

Бух.ИТИ.  
Кафедра ХТОВ

**ВТОРИЧНАЯ ПЕРЕРАБОТКА  
ПЛАСТМАСС**

**Доц:**

**Ф.Б.Ашуров**

# План:

- ▶ **1. Введение**
- ▶ **2. Строение и свойства наиболее распространенных утилизируемых полимеров**
- ▶ **3. Полиэтилены высокой и низкой плотности**

- ▶ Вторичная переработка (рециклинг) бывших в употреблении пластмасс является важной проблемой для полимерной промышленности Узбекистана. Хотя содержание пластмассовых изделий в отходах относительно невелико (около 7–8 % по весу), низкий удельный вес делает эти отходы хорошо заметными (около 18–20 % по объему). Благодаря высокой стойкости к воздействию окружающей среды данные материалы сохраняются в естественных условиях в течение длительного времени. Однако с точки зрения влияния на окружающую среду утилизация полимерных отходов может рассматриваться как важный экономический фактор, поскольку энергия и материалы поступают в повторное использование. Это позволяет сократить использование естественных ресурсов, снизить выбросы в окружающую среду, уменьшить потребление энергии и, кроме того, дает экономическую выгоду, при этом необходимо, чтобы техника вторичной переработки позволяла получать чистый и дешевый продукт (энергию или материалы).

- ▶ В мире предлагаются и разрабатываются различные стратегии вторичной переработки. В настоящее время наибольший прогресс достигнут в механической и химической переработке и в восстановлении энергии, хотя они различаются по степени распространенности, по своим достоинствам и недостаткам. Механическая переработка с помощью соответствующих установок обеспечивает простое вторичное использование тех же самых материалов с учетом некоторых потерь в их свойствах. Восстановление материалов посредством химической переработки выдает продукт в виде мономеров, из которых получается новое полимерное сырье, а также химические вещества и топливо; однако этот метод требует привлечения значительных ресурсов и специального оборудования. Восстановление энергии позволяет полностью ликвидировать материал после извлечения его энергетического содержания.

- ▶ Утилизация пластиковых отходов является общемировой проблемой из-за воздействия мусора на окружающую среду и экологию планеты. Под давлением национальных законодательств и общественного протеста захоронение полимерных отходов на свалках становится все более непопулярным. Эти факторы, а так же возрастающая экологическая грамотность привели к разработке программ по утилизации изделий из полимерных материалов. В настоящее время предложено несколько путей утилизации пластмассового мусора, среди которых можно назвать переработку биоразлагаемых полимеров, термопереработку, химическую переработку и вторичное использование полимерных материалов. Для вторичного использования утилизированных пластмасс достаточно стимулов: экологический аспект, спрос потребителей, требования законодательства и низкая стоимость

- ▶ Перед вторичной переработкой пластмассы должны быть разделены по типу полимерных материалов. В 1990х гг. Общество полимерной промышленности США ввело кодирование, которое ныне используется большинством производителей. Код состоит из треугольника с номером и сокращенным названием полимера. Кроме того, используется несколько способов сортировки и идентификации, включая воздушную сортировку, флотацию, пенную флотацию, селективное растворение, инфракрасную спектроскопию в среднем и ближнем диапазонах, рентгеновский анализ и электростатический метод. Присутствие загрязнений также должно учитываться при подготовке к переработке; вода, бумага и металл — самые распространенные примеси из тех, что должны удаляться. Важным свойством полимеров, которое способствует процессу переработки, является их плотность; она используется во флотационных методах

- ▶ Существует несколько способов вторичной переработки пластмасс. Первичная переработка включает в себя повторное использование низкосортных материалов и обрезков (отходов) непосредственно на заводе по переработке отходов. Она применяется по отношению к термопластичным полимерным материалам (термопластам), которые имеют очень низкий уровень загрязнения. Вторичная переработка заключается в разделении, очистке и повторном использовании ба зовых продуктов в виде чистых полимеров или смесей. Для третичной переработки полимерные обрезки подвергаются химической обработке в целях получения таких субстанций, как мономеры, химикаты или топливо. Наконец, полимерные отходы можно сжигать с восстановлением энергии. Строение полимера и способ его использования для изготовления конкретных изделий диктует тип переработки.

- ▶ Свойства некоторых полимеров существенно ухудшаются при загрязнении в составе полимерной композиции, поэтому они должны быть полностью отделены от полимеров других типов. Многие полимерные материалы не плавятся и их нельзя переработать таким способом; другие могут быть разложены до исходного мономера нагреванием. В первой главе мы представим информацию о строении и важнейших свойствах наиболее распространенных утилизируемых полимерных материалах. Существуют и другие полимеры, которые можно подвергать вторичной переработке, но их немного, поэтому здесь ограничимся только краткими сведениями о деградации этих материалов. Кроме того, мы обсудим свойства основных сополимеров и смесей на их основе. Мы коснемся наиболее важных способов вторичной переработки, которые обсудим в последующих главах.



- ▶ Полиэтилен (ПЭ) — это термопласт, относящийся к семье полиолефинов, и его доля в полимерных отходах является самой значительной. Свойства ПЭ в большой степени зависят от степени разветвленности цепи. В основном ПЭ вы пускают в двух формах, а именно в виде полиэтилена высокой плотности (ПЭВП) и полиэтилена низкой плотности (ПЭНП). ПЭНП производится посредством инициированной радикальной полимеризации этилена. Реакция ведется под высоким давлением (1500–3000 атм) и при высокой температуре (80–300 °С), поскольку для получения продукта с высокой молекулярной массой требуется высокая концентрация мономера. Вследствие экстремальных условий полимеризации, результирующий полимер имеет высокую степень разветвленности за счет коротких и длинных боковых цепей, что ограничивает кристалличность примерно до 50 % и приводит к относительно широкой области плавления. ПЭВП производят с помощью катализаторов Циглера–Натты или компании Phillips Petroleum; этот полимер более линейен и обладает более высокой степенью кристалличности, чем ПЭНП. За последние 20 лет достигнут значительный прогресс в разработке новых катализаторов.

- ▶ Новый класс металлоценовых катализаторов привел к улучшенному процессу полимеризации и созданию новых полимеров с управляемыми свойствами. Несмотря на одинаковое химическое строение, разные типы ПЭ образуют ряд материалов с существенно различающимися свойствами ввиду различия по степени разветвленности, по молекулярной массе и молекулярно-массовому распределению. Температура плавления ПЭ относительно низкая, как и следует ожидать от полимеров с гибкими углерод-углеродными связями и дисперсионными неполярными межмолекулярными силами. В литературе много лет обсуждалась проблема температуры стеклования ПЭ и приводились значения от  $-130$  до  $-30$  °C. ПЭ является нерастворимым полимером при комнатной температуре; растворы можно приготовить при нагревании полимера в углеводородах или галогенизированных углеводородах. Степень разветвленности влияет не только на свойства в твердом состоянии, но существенно изменяет поведение расплавов. Присутствие длинных цепей может вызвать подавление тенденции полимерных цепей к образованию зацеплений по сравнению с таковой в более линейных структурах, а это снижает вязкость расплава.

- ▶ ПЭ окисляется при контакте с сильными окислителями, а на воздухе — под действием УФизлучения и при высокой температуре. Деструкция ПЭ происходит при 270 °С, и она дает широкий спектр углеводородов с 1–70 атомами углерода. Главными продуктами разложения являются пропен и 1гексен. Основные свойства ПЭВП и ПЭНП приведены в табл. 1. ПЭ широко применяется благодаря своей низкой стоимости, хорошей перерабатываемости, высокой ударной прочности, отличной химической стойкости и прекрасным электроизоляционным свойствам. Наиболее распространенное применение как ПЭВП, так и ПЭНП находят в качестве упаковочной пленки, главным образом, для пищевых продуктов.

► Таблица 1. Свойства ПЭ

Свойство	ПЭВП	ПЭНП	Литература
Коэффициент теплового расширения, /К	$13 \times 10^{-5}$	$10 \times 10^{-5}$	[9]
Плотность, г/см <sup>3</sup>	0,941–0,965	0,910–0,925	[9]
Диэлектрическая постоянная (1 кГц)	2,32	2,28	[9]
Относительное удлинение при разрыве, %	90–800	20–130	[6]
Температура стеклования, °С	–	$-80 \pm 10$	[10]
Ударная прочность по Изоду, МПа	>110	5,5–96	[9]
Температура плавления, °С	138	113	[6]
Показатель преломления	1,54	1,51	[11]
Предел прочности при растяжении, МПа	17,9–33,1	15,2–78,6	[9]
Модуль упругости при растяжении, МПа	413–1034	55,1–172	[9]