов. При этом используют краны, грузоподъёмные электромагниты и другую механизированную технику. Отечественная промышленность выпускает гидравлические прессы с усилием прессования от 1 до 31,5 МН.

На рисунке 2.1 показана схема прессы Б 1642, применяемого для пакетирования металлолома.

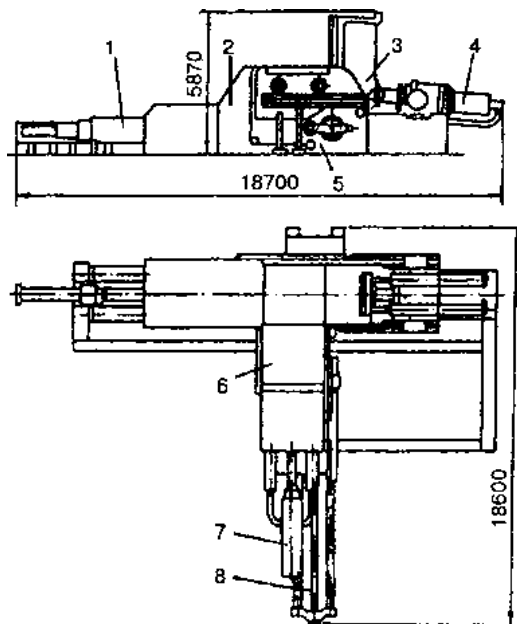


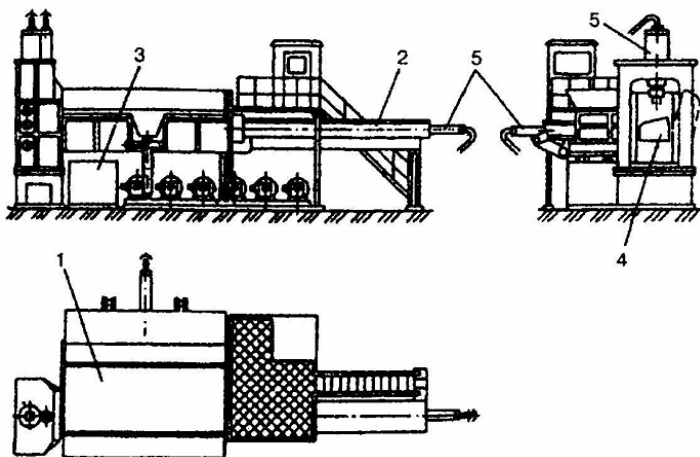
Рис. 2.1. Пакетировочный гидравлический пресс Б 1642

Процесс прессования осуществляется следующим образом. Металлолом краном загружается в загрузочную камеру *б* пресса, откуда поступает в пресс-камеру *2*. Крышка *3* закрывается с помощью механизма прижима *4*, и лом прессуется. При этом формируется окончательная высота пакета. Затем с помощью механизма поперечного прессования *1* формируется ширина пакета. После этого механизм продольного прессования *7* формирует длину пакета. В это время давление в гидросистеме максимально. По окончании прессования включается механизм разгрузочного устройства *8*, и пакет с помощью механизма *5* выталкивается из камеры. Затем окно выдачи пакета закрывается, и пресс готов к очередному циклу работы.

Для уплотнения автомобильного кузова и другого крупногабаритного металлолома применяются также гидравлические пресс-ножницы (рис. 2.2), которые могут работать как в режиме прессования, так и в режиме резки.

При пакетировании кузовов автомобиля с помощью механизма подачи *2* подается в загрузочную камеру *1*, где пакет формируется по ширине. Затем кузов прессуется по вертикали. После формирования пакет с помощью механизма окончательного прессования выталкивается из камеры штемпелем.

При работе пресс-ножниц в режиме резки поперечная стенка камеры, являющаяся ножевой балкой, поднимается, и металлолом с помощью механизма подачи перемещается под нож *4*. Резка осуществляется механизмом реза, работающим от гидропривода [8].



**Рис. 2.2. Пресс-ножницы гидравлические:**  
*1* – загрузочная камера; *2* – узел подачи материала; *3* – маслостанция; *4* – нож; *5* – гидроцилиндры

### 2.3.2. ДРОБЛЕНИЕ АВТОМОБИЛЬНОГО МЕТАЛЛОЛОМА

Дробление позволяет провести видовую сортировку материалов, из которых изготовлен кузов утилизируемого автомобиля. Взрывоопасные смеси распылённых масел и топлива, остающихся в автомобиле даже после подготовки кузова к утилизации, представляют определённую опасность. Чтобы уменьшить её, применяют следующие защитные меры: смятие и уплотнение кузова автомобиля перед дроблением; подачу инертных газов в дробилку; предварительное охлаждение лома; впрыскивание воды в рабочее пространство дробилки; создание в ней предохранительных клапанов и отсасывающих устройств.

Для дробления отходов используют дробилки различного типа: щёковые, конусные, роторные, валковые и др. При утилизации автомобилей применяют роторные дробилки.

В роторных дробилках измельчение происходит за счёт удара, производимого с помощью молотков, жёстко закреплённых на быстровращающемся роторе. Масса молотков достигает 120 кг. При ударе на дробимый предмет действует как масса молотков, так и масса самого ротора.

Роторные дробилки позволяют получить большую степень измельчения, имеют высокую производительность, удобны в эксплуатации и потребляют меньше энергии, чем другие виды дробилок.

Роторные дробилки могут иметь один или два ротора. Более просты и удобны в эксплуатации однороторные дробилки, которые и получили широкое распространение. Дробилки для измельчения автомобильных кузовов могут различаться расположением ротора и колосниковой решётки для удаления измельчённого продукта. По этому признаку различают дробилки с вертикальным и горизонтальным расположением ротора. Последние бывают с верхним и нижним расположением колосниковой решётки. Преимущества дробилок с верхним расположением решётки – в сравнительно небольшом расходе электроэнергии и более высокой устойчивости при попадании неизмельчаемых предметов.

Производительность дробилки зависит от мощности приводного двигателя, размеров ротора, способа загрузки кузова, его состояния, конфигурации колосниковой решётки (размера отверстий) и достигает 300 тыс. автомобилей в год.

На рисунке 2.3 показано устройство однороторной дробилки.

Дробилка состоит из станины 1, на которой смонтирован корпус 2 с колосниковыми решётками 8 и 9. Металлолом поступает в приёмный короб 6, а затем попадает под удары быстро вращающегося ротора 3, имеющего молотки 5, сидящие на осях 4. Отбойные плиты на внутренней поверхности корпуса имеют выступы 7, способствующие равномерной подаче отходов на ротор.

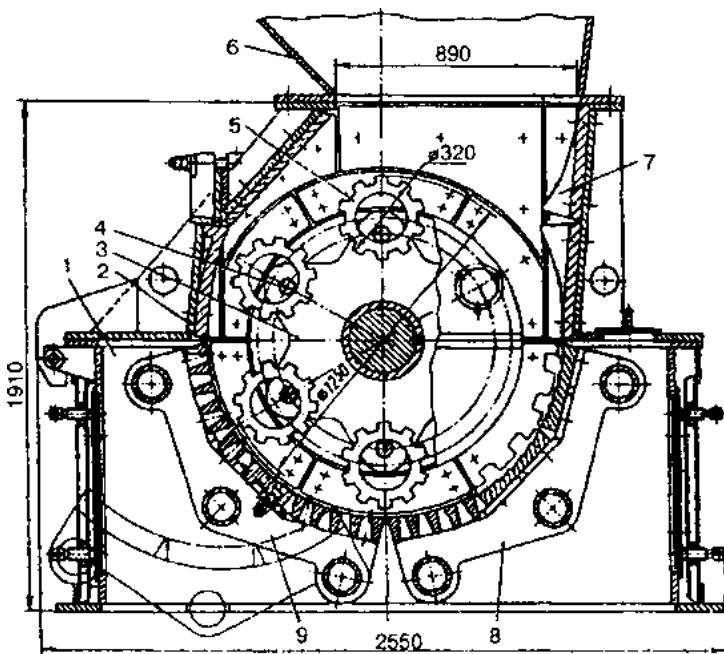


Рис. 2.3. Однороторная дробилка

Ряд зарубежных фирм для дробления автомобильных кузовов выпускает шредеры (рис. 2.4), в которых измельчение происходит в две стадии. Кузов автомобиля подаётся по наклонному лотку в шредер, сначала сплющивается с помощью мощных вращающихся валков, а затем затягивается ими в молотковую дробилку и измельчается.

Ротор шредера вращается со скоростью 600 оборотов в минуту. На нём в шахматном порядке на шести осях закреплены 16 молотков массой около 100 кг каждый. Радиус вращения внешней части молотков – около 1 м. Корпус шредера футерован сменными износостойкими плитами. Толщина плит в различных местах составляет 50...100 мм. Решётка, отбойные плиты и ряд других элементов шредера изготовлены из марганецсодержащих сталей.

При утилизации автомобилей с большими габаритами, автобусов и другой автотехники перед дроблением используют резку.

На процесс резки влияют:

- прочностные свойства материала;
- геометрия и температура разрезаемого изделия;
- расположение изделия по отношению к режущему инструменту;

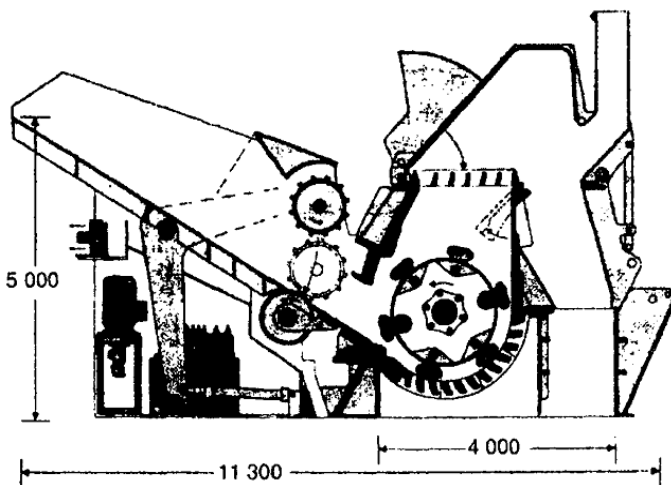


Рис. 2.4. Шредер

- форма и состояние режущего инструмента;
- величина зазора между ножами;
- скорость приложения нагрузки (скорость резания);
- конструкция режущего оборудования (жёсткость станины, точность направляющих, наличие опоры и т.д.);
- величина трения между металлом и режущим инструментом.

Лучшим оборудованием для резки кузовов автомобилей являются гидравлические ножницы (рис. 2.5).

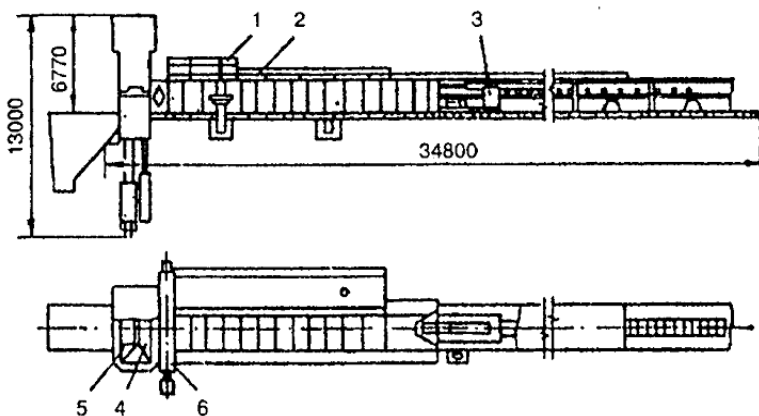


Рис. 2.5. Гидравлические (гильотинные) ножницы модели H0340

Гидравлические ножницы представляют собой агрегат, состоящий из станины, загрузочного и подающего устройств, механизмов прижима и реза, гидро- и электропривода.

Конструкция ножниц позволяет резать металлолом порциями, объём которых определяется ёмкостью загрузочного устройства. Процесс состоит из следующих операций: подготовки лома; загрузки лома в ножницы; резки лома.

Ножницы работают совместно с мостовым краном, оборудованным полип-грейфером или электромагнитной шайбой.

Принцип работы ножниц состоит в следующем. Лом загружается в короб 2, который после заполнения поворачивается с помощью гидропривода. При этом лом перемещается в загрузочный жёлоб, по которому механизмом подачи 3 передвигается в ножницы. Величина хода ползуна механизма подачи регулируется с пульта управления. Перед срабатыванием режущих ножниц лом уплотняется с помощью механизма прижатия 4, который удерживает лом во время резки. После срабатывания механизма резки 5 нарезанный металлолом падает в приёмный бункер, откуда убирается краном. В это время загрузочный короб заполняется следующей порцией металлолома. Для облегчения процесса резки загрузочный желоб гидравлических ножниц оборудован крышкой 1 и механизмом предварительного смятия металлолома 6 [9].

### 2.3.3. ВИДОВАЯ СЕПАРАЦИЯ ОТХОДОВ МЕТАЛЛОВ

При переработке автомобильных кузовов и агрегатов, содержащих чёрные и цветные металлы, полимерные материалы, стекло и т.п., используют различные способы сепарации отходов по видам материалов. Видовая сортировка позволяет производить из отходов высококачественные вторичные материалы, её проводят по:

- физическим признакам (магнитной восприимчивости, плотности, электропроводности и др.);
- внешним признакам (цвету, характеру излома и др.);
- предметным признакам (наименование детали);
- маркировке деталей;
- результатам химического, спектрального, рентгеновского, радиационного анализов.

Широко используются способы, основанные на различиях в магнитных, электрических и других физических свойствах отходов.

Магнитные способы позволяют создать мощные силы воздействия на материалы, которые превышают силу гравитации в 100 и более раз, что облегчает процессы разделения. Эти способы обладают высокой избира-



тельной способностью, экологической чистотой, простотой обслуживания и низкой себестоимостью.

Технология магнитной сепарации зависит, прежде всего, от состава подлежащих разделению материалов и определяется типом используемых сепараторов.

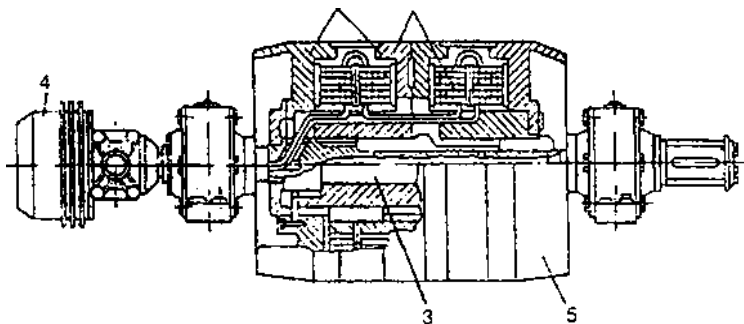
Электромагнитные сепараторы, предназначенные для извлечения железных и других ферромагнитных предметов из немагнитных материалов, нашли широкое применение при утилизации автомобилей и автокомпонентов.

Номенклатура электромагнитных сепараторов, используемых для разделения отходов, достаточно велика, и они могут быть классифицированы следующим образом: подвесные железоотделители, электромагнитные шайбы, электромагнитные шкивы, электромагнитные барабаны.

Для удаления магнитных материалов из потока продуктов дробления применяют шкивные электромагнитные сепараторы (железоотделители) типа ШЭ (рис. 2.6), которые устанавливаются вместо приводного барабана ленточного конвейера.

Эффективность работы электромагнитного шкива зависит от массы, геометрии и магнитной восприимчивости извлекаемых материалов, а также от плотности транспортируемого материала и скорости движения ленты конвейера.

Принцип работы электромагнитных шкивов состоит в том, что ферромагнитные материалы, транспортируемые лентой конвейера, притягиваются к ней в зоне установки шкива, а немагнитные сбрасываются с ленты по ходу её движения. Освобождение ленты от ферромагнитных материалов происходит в том месте конвейера, где отсутствует магнитное поле, т.е. там, где прекращается её контакт со шкивом. Скорость движения



**Рис. 2.6. Электромагнитный шкив:**

1 – диски-полюсы; 2 – катушка; 3 – вал;  
4 – токораспределительная коробка; 5 – корпус шкива

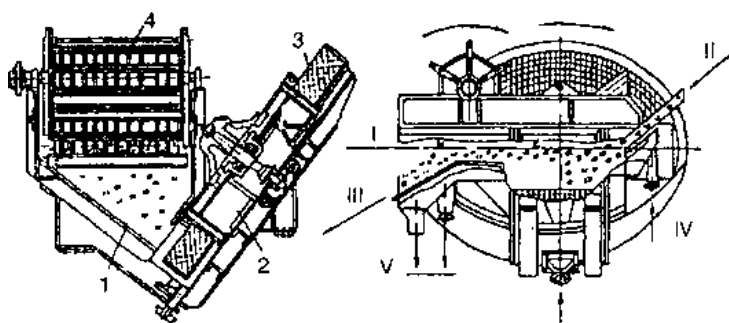
ленты должна составлять 1,25...2,0 м/с. При более высокой скорости движения ленты снижается полнота разделения магнитной и немагнитной фракций [11].

При утилизации отходов широко используется видовая сепарация в тяжёлых средах, которая заключается в разделении материалов по плотности в гравитационном или центробежном поле в суспензии или жидкости, плотность которой является промежуточной между плотностями разделяемых частиц.

Тяжёлые суспензии представляют собой взвешенные в воде тонкодисперсные частицы тяжёлых минералов или сплавов-утяжелителей, в качестве которых используют ферросилиций, пирит, пирротин, магнетитовый и гематитовый концентраты и другие материалы крупностью до 0,16 мм. В качестве тяжёлых жидкостей используют водные растворы некоторых солей: хлорида кальция и цинка, иодида калия и другие, которые позволяют получать среды с плотностью до 3000 кг/м<sup>3</sup>. На рисунке 2.7 показан колесный тяжёлосредный сепаратор СК-12.

Разделяемая смесь поступает по загрузочному лотку в ванну, состоящую из двух соединённых в нижней части отделений. В одном из отделений размещено элеваторное колесо для выгрузки суспензии вместе с потонувшей, более тяжёлой фракцией. Лёгкая фракция выгружается в верхней части ванны. Их перемешивание в зоне выгрузки предотвращается разделительной перегородкой.

Таким образом, при утилизации автомобильного металлолома основными стадиями технологического процесса являются: прессование, дробление и видовая сепарация материалов с помощью магнитных, радиометрических, гидро- и аэродинамических способов. Использование вторичных



**Рис. 2.7. Колесный тяжёлосредный сепаратор СК-12:**

- 1 – ванна; 2 – элеваторное колесо; 3 – перфорированные черпаки;  
4 – скребковый механизм; I – уровень суспензии; II – загрузка;  
III – концентрат; IV – суспензия; V – слив суспензии

металлов, составляющих основную часть утилизируемых автомобилей, имеет важное экономическое и экологическое значение [10].

### 2.3.4. ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ КУЗОВОВ И АВТОАГРЕГАТОВ

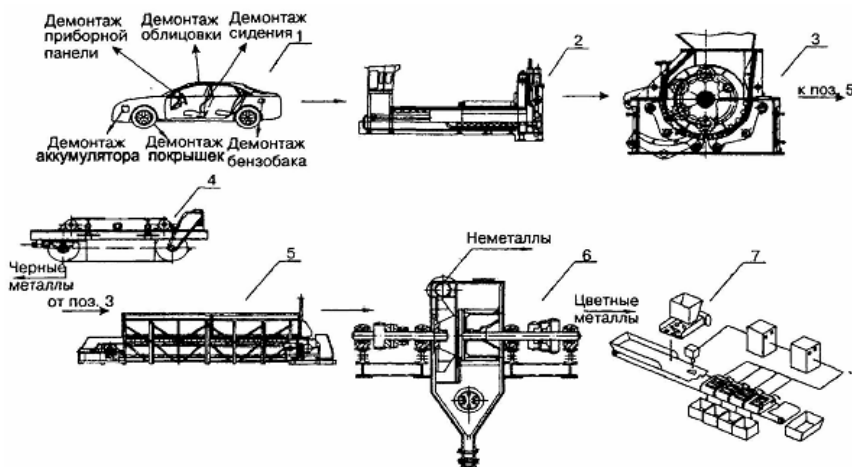
Основными стадиями процесса утилизации автомобильных кузовов являются пакетирование, дробление и видовая сепарация.

На рисунке 2.8 показана принципиальная технологическая схема утилизации кузова автомобиля.

Согласно этой схеме с автомобиля перед пакетированием и дроблением снимаются агрегаты и крупные детали: бамперы, колёса, бензобак, сиденья и др.

Кузов автомобиля 1 поступает в пресс-ножницы 2, пакетируется и измельчается в дробилке 3. Далее дроблённый продукт попадает на пластинчатый конвейер 5, над которым подвешен магнитный сепаратор 4. С его помощью происходит выделение из потока чёрных металлов, которые поступают на склад готовой продукции. Оставшийся на конвейере дроблённый продукт, содержащий цветные металлы и неметаллические материалы, проходит видовую сепарацию в пневмосепараторе 6.

При этом неметаллические материалы выводятся из потока, а цветные металлы разделяются по видам сплавов в установке радиометрической сепарации 7 [12].



**Рис 2.8. Технологическая схема утилизации изношенных автомобилей:**

1 – автомобиль; 2 – пресс-ножницы; 3 – молотковая дробилка;

4 – подвесной магнитный сепаратор; 5 – конвейер пластинчатый;

6 – пневматический сепаратор; 7 – установка радиометрической сепарации

### 3. УТИЛИЗАЦИЯ И ВТОРИЧНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ЭЛЕКТРОННО-БЫТОВОЙ ТЕХНИКИ

---

В настоящее время, из-за масштабного развития техники, слаженная деятельность предприятия в большей степени зависит именно от технического оснащения. Рвение штата сотрудников, а, значит, и престиж компании, также в огромной степени зависит от состояния электроники. Именно поэтому состоянию оборудования нужно уделять огромное внимание. Соответственно при обновлении техники в фирме возникает вопрос, куда девать устаревшую технику. Продать такую технику трудно, ведь мало кто может быть заинтересован в приобретении устаревшего оборудования. Однако на тот случай, если техника неисправна, сбывать с рук её не получится, и она будет висеть на балансе вашего предприятия. Самым оптимальным вариантом является по всем правилам списать старую технику и передать на утилизацию. Отправлять на свалку техногенный мусор неприемлемо, так как причиняется вред окружающей среде. Это случается потому, что при создании электронного оборудования применяются опасные химические элементы, в результате разложения которые могут нанести ущерб природе. Кстати, пока вы применяете в работе даже самый старый компьютер, вреда ни человеку, ни природе он не приносит. При наличии влияния природных факторов возникают химические реакции, итогом которых является выделение ядов. Ведь это неминуемо обернётся загрязнением природы. Необходимо знать, что утилизация оргтехники важна потому, что оборудование включает в себя некоторое количество драгметаллов. Любая фирма по закону обязана документировать все движения драгоценных металлов. Вам будет нужен документ о содержании благородных металлов в части переданных на аффинаж электронных компонентов. Оборудование, помимо прочего, производится из таких материалов, как пластик и различные металлы, а их нужно сдать специалистам для переработки. Профессиональная утилизация компьютеров – это сложный, но важный процесс. Процедуру утилизации техники проводят только профессиональные фирмы, прошедшие регистрацию в Пробирной Палате [1].

В России ежегодно производится около 3,8 млрд. т всех видов отходов. Количество твёрдых бытовых отходов составляет 63 млн. т/год (в среднем 445 кг на человека). К сожалению, в нашей стране совершенно не развита экологическая культура, а до уровня европейской инфраструктуры, где мусор собирается отдельно, нам далеко. Сегодня единицы из тысяч сортируют бытовой мусор и отвозят его в приёмные пункты. И мало кто готов платить 1000 р. за то, чтобы правильно утилизировать свой старый холодильник. Проще вынести его на помойку.



**Рис. 3.1. Фото склада отходов бытовой техники**

Такая компания как Эльдардо, совместно с УКО, занимается в настоящее время утилизацией бытовой техники (рис. 3.1 – 3.11).

Принимая изделия на утилизацию, компания проводит их тщательный разбор. Максимально извлекает вторичные ресурсы (пластик, металлы, радиоэлектронные компоненты) и минимизирует остаток, подлежащий передаче на специальные полигоны для захоронения. После данного процесса утилизации на захоронение отправляется не 96%, а всего около 7%. Всё остальное – на вторичное использование.

Первый этап работы по утилизации – приёмка и сортировка изделий на товарные группы.



**Рис. 3.2. Фото склада отходов стиральных машин**



**Рис. 3.3. Фото извлечения отдельных деталей**

Далее из техники извлекаются узлы, содержащие цветные металлы, электроника, если она есть, ликвидные пластики и стекло.

Важный этап утилизации холодильников и кондиционеров – это откачка фреона, вредного вещества, которое разрушает озоновый слой.

Все компоненты идут на переработку. Стекло измельчается, пластиковые части дробятся, а металл прессуется.



**Рис. 3.4. Фото откачки фреона**





**Рис. 3.5. Фото пресса со стороны зоны обслуживания  
(600-тонный пресс)**

На выходе получают вот такие кубики, которые продаются для переплавки на металлургические комбинаты. Про стоимость сырья: в России одна тонна чермета стоит не более 9 тыс. р. В Англии более 15 тысяч.

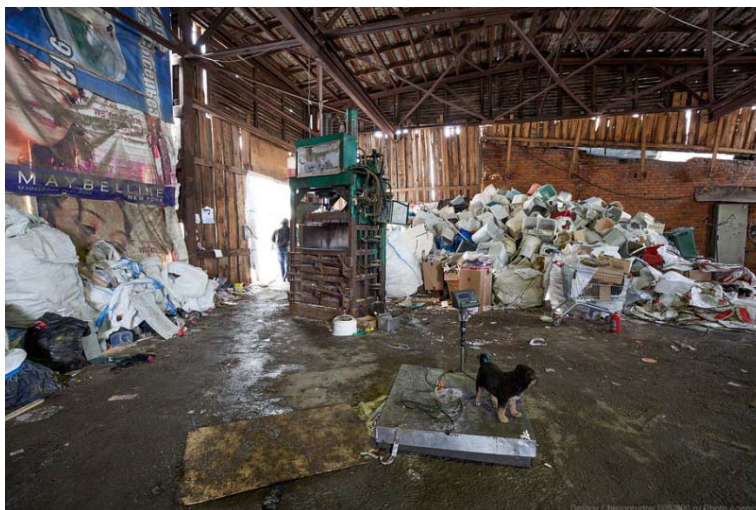


**Рис. 3.6. Фото складирования прессованных стиральных машин**



**Рис. 3.7. Фото отпрессованных КИП-отходов**

Кроме бытовой техники, компания УКО утилизирует бумагу, пластик, целлофан и пенопласт. В специальном прессе сминают всю макулатуру и упаковывают её в компактные паллеты, весом 300...400 кг. Пластик позже отправляют в дробилку, и полученный порошок уходит на переработку.



**Рис. 3.8. Склад отходов компьютерной техники**





**Рис. 3.9. Складирование системных блоков**

Отдельная история с утилизацией компьютерной техники. Компоненты сортируют по своей ценности: материнские платы, процессоры, блоки питания, провода. Самое ценное в компьютере – материнская плата.



**Рис. 3.10. Фото извлечения отдельных комплектующих компьютерной техники**

Радиоэлектронный лом продают на аффинажные заводы – предприятия, которые занимаются получением высокочистых драгоценных металлов. На выходе из микросхем получаются банковские слитки. Из одной тонны материнских плат получается килограммовый слиток серебра и 100 грамм золота [13].

*Рейтинг вторсырья по его ценности:*

Драгоценные металлы (Золото, Родий, Платина, Палладий, Серебро).

Медь.

Алюминий.

Свинец.

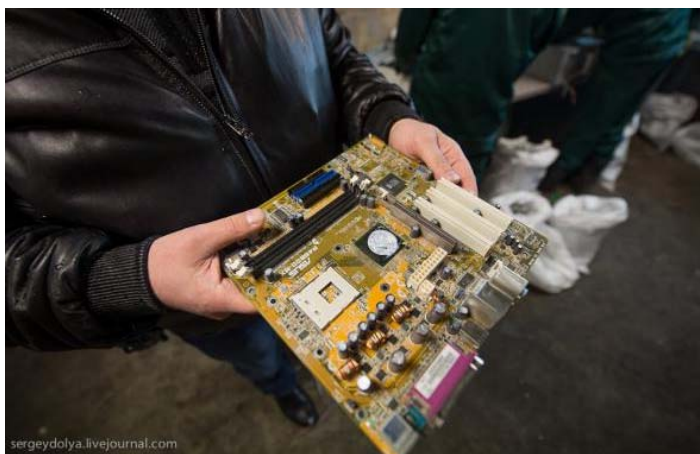
Чермет.

Пластики.

Стекло [2].

По закону радиоэлектронный лом надо отправлять на аффинажные заводы. Это такие предприятия, которые занимаются получением высокочистых благородных металлов путём отделения от них загрязняющих примесей. Далее из них изготавливают банковские слитки. В России таких заводов девять, на «бедном» сырье (платах и микросхемах) специализируются два завода – Уралэлектромедь и Кыштымский медеэлектролитный завод.

Платы разбираются вручную и сортируются по своей ценности, так как каждая содержит разные драгметаллы. В блоках питания есть немного меди и свинца. Как уже ранее было сказано, самое ценное в компьютере – это материнская плата, за килограмм плат УКО получает 150 р. За остальные платы – 70...80 р. Компания также может покупать технику с мусорных полигонов, если, конечно, там отлажена дисциплина сборки и сортировки [14].



**Рис. 3.11. Фото отслужившей материнской платы**

### 3.1. УТИЛИЗАЦИЯ ГАЗОВЫХ ПЛИТ

В процессе утилизации газовых плит используются особые технологии. Необходимо помнить, что подобные предметы являются источником повышенной опасности. Перед тем, как приступить к утилизации, опытные профессионалы возьмут на анализ пробы воздуха. Эти действия необходимы, чтобы выявить возможную утечку газа во время демонтажа плиты. Многие владельцы не придают большого значения подобным процедурам, поскольку уверены, что прибывшие специалисты держат весь процесс под контролем. Поэтому грамотные сотрудники, не впервые занимающиеся вопросами утилизации газовых плит, должны особое внимание уделять безопасности людей [15].

### 3.2. УТИЛИЗАЦИЯ МОНИТОРОВ

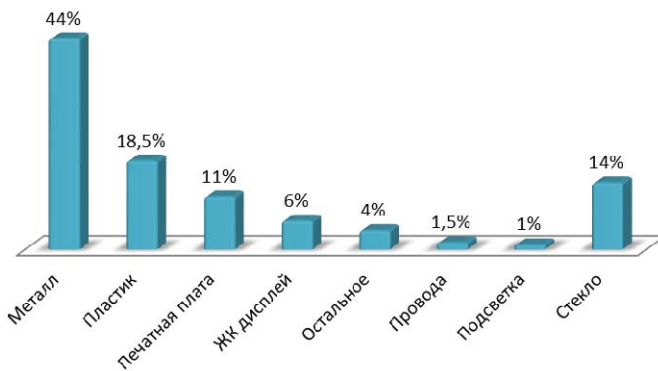
Количество электронной техники неуклонно растёт, поэтому её утилизация и переработка является одной из проблем настоящего времени. Ожидается, что в будущем значительная доля электронного мусора будет приходиться на жидкокристаллические и плазменные дисплеи. Ведь уже сейчас можно с полной уверенностью сказать, что наступил век жидких кристаллов и плазмы, а громоздкие кинескопы ушли в прошлое. Однако ничто не вечно и может наступить тот печальный момент, когда устройство по тем или иным причинам уже не может выполнять свои функции и отправляется на свалку. В лучшем же случае техника отправиться на переработку.

С целью минимизировать негативное влияние электронного мусора на окружающую среду в ряде развитых стран активно проводятся программы по его сбору и утилизации. Например, Европейский союз принял директиву 2002/96/ЕС, согласно которой утилизации подлежат все устройства с ЖК-дисплеями площадью более 100 см<sup>2</sup> и CCFL-подсветкой.

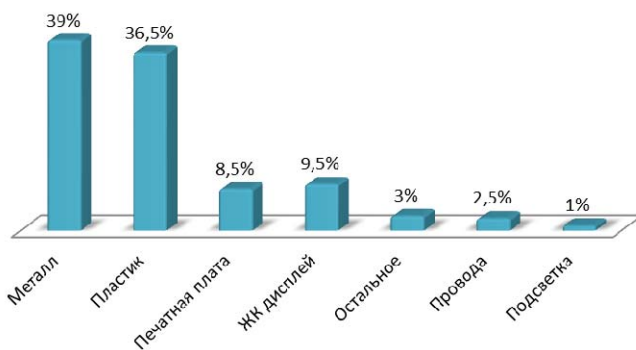
*Как же происходит процесс утилизации?* Процесс переработки начинается с ручного демонтажа составных частей электронной техники. Демонтированные компоненты, как правило, сортируются на пластик, металл, печатные платы, провода, люминесцентные лампы, ЖК-дисплеи для дальнейшей переработки. На демонтаж 3–4 единиц техники примерно уходит один час.

Как видно из представленных гистограмм основную массовую долю электронной техники составляет металл и пластик, а ЖК-дисплеи – от 6 до 18% (рис. 3.12 – 3.14).

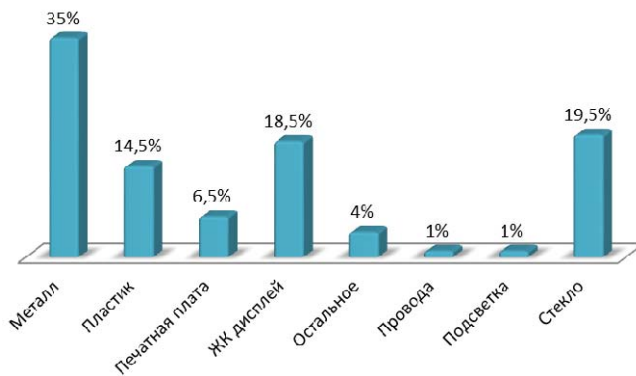
Особую опасность для окружающей среды составляют ЖК-дисплеи с CCFL (люминесцентная лампа с холодным катодом)-подсветкой. В зависимости от характеристик люминесцентной лампы (рис. 3.15) в ней может содержаться до 3,5 мг ртути. Для сравнения, в энергосберегающей люминесцентной лампе содержится около 5...7 мг ртути.



**Рис. 3.12. Фракционный состав ЖК-телевизора**



**Рис. 3.13. Фракционный состав ЖК-монитора**



**Рис. 3.14. Фракционный состав ноутбука**

### 3.1. Сравнительная характеристика ЖК-дисплея

Диagonal ЖК-дисплея (дюймы)	Количество ламп	Содержание ртути (мг)
15	2	7
17	4	14
19	4	14
20	6	21
26	13	45,5
32...37	16	56
42	18	63



**Рис. 3.15. Внешний вид люминесцентных ламп с холодным катодом для ЖК-дисплеев**

Поэтому приём, хранение и транспортировка электронной техники проводится таким образом, чтобы избежать повреждения люминесцентных ламп. Однако очень часто телевизоры и мониторы поступают на участок по переработке с уже разбитыми лампами (до 20% разбитых ламп в телевизорах и до 5% в мониторах). На участке в связи с этим проводится

постоянный контроль и мероприятия по недопущению концентрации ртути в воздухе выше предельно допустимой концентрации. Демонтированные лампы, как правило, утилизируются по той же технологии, что и обычные энергосберегающие люминесцентные лампы. Следует сказать, что ЖК-дисплеи с LED- или OLED-подсветками считаются безопасными для окружающей среды, поскольку не содержат токсичные вещества в каких-либо значительных количествах. Уже сейчас наблюдается тенденция к переходу на ЖК-дисплеи с LED-, а в будущем и с OLED-подсветками.

Между подсветкой и ЖК-дисплеем находится пакет из различных полимерных оптических плёнок. Это увеличитель яркости, светорассеивающая плёнка, призматическая плёнка, светоотражающая и светоотражающая плёнки. Как правило, эти плёнки отправляются на мусоросжигательный завод ввиду их разнообразного состава и низкой стоимости.

А теперь обратим своё внимание на сами ЖК-дисплеи. Прежде всего, давайте посмотрим, из чего же делают ЖК-дисплеи, чтобы выяснить, что и как утилизировать (рис. 3.16).

Рассмотрим все составные слои ЖК-дисплея по порядку.

Поляризационный фильтр представляет собой многослойную композицию из полимеров органического и неорганического происхождения. Считается экологически безопасным, но при невысоких температурах горения может выделять вредные вещества.

Стеклоподложка имеет толщину 0,4...1,1 мм и изготавливается из натриевого или из более дорогих боросиликатных и алюмосиликатных стёкол. Является экологически безопасной.

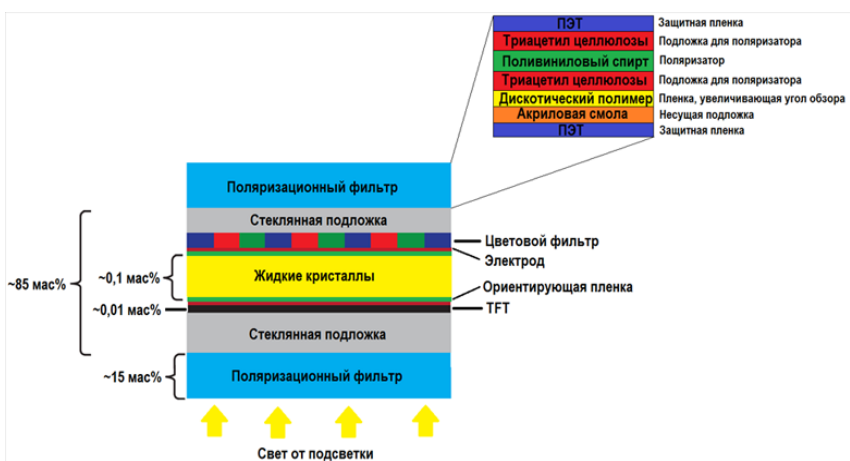


Рис. 3.16. Упрощённое схематическое изображение строения ЖК-дисплея



Электроды представляют собой прозрачное покрытие из  $\text{In}_2\text{O}_3\text{-SnO}_2$  (ITO). Толщина слоя может составлять до 125 нм, что примерно составляет 234 мг/м<sup>2</sup>. Ввиду высоких цен на оксид индия это покрытие имеет потенциальный интерес для переработки. Например, уже существуют технологии выделения оксида индия из ЖК-дисплеев гидрометаллургическим методом. Однако экономическая эффективность данного метода всё ещё под вопросом по причине малой концентрации оксида индия в сырьё.

Жидкие кристаллы имеют сложный состав и представляют собой смесь из 10 – 25 различных компонентов на основе ароматических полимеров. Количество жидких кристаллов на один квадратный сантиметр примерно составляет 0,6 мг. Основным производителем жидких кристаллов является немецкая компания Merck, которая выполнила ряд токсикологических и экотоксикологических исследований. Согласно полученным результатам жидкие кристаллы не являются остротоксичными, канцерогенными, мутагенными, не вредны для водных организмов и имеют низкий потенциал биоаккумуляции.

Цветовой фильтр, TFT слой, а также ориентационная плёнка не нуждаются в утилизации, поскольку не содержат какие-либо токсические вещества.

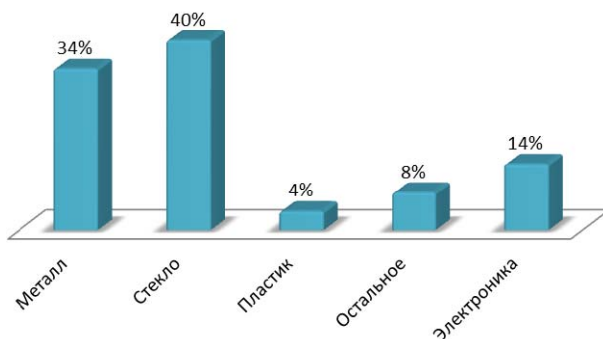


Рис. 3.17. Вышедшие из строя ЖК-дисплеи

Таким образом, можно сделать вывод, что материалы, которые используются в ЖК-дисплеях, не представляют опасности для окружающей среды (рис. 3.17). Это значит, что ЖК-дисплеи могут быть утилизированы захоронением на полигоне или сжиганием на мусоросжигательном заводе. Однако такие способы утилизации являются малоэффективными. Другие имеющиеся технологии утилизации ЖК-дисплеев в основном направлены на извлечение и повторное использование основного составляющего компонента – стекла. Качество переработанного стекла зачастую очень низкое и его крошка обычно используется как добавка в асфальт, бетон и другие строительные материалы. Более качественные стёкла могут быть получены при удалении поляризационного фильтра, но это значительно усложняет и удорожает технологию.

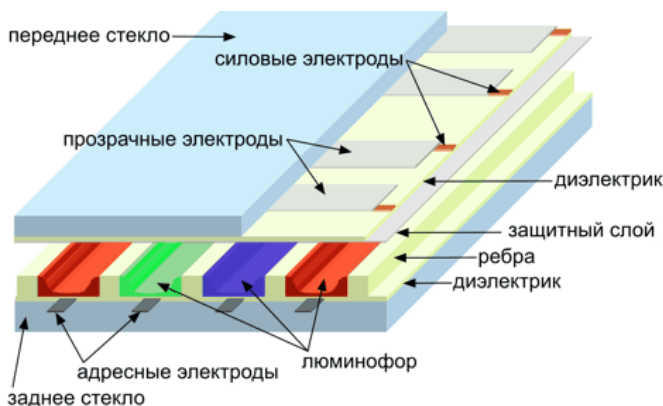
Вышеупомянутая компания Merck предложила несколько иных способов утилизации ЖК-дисплеев. Например, стекло ЖК-дисплеев можно использовать для защиты футеровки мусоросжигательных ротационных печей от агрессивных веществ или частично заменить песок в составе шихты для металлургического процесса выделения благородных металлов. В обоих случаях горение поляризационной плёнки происходит при температурах 1200...1300 °С, что позволяет сжечь диоксины, если даже они образовались.

**Утилизация телевизоров с плазменными панелями.** Телевизоры с плазменными дисплеями (ПД) (рис. 3.18) составляют относительно небольшую часть среди остальных типов телевизоров, что можно объяснить их незначительными объёмами продаж. Процесс утилизации телевизоров с ПД также начинается с демонтажа и сортировки его различных компонентов для дальнейшей переработки. В отличие от техники с ЖК-дисплеем, значительную массовую долю телевизора, кроме металла и электроники, составляет стекло.



**Рис. 3.18. Фракционный состав плазменного телевизора**





**Рис. 3.19. Упрощённое схематическое изображение плазменного дисплея**

Говоря о плазменных дисплеях в свете данной темы, следует упомянуть о том, что они в основном бывают АС- и DC-типа. В силу своей конструкции плазменные дисплеи DC-типа содержат ртуть, количество которой может составлять до 30 мг на один дисплей. Причиной введения ртути в газоразрядные ячейки ПД является увеличение срока службы дисплея путём предотвращения попадания материала катода на анод. Однако сейчас практически все выпускаемые ПД являются АС-типа, поэтому рассмотрим их поподробней.

Из рисунка 3.19 видно, что ПД не содержит полимерные материалы, а основная его часть выполнена из стекла. Стекло на основе оксида свинца (40...63 мас.% PbO), из которого сделаны диэлектрик и перегородка, относится к токсичным материалам. Его относительная массовая доля по отношению к остальным составляющим элементам ПД довольно мала и составляет около 1,5%. Опять же, если сослаться на Европейскую директиву по ограничению содержания вредных веществ, то применение свинецсодержащего стекла в ПД на данный момент разрешено. Тем не менее, некоторые производители уже начали использовать альтернативные стёкла на основе ZnO или BaO, которые не являются опасными для окружающей среды.

Извлечение оксида индия и ценных металлов из ПД пока имеет лишь потенциальный интерес.

На сегодня ввиду отсутствия более эффективных технологий переработки, плазменные дисплеи утилизируются путём их размола на дробилках. Полученная стеклянная крошка, как правило, используется в строительных материалах.

**Выводы.** В ближайшем будущем сегодняшние ЖК-дисплеи с ССFL-подсветкой будут составлять значительную долю электронного мусора. Основную опасность для окружающей среды представляет ртуть, содержащаяся в ССFL-подсветке, в то время как сами ЖК-дисплеи являются безопасными. Плазменные дисплеи содержат оксид свинца, который входит в состав стекла и является токсичным. Однако уже сейчас появилась тенденция к замене свинецсодержащего стекла на альтернативные стёкла. Существующие технологии утилизации ЖК и плазменных дисплеев позволяют получать невысокого качества вторсырьё без значительных капитальных затрат. В то время как новые технологии более полной переработки дисплеев пока ещё только находятся на стадии зарождения [16].

### 3.3. УТИЛИЗАЦИЯ ХОЛОДИЛЬНИКОВ И МОРОЗИЛЬНИКОВ

Пример работы завода по утилизации бытовых холодильников и морозильников (рис. 3.20 – 3.21).

#### 1. Что перерабатывается?

Завод USG расположен в небольшом провинциальном городе Тимелькаме (Австрия), осуществляется утилизация холодильников, морозильников, стиральных машин, телевизоров и другого электрического и электронного оборудования, а также изъятие хладагентов из сплит-систем кондиционеров. Проектная мощность завода – 320 тыс. шт. холодильников в год и примерно такое же количество ежегодно сдаётся жителями Австрии (население страны – приблизительно 8,5 млн человек). Всего в Австрии находится 2 завода, которые перерабатывают холодильники не только из этой страны, но и из ряда других стран Евросоюза (Венгрия, Чехия, Словакия, Румыния, Греция и т.д.).



Рис. 3.20. Участок сборки холодильников



**Рис. 3.21. Расположение вышедших из строя холодильников на заводе**

Для справки: работы по организации промышленной утилизации холодильного оборудования разворачиваются и в других частях света – например, на Кубе, не относящейся к числу богатых латиноамериканских стран, в настоящее время реализуется государственная программа по замене 2 млн. старых холодильников на новые.

## 2. Что получается?

В результате комплексной переработки холодильники разделяются на несколько компонентов (рис. 3.22):

- сжиженные газы (хладагенты, вспениватели теплоизоляции);
- полиуретановая крошка;
- сталь;
- смешанный лом (алюминий, медь и пластик);
- компрессоры.

Все полученные компоненты, кроме изъятых газов, далее продаются. Полиуретановую крошку закупают службы, занимающиеся ликвидацией техногенных аварий, в качестве эффективного адсорбента разливов нефтепродуктов, а также дорожники – для добавления в рецептуру дорожных покрытий. На заводе в Германии, с которым сотрудничает фирма USG, производится разделение лома с получением гранулированных меди, алюминия, стали и пластика. Изъятые сжиженные газы отправляются на экологически безопасное сжигание. Компрессоры продаются в некоторые страны Тихоокеанского региона для ручной разборки по цене примерно 950 евро за тонну.



**Рис. 3.22. Отсортированные и переработанные компоненты холодильников**

### 3. Законодательство.

Переработка холодильников регулируется Регламентом (ЕС) № 2002/95/ЕС по ограничению использования вредных веществ в электрическом и электронном оборудовании, а также Регламентом 2002/96/ЕС, которым поощряются сбор и утилизация данного оборудования. Летом 2012 года после публикации в официальном журнале Евросоюза вступил новый Регламент по отходам электрического и электронного оборудования. Операции с озоноразрушающими веществами (ОРВ) осуществляются в соответствии с Регламентом (ЕС) № 1005/2009 о веществах, разрушающих озоновый слой.

Кроме регламентов существует и европейский стандарт EN 50574:2012, который определяет требования к обработке, транспортировке, хранению, сортировке и переработке бытовой техники, содержащей летучие фторсодержащие газы, углеводороды или и те, и другие. В частности, стандарт прописывает требования к процессу утилизации с указанием компонентов, на которые должно разделяться оборудование (чтобы не было возможности излишне удешевить процесс за счёт потери качества переработки) и описывает требования к мониторингу.

Представитель фирмы USG отметил, что для успеха необходима именно такая последовательность действий, когда вначале принимается законодательство, а потом организуется производство, а не наоборот.

### 4. История завода.

Завод начинал с извлечения озоноразрушающих хлорфторуглеродов (ХФУ) из компрессоров (с 1990 по 1998 г.), а на втором этапе развития предприятия (с 1999 г. по настоящее время) ХФУ, а затем и гидрохлорфторуглероды (ГХФУ) стали извлекать из обшивки (утеплителя) холодильников и морозильников. Эта работа была инициирована в рамках европейской кампании по выводу из оборота ОРВ. На начальном этапе помощь заводу оказывали муниципальные службы, задачей которых было решение вопроса экологически безопасной утилизации крупногабаритного бытового мусора (холодильники, стиральные и посудомоечные машины, телевизоры, газовые и электрические плиты и т.д.). С момента ввода завода в эксплуатацию в 2003 году до момента его посещения ГРП было переработано 1 млн 277 тыс. холодильников.

### 5. Кто платит и как работает?

В Евросоюзе утилизационные сборы оплачиваются производителями оборудования за каждую утилизируемую единицу. На рынке утилизации действуют 4 основных вида игроков:

- производители;
- дистрибьюторы;
- ретейлеры (компании, владеющие торговыми сетями);
- компании, занимающиеся рециклингом.

Контроль за функционированием системы утилизации холодильного оборудования осуществляют ретейлеры.

Рынок утилизации – это свободный рынок. Клиент обращается в ту или иную систему в зависимости от цены. Регулирование качества утилизации производится за счёт системы самоконтроля и высоких штрафов. Если где-либо цена за утилизацию сильно падает – у участников рынка возникает подозрение, что процесс утилизации упрощён и есть вопросы по качеству. Начинаются проверки, которые либо подтверждают, либо не подтверждают поступившую информацию, а по их результатам принимаются соответствующие меры. При этом технологическое оформление утилизации никак не лимитируется – важны лишь результат (разделение на определённые компоненты) и безопасность для окружающей среды данного процесса. Наличие обратных связей позволяет системе эффективно индексировать размер утилизационных сборов в зависимости от стоимости полученных материалов на рынке.

Следует отметить, что осенью текущего года по инициативе Минпромторга России в нашей стране вводятся утилизационные сборы на ввоз поддержанных автомобилей. Пока, правда, не очень ясно, куда пойдут эти деньги и насколько процесс утилизации будет безопасен с экологической точки зрения.

#### *6. Некоторые цифры.*

Ориентировочная стоимость завода – 3,5 млн евро, в том числе стоимость 1 модуля для извлечения хладагента из холодильного контура – приблизительно 250 тыс. евро (может быть как в стационарном, так и в мобильном исполнении).

Расчётный срок службы оборудования завода – 20 лет.

Производительность – 60 холодильников в час.

Операционные издержки завода – ориентировочно 1,0 млн евро в год.

Затраты на переработку 1 холодильника – около 2,5 евро.

На заводе работают 5 (!) рабочих (процесс профессиональной подготовки занимает около полугода).

Приблизительно 20% холодильников и морозильников поступают уже без хладагента.

Прибыль предприятия составляет примерно 250 евро за тонну переработанной продукции. При этом: 100...120 евро – утилизационные сборы от производителей, а 150 евро – прибыль с продажи полученных материалов. Действует следующая система ценообразования: если цены на переработанные материалы на рынке уменьшаются, то взносы на переработку увеличиваются (прибыль завода не сокращается).

7. Основные этапы переработки холодильников и морозильников на заводе (рис. 3.23 – 3.27).

1) Холодильные агрегаты освобождаются от внутренних съёмных частей (полки, лотки, стёкла), а также от электрошнуров. Далее холодильный агрегат помещается на конвейерную линию для прохождения всего цикла переработки.

2) Извлекается заправленная в холодильный контур смесь хладагента и масла. Тип хладагента определяется по шильдику на компрессоре. Для полного извлечения содержимого из контура важно разместить холодильник под определённым углом к горизонту, что осуществляется с помощью электромагнитного манипулятора. Специальным обжимным устройством, обеспечивающим полную герметичность, прокалывается трубка холодильного контура, и происходит процесс извлечения смеси за счёт разрежения в магистрали ( $-1$  бар), а также имеющегося давления в самом контуре (около 1 бар). Операция производится в ручном режиме с визуальным контролем давления по манометру и смотрового окна, врезанного в магистраль. Процесс разделения смеси на фракции осуществляется при нагреве до температуры около  $90$  °С, что способствует его эффективности. Далее хладагент, находящийся в газовой фазе, компримируется и в сжиженном виде закачивается в баллоны. Количество извлечённого хладона отслеживается с помощью электронных весов при норме 120 г/холодильник. Для справки: в Мексике норма составляет 159 г, а в России, по всей видимости, будет 150 г.

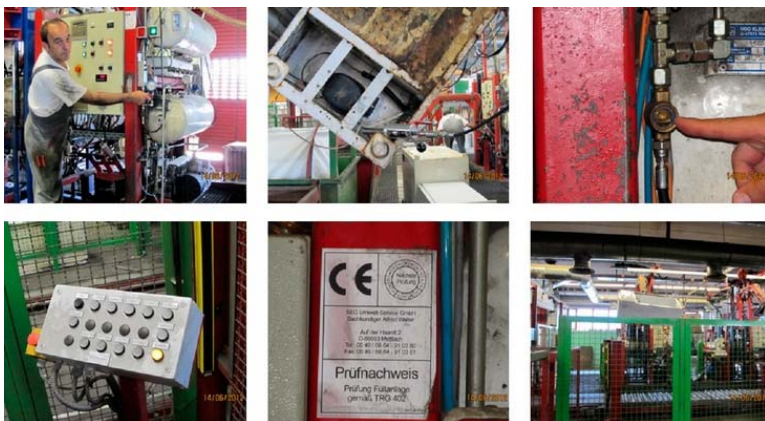


Рис. 3.23. Извлечение внутренних съёмных частей холодильника





**Рис. 3.24. Извлечение хладагента**



**Рис. 3.25. Развакуумирование системы**

3) Далее происходит развакуумирование системы и с помощью гидравлических ножниц отделение компрессора от агрегата (компрессоры, как упоминалось выше, собираются в специальный контейнер и продаются отдельно от остальных отходов).

4) Затем корпус холодильника поступает на измельчение в полностью герметичный шредер. Отделение фракций происходит по сложной системе. Далее холодильник делят на 4 основных компонента: полиуретаны, сталь (отделяется в электромагнитном сепараторе), смесевой лом (алюминий, медь, пластик) и газообразные вспениватели (ХФУ-11, ГХФУ-141b и др.). Процесс извлечения газов из полиуретановой пены (дегазация) осуществляется также с использованием нагрева и продолжается 6–7 часов. В схеме используются заполненные активированным углем адсорберы, работающие по циклу «охлаждение–нагрев–охлаждение», что позволяет извлечь до 90% содержащихся в пеноматериалах газов (минимальная норма извлечения – 76,5 г из 1 кг пенополиуретана).



**Рис. 3.26. Процесс измельчения корпуса холодильника**

Эти газы сжижаются с помощью охлаждения и сливаются в стандартные 200-литровые бочки. Фракции твёрдых отходов собираются в мешки для дальнейшей переработки и реализации.

#### 8. Система контроля.

При поступлении холодильника на конвейер визуально определяется его тип (по типоразмеру, по содержащимся веществам в обшивке и в холодильном контуре). Переработка холодильников с закладной теплоизоляцией (из стекловаты) ограничивается извлечением хладагента и компрессора, а корпус направляется на заводы, специализирующиеся на утилизации автомобилей. Полностью компьютеризированная система позволяет точно определить количество полученных при переработке веществ (сколько того или иного газа, лома, компрессоров – всё по весу). Количество на входе и выходе должно совпадать, всё заносится автоматически в таблицы учёта и сдаётся в виде отчётности.





**Рис. 3.27. Компьютеризированная система контроля процесса утилизации холодильников**

### **3.4. УТИЛИЗАЦИЯ МОБИЛЬНЫХ ТЕЛЕФОНОВ**

Проблема утилизации сотовых телефонов во всём мире стоит очень остро: многие компании тратят на переработку «мобильных отходов» сотни миллионов долларов. Что же таят в себе безопасные на первый взгляд телефоны и зачем их все-таки утилизировать? Постараемся ответить на эти насущные вопросы.

Количество электронных отходов – старых мониторов и компьютеров, бытовой электроники – увеличивается с каждым годом. Что касается сотовых телефонов, то они ещё чаще приходят в негодность, чем пылесосы да микроволновки. И всё бы ничего, да только экологии от захламлённых свалок совсем не легче. Но есть и ещё один, более существенный момент: сотовые содержат в себе драгоценные металлы, в том числе золото, серебро, медь, платину. Так, например, из одной тонны отработавших своё мобильных телефонов можно получить до 150 граммов золота.

**Передовой опыт.** Возможность извлечения выгоды из е-отходов постепенно приняли во многих странах, со временем даже появились передовики этой сферы. К ним относится и бельгийская компания Umicore. Утилизацию е-отходов называют в Umicore не иначе как «надземной добычей». Справедливости ради надо сказать, что Umicore не новичок на перерабатывающем рынке: её история началась ещё в конце XIX века. Во время царствования короля Леопольда II компания занималась добычей меди в африканском Конго и переправляла её на завод близ Антверпена. Сегодня же Umicore оценивается в 2 млрд. долл.

Однако Umicore не одинока. Уже более пяти лет тому назад крупнейшие производители сотовых телефонов – Nokia, Sony Ericsson, Motorola, Samsung, Siemens, Philips и LG – подписали официальный документ – Базельскую конвенцию, исходя из которой они обязываются принимать от пользователей отслужившие своё мобильники и «утилизировать их в соответствии с законами об охране окружающей среды». Вдобавок к этому в странах ЕС действует директива по электротехнике и электронному лому, обязывающая продавцов техники и дилеров сотовой связи заниматься приёмом отработанных электроприборов.

В Австралии с 1999 г. при поддержке Австралийской мобильной телекоммуникационной ассоциации начала свою деятельность программа MobileMuster по переработке мобильных телефонов. Из материалов бывших трубок создают ювелирные изделия и успешно продают их (рис. 3.28).



**Рис. 3.28.** Изделия, получаемые из отходов вышедших из строя сотовых телефонов

**Немного статистики.** Исследование Nokia, проведённое в 13 странах (Финляндии, Германии, Италии, России, Швеции, Великобритании, ОАЭ, США, Нигерии, Индии, Китае, Индонезии и Бразилии), среди 6500 респондентов выявило, что только 3% от отработавших своё мобильных телефонов утилизируются.

Несмотря на то что большинство из опрошенных владели несколькими аппаратами, только 3% из них отправляли свои ненужные мобильники в утиль, 4% респондентов попросту выбрасывали отслужившие своё телефоны, 15% – отдавали родственникам, 16% – продавали, а большинство – 44% – просто хранили их дома. В целом, 74% людей, принимавших участие в исследовании, заявили, что они никогда не думали об утилизации телефона, однако 72% осознавали значимость этого процесса.

Основной причиной столь малого процента утилизации телефонов стало элементарное незнание того, что это вообще осуществимо (и это при том, что аппараты Nokia можно перерабатывать на 80%). Примерно три четверти опрошенных затруднились ответить, где вообще можно сдать свой старый телефон на переработку.

По официальным данным, в США перерабатывается каждый пятый проданный сотовый, а финны только за половину 2006 г. успели переработать 25 тыс. телефонов, что составляет 15% от объёма сотового рынка страны (рис. 3.29).

Не менее интересные данные предоставила французская компания Resourçul, специализирующаяся на переработке e-отходов. Оказывается, при нынешнем уровне потребления металлов для производства аккумуляторов, запасов меди хватит на 40 лет, свинца – на 28, а олова – всего на 17.



**Рис. 3.29. Рециклинг сотовых телефонов**

Следовательно, ещё до того, как кончится нефть, у нас уже не будет сырья для производства аккумуляторов и накопления энергии от альтернативных источников топлива. Что уж говорить про батареи для сотовых. Поэтому компания активно разрабатывает способы извлечения металлов из отработанных аккумуляторов. Причём уже сейчас ей удалось разработать технологию, позволяющую утилизировать АКБ на 98%.

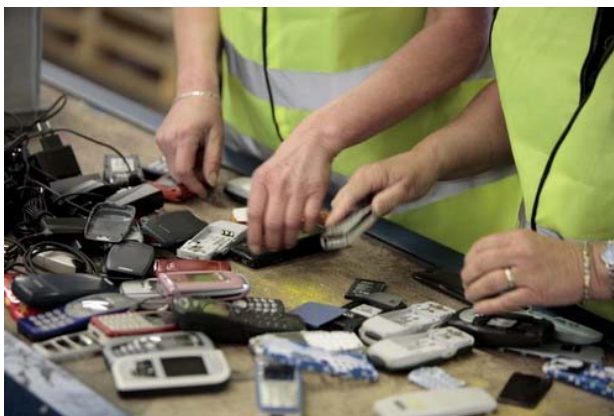
**Что у нас?** На территории бывшего соцлагеря лучше всего дела по утилизации «бэушных» телефонов идут в странах, присоединившихся в недавнем прошлом к Евросоюзу. Например, Nokia совместно с оператором T-Mobile проводит в Латвии акцию «Услышь Балтийское море»: за каждый сданный телефон они отчисляют пять евро в специальный экологический фонд.

Неплохо обстоят дела с утилизацией телефонов в Москве: там работают более 500 компаний, специализирующихся на переработке e-отходов, в том числе и сотовых телефонов. Кроме того, весной 2007 г. в России в рамках программы утилизации старых телефонов заработал Nokia Material Return Center, основными задачами которого стали приём и утилизация материалов, накапливающихся в авторизованных сервисных центрах в процессе ремонта: неисправные запасные части и узлы, вплоть до телефонов в сборе.

Однако в небогатых странах есть ещё один способ борьбы со старыми телефонами, гораздо менее затратный, по сравнению с их утилизацией. Речь идёт о сборе старых мобильных и отправке их в страны третьего мира. Крупнейшей такой страной – потребительницей б/у аппаратов является Африка. По ориентировочным данным, туда доставляется до трёх четвертей от общего количества старых телефонов в виде гуманитарной помощи. Причём влияние сотового телефона в Африке сложно переоценить, особенно в тех регионах, где нет дорог, а населённые пункты разделены громадными расстояниями.

**Процесс.** В классическом случае утилизация мобильного телефона начинается с сортировки. Если компания специализируется на переработке аппаратов определённого производителя (Nokia, например, имеет пункты сбора своих мобильных более чем в 80 странах по всему миру!), то сортировки не происходит. Если же компания «многопрофильная» (они, как правило, либо частные, либо датируются государственными комитетами), то нередко аппараты-«смертники» сортируются в зависимости от компании-производителя или по другим критериям.

Второй этап – разборка телефонов на составные части (рис. 3.30). Далее три самые важные составляющие – аккумулятор, пластиковый корпус и печатная плата – идут на переработку своим путём. Аккумуляторы из-за большого содержания токсичных веществ (например, мышьяк, свинец или



**Рис. 3.30. Ручная разборка сотовых телефонов**

ртуть) поступают, как правило, на специальные заводы по переработке АКБ или захоронения. Печатная плата аккуратно отсоединяется от элементов корпуса и поступает на конвейер. Именно из неё можно получить драгметаллы. А пластиковый корпус дробится на мелкие кусочки и по конвейерной ленте поступает в специально отведённое место – что-то вроде хранилища.

В хранилище (или по пути из него) корпуса и печатные платы снова дробятся и в достаточно измельчённом виде – практически на уровне пыли – поступают в сортировочную камеру, где посредством химических реакций или механических действий происходит окончательная сортировка сырья. Дорогостоящие металлы экстрагируются, обрабатываются, дополнительно очищаются и поступают на соответствующие предприятия.

Металл переплавляется и тоже идёт на хозяйственные нужды. Что касается пластика и резины, то эти компоненты чаще всего поступают на дорожно-строительные заводы и добавляются в дорожное покрытие.

**Стимул.** Государственное регулирование – конечно, важнейший способ воздействия на производителей телефонов и операторов связи, стимулирующий разработку программ утилизации. Однако есть и куда более действенные методы, формирующиеся в большинстве своём под воздействием общественного мнения. Самым типичным примером является ежемесячный рейтинг, публикуемый Greenpeace. Впервые рейтинг появился в августе 2006 г. и с тех пор неизменно отображает отношение той или иной компании к окружающей среде.

Рейтинг представляет собой шкалу, один конец которой красного цвета, другой – зелёного. Чем ближе производитель находится к зелёному краю шкалы, тем лучше его положение в рейтинге. На первый взгляд – ничего удивительно. Но в реальности рейтинг ежемесячно анализируется

и публикуется практически всеми техническими изданиями, как сетевыми, так и бумажными. В случае смещения компании в красный сектор возникнет негативное общественное мнение, которое вынесет порицание. В лучшем случае, это всё закончится общественным неодобрением, в худшем – могут упасть в цене акции, пострадает квартальный отчёт и т.д. А этого никто из вендоров, разумеется, не хочет.

С некоторых пор рейтинг-лист Greenpeace возглавляет Sony Ericsson, в то время как Nokia сдала свои позиции и находится только на третьем месте.

**«Зелёные» телефоны.** Программы утилизации уже доказали свою работоспособность, но есть ещё один механизм повышения Greenpeace-рейтинга: выпуск «зелёных» телефонов. К сожалению, это направление только-только разрабатывается и производители только «пристреливаются» к выпуску «зелёных» мобильных телефонов, однако всё идёт к тому, что в скором будущем количество практически безвредных телефонов многократно вырастет.

Характерно выраженных лидеров «зелёного телефоностроения» пока нет: почти каждая из компаний в своё время отметилась выпуском подобного рода устройств. У Nokia таким оказался концепт Nokia 3110 Evolve (интересно, что не только аппарат оказался легко утилизируемым, но и его упаковка!), а у Samsung, например, сразу две модели – W510 и F268. Первый выполнен из биопластика и примечателен тем, что при его производстве не применялись такие тяжёлые металлы, как свинец, ртуть, кадмий, а было использовано исключительно водорастворимое покрытие. Samsung F268 тоже отличается «зелёными» технологиями: при его производстве не использовались бромированные огнестойкие добавки и полихлорвинил, которые вследствие неправильной утилизации выделяют вредные для окружающей среды токсины.

У компании Samsung тоже есть зелёные телефоны. Жаль только, что представлены они были только на азиатском рынке [17].

**Заключение.** Серьёзное исследование выявило простые причины того, почему телефоны могут только мечтать о жизни после смерти.

Да, многие производители сотовых аппаратов, а также операторы периодически или постоянно заявляют о готовности принять назад отслуживший свой мобильник за вознаграждение, но локальных усилий компаний недостаточно. Проблему необходимо решать на государственном уровне. Назначать единую систему поощрения за сдачу отслужившего аппарата, а в пунктах сдачи стеклотары и макулатуры принимать ещё и неисправную технику. Лишь в том случае, когда человек будет проинформирован и сможет получить небольшую компенсацию за сдачу e-продуктов, можно надеяться, что матушка-Земля ещё послужит не только нам, но и будущим поколениям.

## 4. УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ДРЕВЕСИНЫ

Широко распространёнными и ещё малоутилизируемыми крупнотонажными отходами являются твёрдые отходы процессов заготовки, переработки и использования растительного сырья – древесины и большого числа видов сельскохозяйственной продукции. Утилизация таких отходов в значительной степени основана на использовании различных химических, механохимических, термохимических и биохимических превращений содержащихся в них компонентов в ценные вещества и материалы.

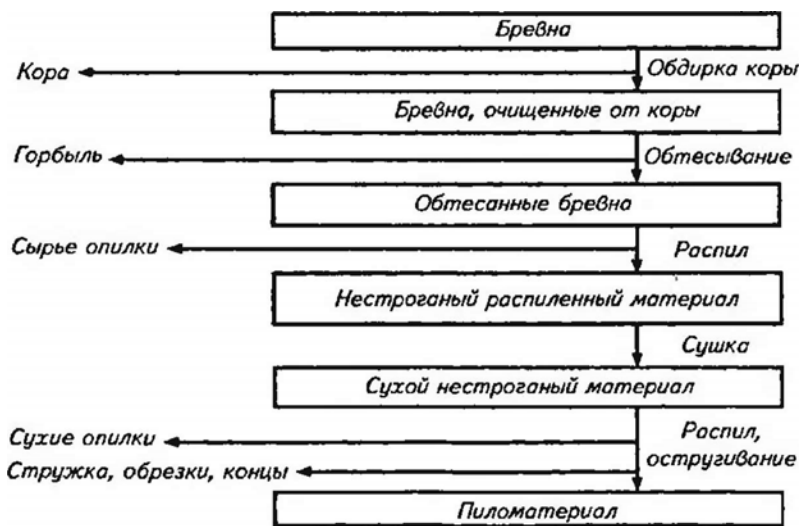
### 4.1. ОБРАЗОВАНИЕ, КЛАССИФИКАЦИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ДРЕВЕСИНЫ

В настоящее время в стране заготавливается около 500 млн. м<sup>3</sup> древесины. При этом на всех стадиях процесса от заготовки до переработки древесного сырья образуется значительное количество отходов. Только на лесозаготовках в отходы уходит более 32% вырубленного леса.

Объём использования древесины в различных производствах приведён ниже.

Лесопиление и деревообработка .....	41%
Целлюлозно-бумажное производство .....	23%
Гидролизное и лесохимическое производство .....	4%

Кроме того, значительная часть древесины используется в необработанном виде (32%), в том числе в качестве топлива (13%). Наибольшая часть древесины, как это видно из приведённых данных, расходуется на лесопиление, где и образуется больше всего отходов: только 60...62% исходного сырья превращается в основную продукцию. Отходами лесопильного производства являются горбыли, рейки, обрезки досок, вырезки дефектных мест, опилки, стружка и кора. На рисунке 4.1 приведена технологическая схема лесопильного производства. При выработке длинномерных обрезных досок в горбыли отходит 6...10% от объёма бревна, 10...13% превращаются в рейки; 2...4% – в обрезки досок; 11...12% – в опилки; 2...3% идёт на вырезку дефектных участков. Кроме того, безвозвратно при сушке теряется 5...7% и распыляется 1...2%. Количество коры составляет около 10...12% от всего объёма бревна (кора, правда, не входит в баланс древесины и считается внебалансовым отходом). В раскройных цехах при раскросе необрезных досок на заготовки образуется 7...10% опилок, 10...15% обрезков. В строгальных цехах отходы в виде стружки составляют 12...20% объёма поступающих пиломатериалов. Вследствие этого в себестоимости пиленой продукции затраты на сырьё составляют 70...80% от затрат на её выработку [18].



**Рис. 4.1.** Технологическая схема лесопильного производства

Из всего количества образующихся древесных отходов только 60...65% используется в качестве вторичного сырья, остальные сбрасываются в отвалы, отрицательно влияя на окружающую среду.

Значительное количество отходов образуется при использовании древесины на предприятиях автомобильной промышленности, в транспортном строительстве, станкостроении, торговле, коммунальном хозяйстве, мебельной промышленности и других отраслях экономики.

Древесные отходы можно классифицировать по ассортименту выпускаемой продукции (отходы пиломатериалов, фанеры, древесно-волоконистых плит и др.), по породам древесины (отходы хвойных, лиственных пород деревьев), по влажности (сухие – с влажностью до 15%, полусухие – с влажностью 15...30%, влажные – с влажностью выше 30%), по структуре (кусковые, сыпучие) и другим признакам.

По количеству отходов деревообрабатывающая промышленность стоит на одном из первых мест. Количество отходов в этой отрасли зависит от качества перерабатываемого сырья, типа и размера изготавливаемой продукции, используемой технологии и применяемого оборудования. Количество отходов, образующихся, например, на мебельной фабрике, достигает 60% от всей использованной древесины.

К отходам, объём которых зависит от используемого для раскроя оборудования, относят опилки. Объём древесины, переходящей в опилки, зависит от толщины пил: чем тоньше пила, тем меньше опилок. Их образование можно вообще устранить, если использовать другие способы де-



ления древесины. К отходам, обусловленным качеством исходного сырья, относятся горбыли, торцовые срезки, рейки, разнообразные вырезки с пороками и дефектами.

Все отходы древесины являются ценным сырьём для производства различной продукции, однако по возможности утилизации они не равноценны. Наибольшую ценность представляют деловые отходы, из которых можно изготавливать разнообразную мелкую пилопродукцию. К ним относятся горбыли, рейки, крупные кусковые отходы. Их можно использовать и для производства целлюлозы, древесно-волоконистых плит (ДВП), древесно-стружечных плит (ДСП), цементно-стружечных плит (ДСП) и химической продукции.

Менее ценны отходы, возможность использования которых ограничена (стружки, опилки, мелкие кусковые отходы, щепа). Опилки и стружки, благодаря адсорбирующим, абразивным, изоляционным и другим свойствам, широко используют в различных производствах: для хозяйственных целей и как технологическое сырьё.

#### 4.1. Направления использования древесных отходов

Виды отходов	Использование отходов
Кусковые отходы	Для выработки цельных и клеёных заготовок, мелкой продукции, технологической щепы для производства целлюлозы и другой продукции с измельчением древесины; в лесохимическом производстве; в качестве топлива
Опилки	Для производства спирта, кормовых дрожжей, целлюлозы, древесной муки, строительных материалов; в лесохимическом производстве; для хозяйственно-бытовых нужд; в сельском хозяйстве; для технологических целей
Стружка	Для изготовления плит, строительных блоков; в лесохимическом производстве
Кора	Для получения дубителей в лесохимическом производстве; для изготовления удобрений

Щепа и мелкие кусковые отходы являются исходным химическим сырьём при производстве строительных материалов, вискозного волокна (а затем тканей), технического спирта, кормовых дрожжей, уксуса, целлюлозы, бумаги, картона и многих других продуктов. Для производства этой продукции древесина измельчается, а затем поступает на переработку по специальной технологии, используемой при производстве конкретной продукции. Часть древесных отходов в брикетированном виде применяют как топливо для бытовых и промышленных печей [19].

Необходимо упомянуть об энергохимическом использовании отходов древесины в газогенераторных установках. Принцип энергохимического использования отходов древесины основан на газификации древесины и получении из неё химических продуктов и горючего газа с последующим использованием его в качестве топлива. После войны какое-то время находились в эксплуатации автомобили с газогенераторными установками. Источником энергии для двигателя таких автомобилей была древесина. Теплота сгорания вырабатываемых из отходов древесины генераторных газов составляет 6400...7200 кДж/м<sup>3</sup>, а выход газов 0,45...0,7 м<sup>3</sup>/кг сухого топлива.

В обобщённом виде возможности утилизации различных отходов лесопиления и деревообработки представлены в табл. 4.1.

#### **4.2. ПЕРЕРАБОТКА КУСКОВЫХ ОТХОДОВ ДРЕВЕСИНЫ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКУЮ ЩЕПУ**

Для использования в лесохимической и целлюлозно-бумажной промышленности, в производстве строительных материалов кусковые отходы деревообработки должны быть переработаны в технологическую щепу. Этот процесс осуществляется в лесопильном производстве, а сама щепа является сопутствующей товарной продукцией.

Щепа – основное сырьё целлюлозно-бумажной, гидролизной промышленности и ряда других отраслей, эффективность работы которых зависит от её качества и от стабильности поставок. Важнейшими показателями качества щепы являются: содержание коры, гнили и минеральных частиц, фракционный состав, качество поверхности и угол среза частиц, порода дерева, из которого она изготовлена. Производство щепы не только даёт возможность утилизировать отходы древесины, но имеет и важное самостоятельное значение.

В зависимости от назначения к технологической щепе предъявляются различные требования. Особенно важно, чтобы щепа не содержала посторонних включений: металла, гнили, песка и т.п. Содержание коры строго лимитируется в зависимости от дальнейшего применения щепы. Например, щепа, идущая на варку целлюлозы, вообще не должна содержать кору. Содержание коры в щепе, идущей на производство ДВП и ДСП, не должно превышать 15%. Для изготовления специальных высоко-

## 4.2. Типовые размеры щепы

Виды ТБО	Размеры, мм	
	длина	толщина
Целлюлозно-бумажные	15...25	5
Древесно-волоконистые плиты	10...35	5
Древесно-стружечные плиты:		
плоского прессования	20...60	30
экструзионного формования	5...40	30
Гидролизные	5...35	5

качественных ДВП применяется щепа, содержание коры в которой не превышает 3%. Поэтому при изготовлении щепы, идущей в целлюлозно-бумажное производство и на изготовление таких ДВП, используют только очищенные от коры отходы древесины, т.е. отходы, образующиеся от распиловки окорённых брёвен. В зависимости от назначения (вида производства) щепа должна иметь размеры (табл. 4.2).

Технология подготовки древесных отходов к переработке в щепу зависит от её назначения, так как требования, предъявляемые к щепе для различных производств, неодинаковы. Наименее простая подготовка осуществляется при изготовлении щепы для гидролизной промышленности и производства древесно-волоконистых плит. Технология производства щепы включает несколько стадий (рис. 4.2).

Собранные древесные отходы контролируются на отсутствие в них посторонних предметов (прежде всего – из металла). После измельчения кусковых отходов на рубильных машинах они сортируются на щепосортировочных установках, доизмельчаются и транспортируются на склад [20].

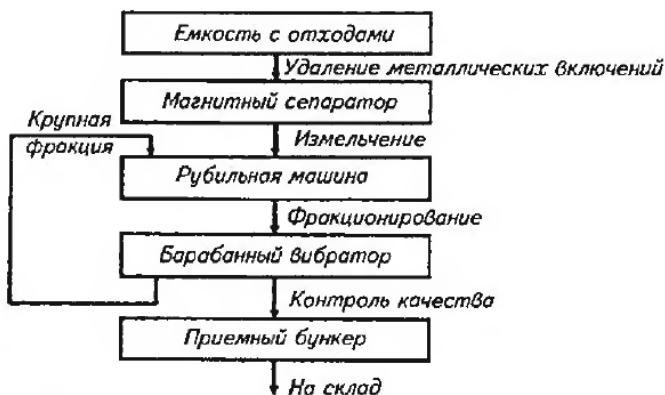
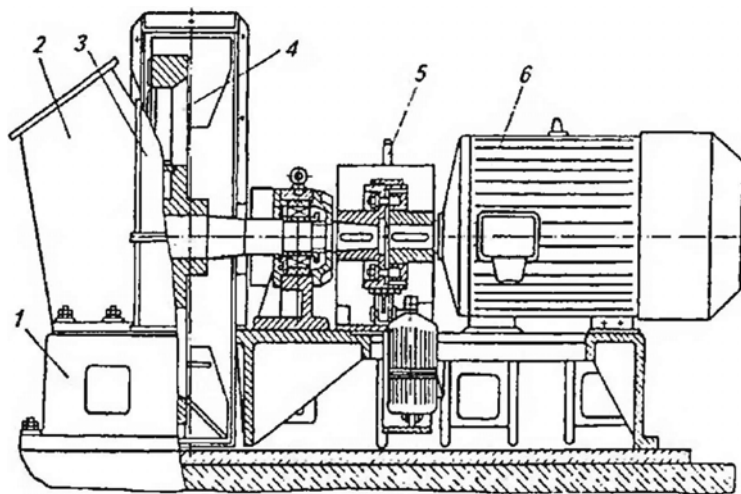


Рис. 4.2. Технологическая схема производства щепы

В процессе производства щепы основной операцией является измельчение древесных отходов. Эта операция определяет качество и выход кондиционной технологической щепы, а также удельные энергозатраты на её производство. Измельчение кусковых отходов осуществляют на рубильных машинах. В зависимости от формы ротора рубильные машины делятся на барабанные, дисковые и конические.

Ротор барабанной рубильной машины выполнен в виде барабана, на поверхности которого установлены режущие ножи. Ротором дисковой рубильной машины является диск, на котором расположены режущие элементы. Ротор конической рубильной машины представляет собой усечённый конус, на образующей поверхности которого размещены режущие ножи. На барабанных рубильных машинах получают щепу низкого качества, с неоднородным фракционным составом и с повреждёнными волокнами, что связано с их конструкцией. Такая щепа может использоваться для гидролизного производства, но малопригодна для целлюлозно-бумажной промышленности и изготовления ДВП и ДСП. Для получения щепы, пригодной для этих производств, используют дисковые рубильные машины с плоским и геликоидальным дисками.

Для переработки кусковых отходов лесопильного производства на технологическую щепу предназначены рубильные машины типа МР2-20 (рис. 4.3). Эта машина может изготавливаться с верхним и нижним выбросом щепы.



**Рис. 4.3. Схема рубильной машины МР2-20:**

1 – станина; 2 – патрон; 3 – кожух; 4 – ротор; 5 – тормоз; 6 – электродвигатель

Дисковые рубильные машины выпускают с наклонной и горизонтальной подачей перерабатываемого сырья. В машинах с наклонной подачей сырья загрузочный люк приёмного патрона располагается под углом  $45...50^\circ$  к горизонтальной плоскости (или плоскости диска машины). Поэтому в таких машинах щепа всегда срезается под углом в пределах  $45...50^\circ$  к направлению волокон, в результате чего значительно уменьшается расход энергии на измельчение древесины.

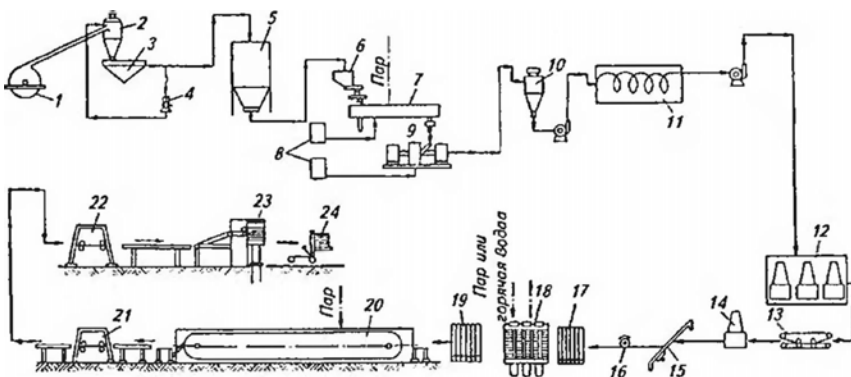
Полученная на рубильных машинах щепа сортируется по размерам на установках вибрационного или гирационного (с круговым качанием сит в горизонтальной плоскости) типа. Наиболее рационально использование подвесных и напольных гирационных сортировочных машин, основу которых составляют три последовательно установленных по вертикали короба сита с отверстиями различных размеров. (В последнее время появились установки с двумя ситами.) Сита совершают качательные движения в горизонтальной плоскости. На верхнем сите остаются самые крупные куски древесины, которые поступают на повторное измельчение. Со среднего и нижнего сит выходят две фракции щепы, а опилки и мелочь, проскочившие через все три сита, поступают в бункер для опилок.

Дальнейшая переработка щепы, полученной из древесных отходов, производится вне лесопильного производства на предприятиях соответствующих отраслей промышленности (стройматериалов, лесохимии, целлюлозно-бумажной и др.) по технологиям, принятым в этих отраслях [21].

#### **4.3. ПРОИЗВОДСТВО СТРОИТЕЛЬНЫХ И КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ОТХОДОВ ДРЕВЕСИНЫ**

Одним из основных направлений утилизации древесных отходов является производство различных ограждающих и отделочных строительных материалов: древесно-волоконистых плит, древесно-стружечных плит, цементно-стружечных плит, щитового паркета и др.

При изготовлении древесно-волоконистых плит используют целлюлозные волокна, полученные путём дальнейшего измельчения щепы. Существует два способа производства ДВП: мокрый и сухой. При мокром способе плиты получают путём отлива целлюлозной массы без введения связующего вещества, при сухом способе в целлюлозную массу вводят  $4...8\%$  связующей смолы. Помимо смолы в состав массы вводят антисептики, антипирены и другие добавки, позволяющие придать материалу необходимые свойства: прочность, водостойкость, грибостойкость, пожаростойкость и т.п. На рисунке 4.4 приведена принципиальная схема производства ДВП сухим способом.



**Рис. 4.4. Принципиальная схема производства ДВП сухим способом:**

- 1 – рубильная машина; 2 – циклон; 3 – щепосортировочная установка;  
 4 – дезинтегратор; 5 – бункер хранения щепы; 6 – расходный бункер щепы;  
 7 – пропарочный аппарат; 8 – расходные баки парафина и смолы; 9 – размольная установка; 10 – циклон сушилки первой ступени; 11 – сушилка второй ступени;  
 12 – формирующая машина; 13 – ленточный пресс предварительной подпрессовки;  
 14 – головка, формирующая отделочный слой; 15 – пила поперечной резки;  
 16 – пила продольной резки; 17 – загрузочная этажерка; 18 – пресс;  
 19 – загрузочная этажерка; 20 – камера кондиционирования; 21 – продольная резка; 22 – поперечная резка; 23 – накопитель плит; 24 – автопогрузчик

Технологический процесс производства ДВП сухим способом состоит из следующих операций: пропарки, размола щепы на волокна; сушки волокна; подготовки связующего и добавок; смешивания волокна со связующим и другими добавками; формирования ковра; предварительного уплотнения (подпрессовки) ковра; прессования, кондиционирования плит; механической обработки плит.

В зависимости от свойств выпускают пять различных видов ДВП: теплоизоляционные, теплоизоляционно-отделочные, полутвёрдые, твёрдые и сверхтвёрдые. ДВП широко применяют в строительстве, мебельной промышленности, машиностроении. Например, для отделки панелей салона автобуса используют маслопропитанные сверхтвёрдые ДВП с лакокрасочным покрытием.

Для повышения прочности при изгибе плит пропитывают смесь льняного и таллового масел. Лакокрасочное покрытие наносят на загрунтованную поверхность плиты. Физико-механические свойства маслопропитанной ДВП с лакокрасочным покрытием, изготовленной из отходов лесопиления приведены в табл. 4.3.

### 4.3. Физико-механические свойства маслопитанной ДВП

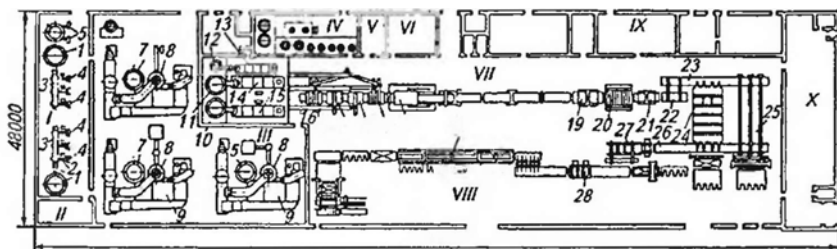
Наименование показателя	Значение показателя
Предел прочности при изгибе, МПа	> 47
Набухание в воде по толщине за 24 ч, %	< 5
Степень сцепления лакокрасочного покрытия с плитой, баллы	> 3
Огнеопасность (скорость горения, мм/мин)	неогнеопасна (не более 20)

Древесно-стружечные плиты изготавливают горячим прессованием отходов древесины (стружки) со связующим – мочевино- или фенолформальдегидной смолой. По способу производства различают ДСП плоского прессования и экструзионные, т.е. получаемые экструзией древесностружечной массы через щелевую головку. ДСП выпускают без облицовки и облицованными шпоном и полимерной плёнкой, а также окрашенными. Этот материал широко используется в мебельной промышленности, строительстве и других областях.

Технологический процесс производства ДСП включает следующие основные операции: измельчение отходов древесины; сортировку измельчённой древесины; приготовление рабочего раствора смолы, отвердителя и добавок; дозирование и смешивание компонентов связующего, гидрофобных и антисептических добавок и измельчённой древесины; формирование стружечного ковра или пакетов; подпрессовку (предварительное уплотнение) стружечного ковра или пакетов; прессование плит; сортировку и складирование плит. На рисунке 4.5 показана планировка цеха по производству пятислойных древесно-стружечных плит способом плоского прессования [22].

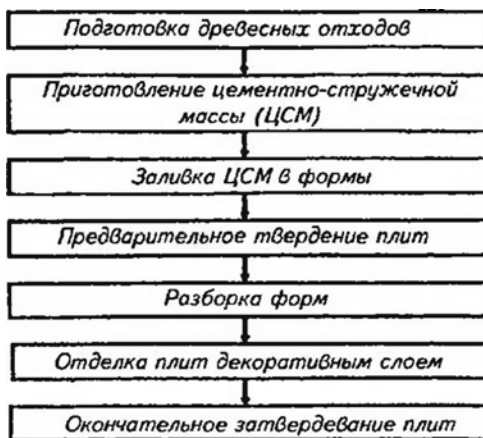
При изготовлении цементно-стружечных плит используют древесную муку, которую связывают с помощью цементирующих или связывающих веществ. Так называемый ксилолит производится из смеси, содержащей древесную муку, магнезиальный цемент, асбестовое волокно и другие компоненты. Смесь древесной ваты (продукт, вырабатываемый из хвои) с магнезиальным цементом и другими веществами используют для изготовления фибролита. ЦСП используют в строительстве, в том числе для изготовления наружных ограждающих панелей.

ЦСП обладают хорошими тепло- и звукоизоляционными свойствами, водостойки, огнестойки, морозостойки и бензостойки. Технологическая схема их производства представлена на рис. 4.6.



**Рис. 4.5. Планировка цеха по производству пятислойных древесно-стружечных плит:**

*I* – отделение подготовки стружки; *II* – заточное отделение; *III* – сушильное отделение; *IV* – приготовление связующих; *K* – лаборатория; *VI* – щитовая; *VII* – формовочно-прессовое отделение; *VIII* – отделение обрезки, шлифования и сортировки плит; *IX* – установка подогрева масла; *X* – бытовые помещения; 1, 6, 7, 10, *II*, 12 – бункеры; 2 – шнековый дозатор; 3, 16, 22, 23, 25, 26 – конвейеры; 4 – центробежный станок; 5 – мельница; 8 – двухступенчатый сепаратор; 9 – двухступенчатая сушилка; 13, 14, 15 – смесители; 17 – формирующая машина; 18, 20 – прессы; 19 – загрузочная этажерка; 21 – разгрузочная этажерка; 24 – камера кондиционирования; 27 – обрезной станок; 28 – калибровально-шлифовальный станок; 29 – линия сортировки



**Рис. 4.6. Технологическая схема производства цементно-стружечных плит**

Щитовой паркет изготовляют из древесно-стружечных плит и отходов фанерного шпона. Паркетный щит состоит из четырёх слоёв: лицевого слоя, подслоя, ДСП и нижнего слоя, склеиваемых между собой с помощью различных клеев. Чаще других применяется карбамидный клей на



основе смолы М19-62. Склеивание производится в прессе при температуре 110...120 °С и давлении 0,8...1,0 МПа.

Широкое применение находят материалы, изготовленные с применением в качестве дешевого наполнителя древесной муки.

Древесная мука, входящая в состав таких материалов, изготавливается методом сухого измельчения отходов древесины хвойных, лиственных пород и их смеси. Свойства муки зависят от качества исходного сырья и её гранулометрического состава. Отходы, идущие на производство муки, не должны содержать более 5% коры и 3% гнили.

Предварительное измельчение отходов производится на молотковых мельницах, затем измельчённый продукт сушится в паровых сушильных аппаратах и вновь поступает на измельчение до необходимого размера. Классификацию продуктов размола проводят двумя способами: просевом на ситовых машинах и воздушной сепарацией. Древесную муку используют, например, в качестве наполнителя полимерных композиций. Так, из полипропилена, наполненного древесной мукой, изготавливают листовую формующийся облицовочный материал вудсток, широко применяемый в зарубежном и отечественном автомобилестроении. Листы, содержащие до 50% древесной муки, получают на двухшнековых экструдерах, снабжённых устройствами для дегазации. Наиболее часто изделия из листового материала, наполненного древесной мукой, изготавливают штамповкой на вертикальных гидравлических или механических прессах. Листы перед формированием на штампе нагревают до 180...190 °С.

Из вудстока изготавливают внутренние панели дверей автомобиля, задние стенки спинок сидений, панели багажника и другие детали облицовки. Применяется такой материал и в строительстве. Причиной широкого использования вудстока является низкая стоимость исходного сырья (полипропилена и древесной муки) в сочетании с хорошими технологическими (формуемость) и физико-механическими свойствами. Как видно из табл. 6.5, материал обладает высокой прочностью, теплостойкостью, низким коэффициентом линейного теплового расширения и другими необходимыми свойствами. Он выдерживает без изменения длительное воздействие температур от -20 до 140 °С и теряет жёсткость лишь при 160 °С, неогнеопасен, устойчив к действию органических растворителей. Поскольку транспортирование отходов древесины на значительные расстояния требует больших затрат, их утилизация на предприятиях, удалённых от мест образования отходов, нерентабельна.

Использование древесных отходов должно быть организовано там, где перерабатывается исходная древесина. Для организации переработки отходов древесины важен региональный подход. Технологии производства различных строительных материалов предоставляют широкие возможности для утилизации отходов древесины именно в масштабе регионов [23].

## 5. БИОРАЗЛАГАЕМЫЕ ПЛАСТИКИ В УПАКОВОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Традиционно пластики изготавливаются из искусственных синтетических полимеров, которые имеют структуру, не встречающуюся в природе, соответственно, биоразложение невозможно. Так как в последнее время экологическая проблема не перестаёт беспокоить, были разработаны новые материалы, которые не уступают по своим свойствам обычным пластикам, но являются биоразлагаемыми. Они сохраняют эксплуатационные характеристики только в течение периода потребления, а далее подвергаются действию факторов окружающей среды, в ходе чего происходят физико-химические и биологические превращения (рис. 5.1).

В зависимости от структурных характеристик каждого полимера, уснавливаются способность разлагаться и усваиваться микроорганизмами.

Биоразложение – это процесс, в результате которого полимерный материал разлагается под действием биотических компонентов (живых организмов). На этот процесс влияют многие факторы: цепочки, ферменты, участвующие в процессе, условия реакций. Процесс, при котором неорганическое вещество превращается в органическое, называется минерализацией [24].

В основе биоразложения лежат реакции, основывающиеся на окислении и гидролизе.

Природные и синтетические полимеры, которые легко подвергаются гидролизу, обладают высокой способностью к биодеструкции. Если в полимерной цепи присутствуют заместители, то биодеструктируемость повышается. Она также зависит от степени замещения цепи и длины её участков между функциональными группами, гибкости макромолекул.

Величина молекул полимера является важным фактором, который определяет стойкость полимера к биоразложению. Если мономеры или олигомеры могут быть поражены микроорганизмами и служат для них



Рис. 5.1. Цикл жизни биоразлагаемой упаковки

источником углерода, полимеры с большой молекулярной массой являются стойкими к действию микроорганизмов. Биодеструкцию большинства технических полимеров, как правило, инициируют процессами небиологического характера (термическое и фотоокисление, термолиз, механическая деградация и т.п.). Упомянутые деградационные процессы приводят к снижению молекулярной массы полимера. При этом возникают низкомолекулярные биоассимилируемые фрагменты, имеющие на концах цепи гидроксильные, карбонильные или карбоксильные группы.

Надмолекулярная структура синтетических полимеров является не менее значимым фактором, который оказывает влияние на биодegradацию. Ограничение набухания в воде и препятствие проникновения ферментов в полимерную матрицу, происходит благодаря компактному расположению структурных полукристаллических и кристаллических фрагментов. Это затрудняет воздействие ферментов не только на главную углеродную цепь полимера, но и на биоразрушаемые части цепи. Кристаллическая часть полимера всегда более стойка к биодеструкции, чем кристаллическая [25].

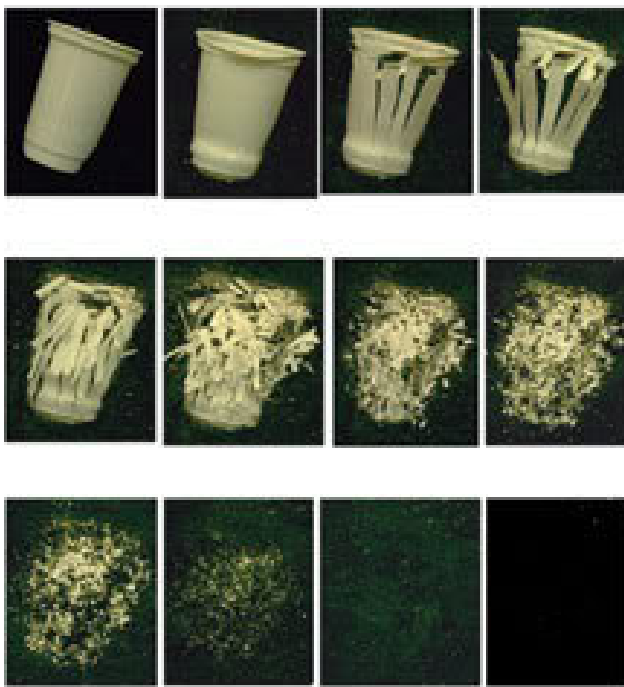
Разложение полимеров начинается с фрагментации, когда полимер, в результате воздействия биотических или абиотических факторов подвергается химическому расчленению, приводящему к механическому расщеплению полимера на фрагменты. Далее происходит минерализация продуктов расщепления микроорганизмами.

Существуют различные микроорганизмы, которые способны разлагать полимеры биологическим путём. Они сильно различаются между собой, проявляя активность в различных условиях. Примером может служить грибковые семейства *Phanerochaete chrysosporium*, которые разлагают лигнин в естественных условиях при наличии оксидаз, катализирующих разложение.

Если скорость процесса биоразложения играет роль, то это компостируемый пластик.

Компостируемые пластики являются разновидностью биоразлагаемых пластиков и подвергаются биоразложению в определённых условиях компостирования и в течение относительно небольшого периода времени. Они подвергаются фрагментации в течение цикла компостирования и процесс минерализации проходит во временных рамках, соответствующих времени разложения биоотходов.

Способность полимера или пластика подвергаться биоразложению зависит исключительно от химической структуры полимера (рис. 5.2). В связи с этим на биоразлагаемость не оказывает влияния источник сырья, из которого произведён пластик, и потому биоразлагаемые полимеры могут быть получены как из возобновляемых источников сырья (биомассы), так и из невозобновляемых (ископаемых) источников.



**Рис. 5.2. Процесс биоразложения упаковки**

Производство биоразлагаемых полимеров может включать в себя различные технологические процессы, не оказывающие влияние на биоразлагаемость материала. Способы производства биоразлагаемых полимеров могут быть синтетическими (химическими) или биотехнологическими (под воздействием микроорганизмов или ферментов). Наиболее широко используемые способы производства:

- Производство пластиков из природных полимеров посредством механической обработки или химической обработки (например, пластики, получаемые из деструктурированного крахмала).
- Производство полимеров биотехнологическим способом из возобновляемых источников сырья (например, ферментация сахаров, в процессе которой природные микроорганизмы синтезируют термопластические алифатические полиэфиры, такие как полигидроксисубтират).
- Химический синтез полимеров из мономеров, получаемых в свою очередь путём биотехнологического превращения возобновляемых источников сырья (например, использование молочной кислоты, получаемой путём ферментации сахаров, для производства полимолочной кислоты химическим путём) [26].

- Химический синтез полимеров из продуктов, получаемых посредством переработки нефти и других невозобновляемых источников сырья.

Биоразлагаемые полимерные материалы можно условно разделить на три группы:

1. Пластики на основе природных биополимеров.
2. Химически и микробиологически синтезированные полимеры.
3. Композиционные материалы.

Пластики производятся на основе:

- крахмала;
- полимолочной кислоты;
- полигидроксиалканоатов;
- целлюлозы;
- лигнина.

В упаковочной отрасли широко распространены плёнки на основе целлюлозы, хитина и хитозана, желатина, полепептидов и др. В последнее время большой интерес возникает к крахмалу, как к наиболее дешёвому сырью (рис. 5.3).

Крахмал – полисахарид, накапливаемый в процессе жизнедеятельности растений в их клубнях, семенах, стеблях и листьях. Крахмал представляет собой чистый натуральный биополимер, который содержится в корнях, семенах и стеблях таких растений, как кукуруза, пшеница и картофель. Он пригоден для химического преобразования в термопластический материал для различных применений. Крахмал способен подвергаться полному биологическому разложению и основывается на возобновляемых материалах. Таким образом, использование крахмала в составе товарных адгезивных компаундов и пластмассовых материалов позволит свести к минимуму ущерб, наносимый окружающей среде [27].



**Рис. 5.3. Сырьё для создания биоразлагаемой упаковки**

За счёт расщепления молекул, которое происходит из-за энзимного воздействия на гликозидные связи между группами сахаров, происходит разложение крахмала. Содержание крахмала в таких продуктах существенно различается. Для того чтобы получить существенное расщепление материала, необходимо, чтобы содержание крахмала превышало 60%, при этом у большинства биоразлагаемых полимеров на основе крахмала содержание крахмала составляет 10...90%. По мере того, как содержание крахмала растёт, полимер становится всё более способным подвергаться биологическому разложению. При низком содержании крахмала частицы крахмала действуют как слабые связи в полимерной матрице, и обеспечивают площадки для биологической атаки.

Крахмал может быть исходным биоразлагаемым адгезивным веществом. Он играет существенную роль в промышленном производстве, особенно, в упаковочной отрасли. Адгезивные вещества на основе крахмала, в основном, используются для производства скрепляющих бумажных продуктов и прочих пористых подложек. Большая часть гофрированного коробочного картона для изготовления коробок легко скрепляется с помощью адгезивных материалов на основе крахмала.

**Модифицированный крахмал.** Крахмал, получаемый из естественных растительных источников, обычно используют в качестве наполнителя для биоразлагаемых полимеров. Если крахмал модифицировать надлежащим образом, то он сам может быть использован как биоразлагаемая пластмасса. Из-за содержания в крахмале гидроксильных групп, происходит преждевременное разложение полимера – крахмала. Замена части гидроксильных групп на другие, например, эфирные или сложноэфирные, приводит к тому, что вода не так легко сможет воздействовать на полимер. Создать между различными частями полимера крахмала дополнительные связи можно при помощи дополнительной химической обработки, что в результате приведёт к увеличению его теплостойкости, устойчивости к воздействию кислот и срезающему усилию. В результате данной обработки образуется модифицированный крахмал. Он разлагается в окружающей среде, но обладает свойствами коммерчески полезного термопласта.

Модифицированный крахмал вполне подходит для производства на том же оборудовании, что и обыкновенная пластмасса. При помощи обычных технологий его можно окрашивать, можно наносить печать. По своей природе модифицированный крахмал антистатичен. Из него изготавливают: поддоны для пищевых продуктов, сельскохозяйственные плёнки, пенопластовые упаковочные материалы, столовые приборы, сеточки для овощей и фруктов. Данный крахмал также может быть использован в качестве добавок для улучшения параметров качения автомобильных шин, вытесняя сажу и оксид кремния, которые обычно используются для этого.



**Рис. 5.4. Контейнер для фруктов с применением полимолочной кислоты**

**Полимолочная кислота (PLA)** – это линейный алифатический полиэфир, который получают с помощью полимеризации молочной кислоты. Молочная кислота изготавливается на основе ферментации сахаров, получаемых из кукурузы или иной биомассы. Разложение PLA происходит в два этапа. Для формирования молочной кислоты и прочих других молекул, эфирные группы подвергают гидролизу водой, затем с помощью микробов их разлагают в определённой среде. На рисунке 5.4 представлена упаковка, изготовленная на основе полимолочной кислоты.

Если полимолочную кислоту смешать с крахмалом, то повысится способность к биоразложению и соответственно рентабельность производства. Тем не менее для прочности к этим смесям часто добавляют различные пластификаторы, такие как глицерин или сорбит, чтобы сделать их более эластичными. Для смягчения полимолочной кислоты создают сплав с другими разлагаемыми полиэфирами [28].

**Полигидроксиалканоаты (PHA)** представляют собой алифатические полиэфиры. Их применяют для создания биоразлагаемых упаковочных материалов, нетканых материалов, одноразовых салфеток, предметов личной гигиены, плёнки и волокон, связывающих веществ и покрытий, водоотталкивающих покрытий для бумаги и картона. В прошлом PHA были слишком дороги для широкого внедрения. На рисунке 5.5 дан пример получения биоразлагаемого полимера.

Потенциальное исходное сырьё и этапы производства PHA:

- сырьём для синтеза PHA могут быть сахара, органические кислоты, спирты, смеси  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2$ , продукты гидролиза растительного сырья, промышленные отходы производства сахара, пальмового масла, водородсодержащие продукты переработки бурых углей и гидролизного лигнина;



**Рис. 5.5. Схема получения биоразлагаемого полимера**

• РНА – это семейство полимеров различной химической структуры. Образованы они мономерами с длиной С-цепи от С4 до С12 и выше, от высококристаллических термопластов до резиноподобных эластомеров;

• свойствами РНА (кристалличность, механическая прочность, температурные характеристики, скорости биораспада) можно управлять, варьируя в процессе ферментации состав среды и задавая ту или иную химическую структуру;

• РНА подвергаются переработке из различных фазовых состояний (порошки, растворы, гели, расплавы) общепринятыми методами;

• РНА не гидролизуются в жидких средах, так как деградация РНА является истинной биологической и происходит клеточным и гуморальным путями; более того, скоростью деградации РНА можно управлять.

**Целлюлоза** – белое твёрдое, стойкое вещество. При нагревании не разрушается (до 200 °С). Целлюлоза не растворима в воде и в слабых кислотах. Это природный полимер глюкозы, которая получается в процессе реакции фотосинтеза, наряду с кислородом, из углекислого газа и воды в хлорофилловых зёрнах листьев растений при воздействии солнечного света.

Целлюлоза разрушается при совместном действии кислорода, влаги, кислотных компонентов воздуха и солнечного света. Кислотные компоненты воздуха, такие, как оксиды азота и серы, ускоряют разложение, зачастую оказывая более сильное воздействие, чем солнечный свет.

Так как в природе синтезируется большое количество целлюлозы, микроорганизмы, которые её разлагают, играют очень важную роль в процессе минерализации и круговороте углерода.

Разнообразие микрофлоры, способной разлагать целлюлозу в почве, позволяет проводить трансформацию этого вещества в различных условиях аэрации, при кислом или щелочном рН, низкой или высокой влажности и температуре. Для большинства микроорганизмов, разлагающих целлюлозу, характерна высокая специфичность по отношению к этому веществу.

Полимеры, полученные взаимодействием целлюлозы с эпоксидным соединением и ангидридами дикарбоновых кислот, полностью разлагают-



ся в компосте за 4 недели. На их основе формованием получают бутылки, разовую посуду, плёнки для мульчирования.

Многослойные материалы, стойкие к высоким и низким температурам, получают из плёнки целлюлозы, склеенной крахмалом, со стойкой к жирам бумагой, разрешённой к контакту с пищевыми продуктами. Такую упаковку используют для запекания продуктов в электрических и микроволновых печах.

Для придания более высокой биоразлагаемости материалам на основе сложных эфиров целлюлозы в композицию рекомендуется вводить полиэфир лимонной кислоты либо ацетат целлюлозы, частично перезетрифицированный 6%-ной гидроксикапроновой кислотой.

Для изготовления одноразовых изделий для упаковки и предметов первой необходимости, в качестве исходного сырья применяют компостируемые материалы, получаемые из смеси растительных и натуральных исходных продуктов, где основным компонентом является целлюлоза или её производные.

**Лигнин** – этот растительный продукт, который образуется в довольно больших количествах, но наиболее медленно подвергается биологическому разложению. Поэтому он служит главным источником медленно распадающегося органического вещества почвы, в особенности гуминовых кислот.

В промышленности лигнин можно получить как отход при производстве целлюлозы и гидролизе растительных материалов. Лигнин является ценным химическим сырьём. Сульфатный лигнин можно использовать как усилитель синтетического каучука, в качестве пластификатора в керамическом производстве и т.п. Лигносulфоновые кислоты применяют как дешёвые крепители и связующие в литейном производстве, добавки к шихте при производстве цемента и для других целей. Гидролизный лигнин используется для получения лигнинового угля, активного угля (коллактивита), при производстве пористого кирпича, для выработки нитролигнина – понизителя вязкости глинистых растворов, применяемых при бурении скважин.

Таким образом, способность полимерных материалов к биодеструкции обусловлена главным образом их химическим составом, структурой и свойствами макромолекул. На устойчивость полимеров к биологическому разложению большое влияние оказывают некоторые макроструктурные характеристики (величина пористости, равномерность распределения добавок в полимерной массе, особенности обработки поверхности изделий и т.п.), а также технологические параметры. Всё большее практическое применение в индустрии упаковки находят материалы на основе крахмала или его смесей с синтетическими полимерами, свойства которых, в том числе и способность к биоразложению, зависят от совместимости компонентов и структуры получаемых систем.

При изготовлении биоразлагаемых полимерных материалов, в состав полимерной матрицы вводят добавки, ускоряющие её распад под действием УФ-облучения. К таким добавкам относятся сополимеры на основе этилена и моносахарида углерода, винилкетоны и другие материалы.

Одним из таких биodeградируемых полимеров является Biopol (компания ICI, Англия). Он представляет собой биосинтетический сополимер – полигидроксибутират либо полигидроксивалерат. Сополимер извлекают из биомассы микробов определённого штамма, который культивируют на углеводных питательных средах. Варьируя соотношение мономерных звеньев, можно получать полиэфирные материалы с разными качествами.

Biopol стопроцентно отвечает требованиям, предъявляемым к упаковкам одно- либо двухразового внедрения; просто разлагается под воздействием биопричин в анаэробных критериях (например, внутри компоста или под землей), также в анаэробной среде – на полях орошения либо в воде. Время разложения составляет от 6 до 36 недель.

Другим примером биоразлагаемого полимера на базе гидроксикарбоновой кислоты (либо её лактида) может служить Novon компании Wamer-Lambert & Co (США). Этот материал в присутствии воды способен распадаться как на воздухе, так и в анаэробных критериях. Так как Novon построен из остатков молочной кислоты, его метаболизируют не только лишь мельчайшие организмы, но и насекомые.

Материал Biocell (Франция) синтезирован на базе ацетата целлюлозы, в которую вводятся разные добавки и пластификаторы, содействующие разложению материала под воздействием причин среды, в том числе солнечной радиации. По своим физико-механическим свойствам он подобен ПЭНП, но обладает более высокими прочностными чертами и прозрачностью. После погружения в воду упаковка из такого материала набухает, и уже через 6 месяцев до 40% материала разлагается, превращаясь в углекислый газ и воду. Полное разложение материала осуществляется в течение 18 месяцев за счёт почвенной микрофлоры.

В США обширное распространение получили биоразлагаемые на открытом воздухе упаковки под общим заглавием TONE. Основой для их производства служит поликапролактан, который отлично совмещается механическим методом со многими обширно производимыми пластиками (ПЭ, ПП, ПВХ, ПС, ПК, ПЭТФ). Значимым достоинством этой группы материалов является их принадлежность к термопластам, достаточная доступность и низкая цена, лёгкость переработки разными способами, высочайший уровень параметров и скорость разложения на открытом воздухе.

В состав нового биоразлагаемого материала Mater-Bi (Италия) входит в качестве базисного полимера полиамид-6 (6,6) и разные добавки природного происхождения (от 60 до 90%). Также синтетические нетоксичные полимеры с низкой молекулярной массой (допущенные для кон-

кретного контакта с пищевыми продуктами), владеющие неплохой гидрофильностью и довольно высочайшей скоростью разложения под воздействием природных биопричин. Упаковки из этого материала, вывезенные на свалки, стопроцентно распадаются фактически без остатка, не нанося вреда окружающей среде.

Основой таких сравнимо новых материалов, как Ecostar, Polyclean и Ampaset, является ПЭВД и крахмалы злаковых растений в качестве био-разлагаемой добавки. В крахмалосодержащую композицию вводят также антиоксиданты для уменьшения деструкции в процессе переработки композиции в изделия. При переработке композиции в упаковку может происходить карамелизация (самовозгорание) материала, потому применяемый крахмал во избежание этого нужно сушить до содержания остаточной воды, равной 1%, также кропотливо держать под контролем температуру расплава в цилиндре экструдера, которая не должна превосходить 193...203 °С, шнека и стен цилиндра. Для сокращения времени пребывания перерабатываемой композиции в экструдере до минимума нужно использовать экструзионное оборудование с отношением L/D менее 20.

Во избежание образования разных сторонних включений («геликов») в готовой упаковке нужно, чтоб скорость вращения шнека была хорошей. При изготовлении биоразлагаемых упаковок из крахмалосодержащих полимерных материалов в процессе следующей герметизации сваркой нужно кропотливо смотреть за температурой сварки при получении крепкого сварного шва. Увеличение температуры приводит к деструкции крахмальной добавки, что просто находится по возникновению аромата свежеепеченного хлеба.

Цена всех разлагаемых полимерных материалов и упаковок на них определяется ценой начального базисного полимера, другого сырья, добавок и методов получения.

В текущее время потребность в разлагаемых упаковках довольно велика. В продвинутых странах большая часть упаковки разового использования делается из биоразлагаемых материалов. Однако производство и потребление биоразлагаемых упаковочных материалов и упаковок практически не решает проблемы охраны среды обитания от использованной и изношенной полимерной упаковки и тары. Причин здесь несколько:

- трудность регулирования скорости распада на свалках под воздействием факторов окружающей среды;
- довольно высокая стоимость вводимых добавок;
- технологические трудности производства;
- экологические трудности, которые связаны с тем, что по данным некоторых исследований, не снижается опасность отрицательного воздействия материалов и продуктов их распада на природу и животных;

– безвозвратная потеря ценных сырьевых и топливно-энергетических ресурсов, которые при правильном и грамотном решении могли бы приносить достаточно высокую прибыль народному хозяйству.

По этим причинам ликвидирование отходов методом создания и внедрения быстроразлагаемых упаковок обязано иметь ограниченное и контролируемое применение.

Более оптимальным методом устранения отходов в виде изношенной либо использованной упаковки представляется их утилизация.

В настоящее время существуют следующие пути полезного использования вторичного полимерного сырья:

- сжигание с целью получения энергии;
- термическое разложение (пиролиз, деструкция, разложение до исходных мономеров и др.);
- повторное использование;
- вторичная переработка [29].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

---

В учебном процессе направления 29.03.03 «Технология полиграфического и упаковочного производства» при подготовке специалистов в области производства тары и упаковки по курсу «Утилизация упаковки» и магистерской программы 29.04.03 по курсу «Утилизация и вторичная переработка полимерных материалов» занимают одно из ведущих мест, поскольку рассматривают вопросы утилизации и вторичной переработки полимерных материалов и твёрдых бытовых отходов с целью возврата их в производство и улучшения экологии.

В данном учебном пособии представлено обобщение современных взглядов на методы и способы вторичной переработки тары и упаковки и твёрдых бытовых отходов.

В учебном пособии освещаются основные методы и способы разделного сбора, вторичной переработки различных полимерных материалов для тары и упаковки и требования, предъявляемые к ним в процессе эксплуатации.

Особое внимание уделено новым конструкциям устройств и технологическим схемам, их содержащим, для вторичной переработки полимерных материалов и твёрдых бытовых отходов, которые разработаны на кафедре «Переработка полимеров и упаковочное производство» ФГБОУ ВПО «ТГТУ».

В настоящее время остро ощущается нехватка учебно-методической и научной литературы именно в этом направлении.

Большую помощь студентам в курсовом и дипломном проектировании окажут приведенные в пособии современные конструкции оборудования на базе валковых машин и основные технологические схемы утилизации и вторичной переработки полимерных материалов и твёрдых бытовых отходов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

---

1. **Гринин, А. С.** Промышленные и бытовые отходы: хранение, утилизация, переработка / А. С. Гринин, В. Н. Новиков. – Москва : Фаир-пресс, 2002. – 336 с.
2. **Шубов, Л. Я.** Технология твёрдых бытовых отходов : учебник / Л. Я. Шубов, М. Е. Ставровский, А. В. Олейник ; под ред. Л. Я. Шубова. – Москва : Альфа-М: ИН-ФА-М, 2011. – 400 с.
3. **Утилизация** и вторичная переработка тары и упаковки из полимерных материалов : учебное пособие / А. С. Клинков, П. С. Беляев, В. К. Скуратов, М. В. Соколов, В. Г. Однолько. – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО «ТГТУ», 2010. – 100 с.
4. **Рециклинг** и утилизация тары и упаковки : учебное пособие / А. С. Клинков, П. С. Беляев, В. К. Скуратов, М. В. Соколов, О. В. Ефремов, В. Г. Однолько. – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО «ТГТУ», 2010. – 112 с.
5. **Сметанин, В. И.** Защита окружающей среды от отходов производства и потребления : учебное пособие / В. И. Сметанин. – Москва : Колос, 2000. – 232 с.
6. **Бобович, Б. Б.** Неметаллические конструкционные материалы : учебное пособие для вузов / Б. Б. Бобович. – Москва : МГИУ, 2009. – 384 с.
7. **Бобович, Б. Б.** Переработка промышленных отходов : учебник для вузов / Б. Б. Бобович. – Москва : «СП Интернет Инжиниринг», 1999. – 445 с.
8. **Бобович, Б. Б.** Утилизация автомобилей и автокомпонентов : учебное пособие / Б. Б. Бобович. – Москва : МГИУ, 2010. – 176 с.
9. **Обращение** с отходами производства и потребления в системе экологической безопасности : научно-методическое пособие / В. А. Грачев, А. Т. Никитин, С. А. Фомин и др. ; под общ. ред. член-корр. РАН, проф. В. А. Грачева и проф. А. Т. Никитина. – Москва : Изд-во МНЭПУ, 2009. – 500 с.
10. **Клушанцев, Б. В.** Дробилки. Конструкция, расчёт, особенности эксплуатации / Б. В. Клушанцев, А. И. Косарев, Ю. А. Муйземнек. – Москва : Машиностроение, 1990. – 320 с.
11. **Какуевицкий, В. А.** Ресурсосберегающие технологии восстановления деталей автомобилей / В. А. Какуевицкий. – Москва : Транспорт, 1993. – 176 с.
12. **Химики** – автолюбителям : справ. изд. / Б. Б. Бобович, Г. В. Бровак, Б. М. Бунаков и др. – 3-е изд., стереот. – Санкт-Петербург : Химия, 1992. – 320 с.
13. **Бытовые отходы:** эпоха потребления // Экологический вестник России. – 2007. – № 12. – С. 22 – 29.
14. **Кураков, В. М.** Технология полного цикла обращения с отходами / В. М. Кураков // ЖКХ : журн. руководителя и гл. бухгалтера. – 2009. – № 2, Ч. 1. – С. 55 – 58.
15. **Ларионов, Г.** Утилизация ТБО – одна из приоритетных экономических задач современности / Г. Ларионов // РИСК: ресурсы, информация,

снабжение, конкуренция. – 2009. – № 4. – С. 207–208. – Библиогр.: С. 208 (3 назв.).

16. **Безопасное** обращение с отходами: Сборник нормативно-методических документов / под ред. И. А. Копайсова. – Санкт-Петербург : РЭЦ «Петрохимтехнология», «Интеграл», «Тема», 1999. – 448 с.

17. **Бобович, Б. Б.** Переработка отходов производства и потребления : справочное пособие / Б. Б. Бобович, В. В. Девяткин ; под ред. д-ра техн. наук, проф. Б. Б. Бобовича. – Москва : «СП Интермет Инжиниринг», 2000. – 496 с.

18. **Вавельский, М. М.** Защита окружающей среды от химических выбросов промышленных предприятий / М. М. Вавельский, Ю. М. Чебан. – Кишинев : Штиинца, – 1990. – 200 с.

19. **Пальгунов, П. П.** Утилизация промышленных отходов / П. П. Пальгунов, М. В. Сумароков. – Москва : Стройиздат, 1990. – 352 с.

20. **Пурим, В. Р.** Бытовые отходы. Теория горения. Обезвреживание. Топливо для энергетики / В. Р. Пурим. – Москва : Энергоатомиздат, 2002. – 112 с.

21. **Родионов, А. И.** Технологические процессы экологической безопасности / А. И. Родионов, В. Н. Клушин, В. Г. Систер. – Калуга : Изд-во Н. Бочкаревой, – 2000. – 800 с.

22. **Твёрдые** бытовые отходы (сбор, транспорт и обезвреживание). Справочник / В. Г. Систер и др. – Москва : АКХ им. К. Д. Памфилова, 2001. – 316 с.

23. **Тимонин, А. С.** Основы расчёта и конструирования химико-технологического и природоохранного оборудования. Справочник в 3-х томах. Т. 2 / А. С. Тимонин. – Изд. 2-е. – Калуга : Изд-во Н. Бочкаревой, – 2002. – 996 с.

24. **Волова, Т. Г.** Полиоксикалканоаты – биоразрушаемые полимеры для медицины / Т. Г. Волова, В. И. Севастьянов, Е. И. Шишацкая. – 2-е изд. – Красноярск : Платина, 2006. – 287 с.

25. **Семчиков, Ю. Д.** Высокомолекулярные соединения : учебник для вузов / Ю. Д. Семчиков. – Москва : Академия, 2005. – С. 256 – 263.

26. **Попов, А. А.** Биоразлагаемые полимерные композиции на основе полиолефинов и природных полимеров / А. А. Попов, А. В. Королева // ЭЖиП: Экология и промышленность России. – 2010. – № 5. Спец. вып.: Биоразлагаемые полимеры: исследования. – С. 37 – 41.

27. **Васнев, В. А.** Биоразлагаемые полимеры / В. А. Васнев // Высокомолекулярные соединения. Сер. Б. – 1997. – Т. 39, № 12. – С. 2073 – 2086.

28. **Буряк, В. П.** Биополимеры – настоящее и будущее / В. П. Буряк // Полимерные материалы. – 2005. – № 11. – С. 8 – 10, 12; № 12. – С. 22, 24 – 27.

29. **Мадюскина, Л. Л.** Биоразлагаемые полимеры и их применение в современной медицине. I. Общие сведения о биоразлагаемых полиэфирах / Л. Л. Мадюскина, А. Я. Полищук, Г. Е. Заиков // Пластмассы. – 1999. – № 9. – С. 43 – 46.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

---

ВВЕДЕНИЕ .....	3
1. ТВЁРДЫЕ БЫТОВЫЕ ОТХОДЫ. УТИЛИЗАЦИЯ И ПЕРЕРАБОТКА .....	4
1.1. Виды твёрдых бытовых отходов .....	5
1.2. Основные методы переработки ТБО .....	6
2. УТИЛИЗАЦИЯ И ВТОРИЧНАЯ ПЕРЕРАБОТКА АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА .....	22
2.1. Зарубежный опыт утилизации автомобилей .....	22
2.2. Утилизация автомобилей в России .....	24
2.3. Технология и оборудование для подготовки металлолома к переплаву .....	25
3. УТИЛИЗАЦИЯ И ВТОРИЧНАЯ ПЕРЕРАБОТКА ЭЛЕКТРОННО-БЫТОВОЙ ТЕХНИКИ .....	35
3.1. Утилизация газовых плит .....	42
3.2. Утилизация мониторов .....	42
3.3. Утилизация холодильников и морозильников .....	49
3.4. Утилизация мобильных телефонов .....	56
4. УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ДРЕВЕСИНЫ .....	62
4.1. Образование, классификация и использование отходов древесины .....	62
4.2. Переработка кусковых отходов древесины в технологическую щепу .....	65
4.3. Производство строительных и конструкционных материалов из отходов древесины .....	68
5. БИОРАЗЛАГАЕМЫЕ ПЛАСТИКИ В УПАКОВОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ .....	73
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	84
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	85



Учебное издание

# РЕЦИКЛИНГ И УТИЛИЗАЦИЯ ТАРЫ И УПАКОВКИ

## Часть 2

КЛИНКОВ Алексей Степанович  
СОКОЛОВ Михаил Владимирович  
МАКЕЕВ Павел Владимирович  
ШАШКОВ Иван Владимирович  
ОДНОЛЬКО Валерий Григорьевич

*Учебное пособие*

Редактор И. В. Калистратова  
Инженер по компьютерному макетированию М. Н. Рыжкова

**ISBN 978-5-8265-1275-3**



Подписано в печать 02.06.2014.  
Формат 60 × 84/16. 5,11 усл. печ. л.  
Тираж 100 экз. Заказ № 281

Издательско-полиграфический центр  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»  
392000, Тамбов, ул. Советская, 106, к. 14.  
Тел./факс (4752) 63-81-08, 63-81-33.  
E-mail: izdatelstvo@admin.tstu.ru