

\* «Материаловедение в полиграфическом и упаковочном производстве»



Курс лекций для бакалавров направления 261700

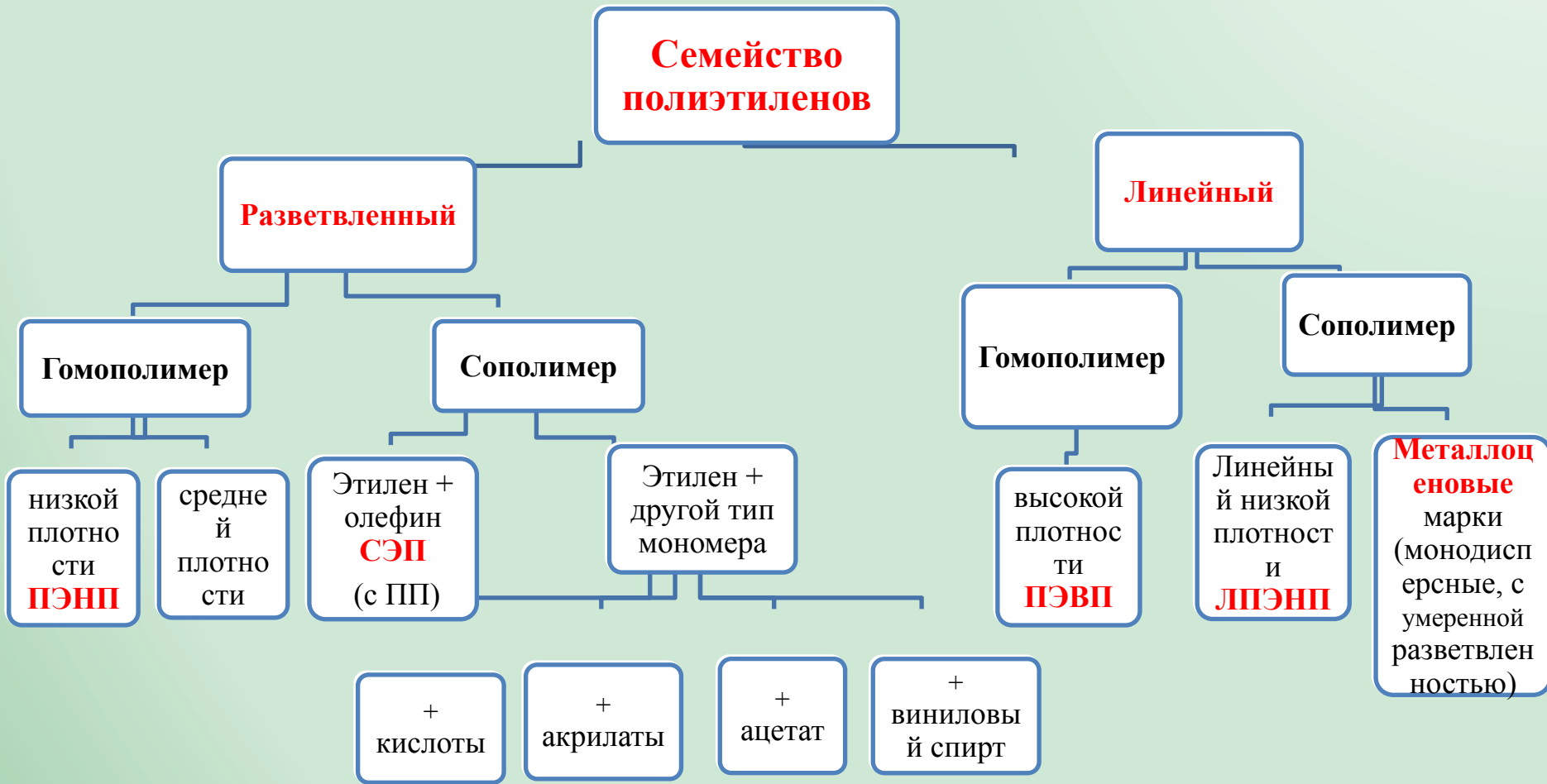
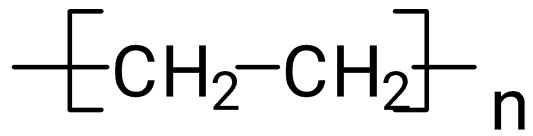
2015 г

## Основные виды упаковочных материалов в России в начале 2000- ных гг



<b>Полимер</b>	<b>Методы переработки</b>	<b>Вид тары и упаковки</b>
	<b>Термопласты</b>	
<b>Полиэтилен низкой плотности ПЭНП</b>	Экструзия, литье под давлением, экструзия с последующим раздувом	Различного вида пленки и покрытия
<b>Полиэтилен высокой плотности ПЭВП</b>	Экструзия, литье под давлением, пневмоформование, прессование, - газопламенное напыление	Потребительская и транспортная тара бутылки, контейнеры ящики, бочки
<b>Полипропилен ПП</b>	Экструзия, литье под давлением, пневмоформование	Пленки, многослойные материалы, контейнеры, баночки
<b>Поливинилхлорид ПВХ и его сополимеры</b>	Вальцевание, прессование, экструзия	Пленки, лотки, поддоны, бутылки
<b>Полистирол ПС, и его сополимеры с бутадиеном</b>	Литье под давлением, прессование, экструзия, вспенивание	Потребительская жесткая тара. сосуды, бутылки, поддоны, упаковка блистеров и косметики
<b>Полиэтилентерефталат ПЭТ</b>	Экструзия с последующей двухосной вытяжкой	Пленки различных типов, бутылки, лотки
<b>Гидратцеллюлоза (целлофан)</b>	Полив на бесконечную ленту	Упаковочный материал для пищевых продуктов, многослойные пленочные материалы

<b>Полиамиды ПА</b>	Полив, экструзия, экструзия с последующей вытяжкой	Химически стойкие эластичные емкости, облицовочный и упаковочный материал, масло- и бензостойкие прокладки
<b>Поликарбонат ПК</b>	Литье под давлением, выдувание, прессование	Формованные детали, пленки, волокна
	<b>Реактопласты</b>	
<b>Фенолоформальдегидные смолы ФФС</b>	Прессование, литьевое прессование, литье под давлением	Коробки, ящики, герметичные емкости для химреактивов
<b>Меламиноформальдегидные смолы МелФС</b>	Прессование, литьевое прессование, литье под давлением	Лотки, посуда для горячей пищи
<b>Ненасыщенные полиэфирные смолы НПЭ</b>	Заливка, прессование, пропитка	Заливка, облицовка, лакирование емкостей из стали. Жести, алюминия
<b>Эпоксидные смолы ЭС</b>	Прессование, литьевое прессование	Покрытия, заливочные лаки, герметики
<b>Фторопласты ФТ</b>	Таблетирование, спекание, вальцевание, прокатка	Листы, пленки, ламинированные материалы



## Основные физико-механические свойства полиэтиленов

Свойство для разных полиэтиленов	ПЭНП	Полиэтилен высокой плотности ПЭВП		СЭП	ЛПЭНП
		Низкого давления (ПЭНД)	Среднего давления (ПЭСД)		
Молекулярная масса, $MM \cdot 10^{-3}$ , г/моль	19 ÷ 48	70 ÷ 350	40 ÷ 70	19 ÷ 48	10 ÷ 30
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	918 ÷ 935	945 ÷ 955	960 ÷ 970	930 ÷ 945	916 ÷ 940
Степень кристалличности, %	55-60	70-80	60-80	-	-
Разветвленность, $l\theta$ , число ответвлений на 1000 атомов углерода	15 ÷ 25 (до 40)	3 ÷ 6		-	Регулируется
Показатель текучести расплава ПТР, г/10мин	0,2 ÷ 20	0,1 ÷ 15	0,1 ÷ 10	0,05 ÷ 0,6	-

Свойство для разных полиэтиленов	ПЭНП	Полиэтилен высокой плотности ПЭВП		СЭП	ЛПЭНП
		Низкого давления (ПЭНД)	Среднего давления (ПЭСД)		
<b>Прочность</b> при растяжении, МПа	10 ÷ 16	22 ÷ 32	25 ÷ 38	22 ÷ 32	13 ÷ 22 выше ПЭНП
<b>Относительное удлинение</b> , %	150 ÷ 1000	400 ÷ 800	200 ÷ 800	600 ÷ 900	400 ÷ 1200
<b>Ударная вязкость</b> , кДж/м <sup>2</sup>	Образцы не ломаются				
<b>Температура плавления</b> , °С	105 ÷ 115	125 ÷ 130	130 ÷ 135	120 ÷ 125	115 ÷ 130
<b>Коэффициент линейного термического расширения</b> , $\beta \cdot 10^5$ , К <sup>-1</sup>	22 ÷ 25	25 ÷ 40	24 ÷ 38	-	-
<b>Прозрачность</b>	Прозрачный, матовый	Матово-молочный		Прозрачный	Прозрачный, матовый
<b>Морозостойкость</b> , °С	- 70				

Полимер	Коэффициент газопроницаемости, *10 <sup>9</sup> (см <sup>2</sup> /(с*Па))			Коэффициент <i>влаго</i> проницаемости, *10 <sup>10</sup> (г/см*ч*Па)
	по азоту	по кислороду	по оксиду углерода	
<b>ПЭНП</b>	1,05	2,60	12,20	0,2-0,4
<b>ПЭВП</b>	0,06	0,19	0,73	0,06-0,20

**ПЭНП:** получен *при высоком давлении*, обозначается цифрой **1**.

**ПЭВП:** получен *при низком давлении* – обозначается цифрой **2**.

**ПЭНП** плохо склеивается

**ПЭВП** хорошо сваривается



<b>Плотность кг/м<sup>3</sup></b>	<b>900 ÷ 909</b>	<b>910 ÷ 916</b>	<b>917 ÷ 921</b>	<b>922 ÷ 926</b>	<b>927 ÷ 930</b>	<b>931 ÷ 939</b>
<b>Группа плотности</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>

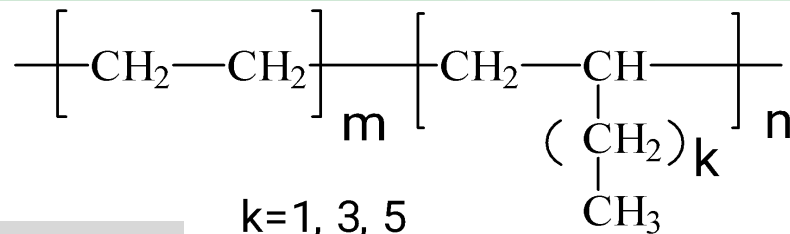
<b>Марка ПЭНП 153-03-003</b>	<b>1</b>	<b>53</b>	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>003</b>
<b>Расшифровка марки</b>	<b>Высокое давление при синтезе</b>	<b>Трубчатый реактор</b>	<b>Смешение партий на холоду</b>	<b>3 группа плотности: 917 ÷ 921 кг/м<sup>3</sup></b>	<b>ПТР, увеличенный в 10 раз: 0,3г/10мин</b>

<b>Марка ПЭВП 273-81</b>	<b>2</b>	<b>73</b>	<b>81</b>
<b>Расшифровка марки</b>	<b>Низкое давление при синтезе</b>	<b>Газофазный метод,</b>	<b>Добавлен термостабилизатор черного цвета</b>

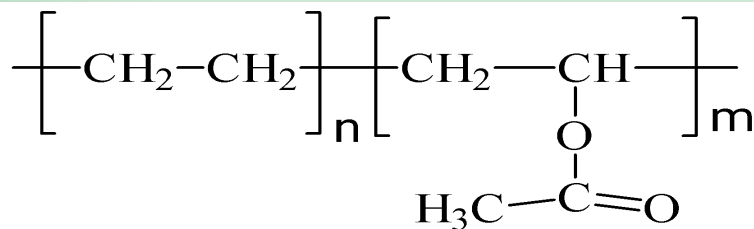
<b>Марка ПЭВП 273-81</b>	<b>2</b>	<b>73</b>	<b>81</b>
<b>Расшифровка марки</b>	<b>Низкое давление при синтезе</b>	<b>Газофазный метод, трубчатый реактор</b>	<b>Добавлен термостабилизатор черного цвета</b>

## Сополимеры этилена

**Линейный полиэтилен  
низкой плотности ЛПЭНП**



легко воспринимает полиграфические краски



**Статистические сополимеры  
этилена с винилацетатом:  
СЭВА (СЭВИЛЕНы)**

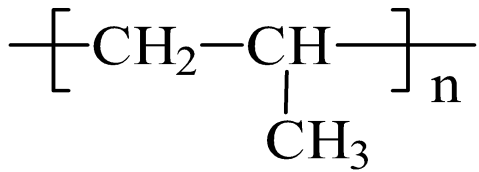
улучшает термосвариваемость и прилипаемость

	<b>ПЭНП + СЭП</b>	<b>ПЭВП + ПЭСП</b>	<b>ЛПЭНП</b>	<b>СЭВИЛЕН</b>
<b>Таро упак овоч ная прод укци я на основ е ПЭ</b>	<p><b>Пленки</b> растягивающиеся и термоусадочные для индивидуальной и групповой упаковки.</p> <p><b>Пакеты</b> бытового, <i>медицинского</i>, с/х назначения, для замороженных продуктов.</p> <p><b>Мешки для мусора.</b> Мягкие <b>бутылки</b>, укупорочные средства.</p>	<p><b>Бутылки</b> для чистящих средств, шампуней, моторных масел, воды. <b>Фляги, бутылки, бочки для химических реагентов.</b> <b>Ящики, контейнеры и мешки для химических удобрений, ведра для строительных материалов,</b> цементных растворов и красок, корзины, укупорочные средства. <b>Пленки для вкладышей</b> в мягкую тару и др.</p>	<p>Сверхтонкие <b>стрейч-пленки</b>, липкие <b>клинг-пленки</b> для пищевых продуктов, <b>термоусадочные пленки</b> для упаковки мясных продуктов. <b>Транспортная мешочная тара</b> и пакеты повышенной прочности.</p>	<p><b>Созкструдированные термосвариваемые</b> слои и пленки с ПЭТ, целлофаном, ПП, пленки для упаковки сыра. Пленки с/х и медицинского назначения, упаковка для льда. <b>Стрейч-пленка для оборачивания мяса и птицы.</b></p>

## **Недостатки полиэтиленов:**

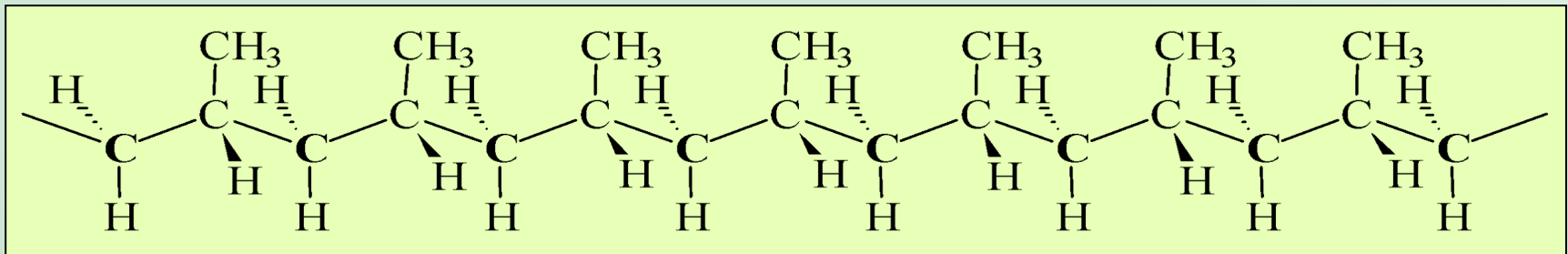
- **Низкая масло- и жиростойкость.** Причина – диффузия низкомолекулярных фракций ПЭ в упакованные продукты.
- **Высокая газопроницаемость.** Снижается ориентацией и получением сополимеров с алкенами.
- **Плохая склеиваемость** в связи с неполярностью. Устраняется в сополимерах с винилацетатом.
- **Появление запаха в средах,** которые контактируют с полимером. Причина запаха – низкомолекулярные продукты окисления, которые образуются в процессе переработки полиэтилена в изделия. Устраняется введением антиоксидантов.

**75% всех упаковочных пленок из термопластов - это пленки из ПЭНП**



# Полипропилен

## Фрагмент макромолекулы полипропилена



<b>Марка <span style="color: red;">ПП</span> 21180-16, Т20</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>180</b>	<b>16</b>	<b>Т 20</b>
<b>Расшифровка марки</b>	<b>Получен при низком давлении</b>	<b>Гомополимер</b>	<b>ПТР, увеличенный в 10 раз</b>	<b>16% антикоррозионной добавки</b>	<b>20% талька</b>

# Свойства полипропилена

Свойство марок полипропиленов	21060	01020	21060-2 9, А20
Молекулярная масса, $\text{MM} \cdot 10^{-3}$ , г/моль	60 ÷ 200		10 ÷ 30
Плотность, $\text{кг/м}^3$	910	900	1050
Степень кристалличности, %	73 ÷ 75 (мах до 85)		-
Показатель текучести расплава ПТР, г/10мин	2 ÷ 6		6
Прочность при растяжении, МПа	30	32	21
Относительное удлинение, %	100	300	До 50
Ударная вязкость, $\text{кДж/м}^2$	25 ÷ 40	25 ÷ 40	До 20
Температура плавления, $^{\circ}\text{C}$	165 ÷ 170		-
Морозостойкость, $^{\circ}\text{C}$	- 15 ÷ - 20	- 20 ÷ - 25	-60

## Тароупаковочные изделия на основе полипропилена

### Экструзионные пленки

**Традиционные прозрачные:** упаковка фармацевтических товаров, продуктов питания, сигарет, текстильных изделий, самоклеящихся этикеток.

**Матовые :** самоклеящиеся этикетки, упаковка кондитерских изделий, конфет, шоколада.

**Двухосноориентированные** - для гибкой упаковки закусок и кондитерских изделий: печенья, бисквитов, баранок, сухарей, хлеба, булочек, баранок.

**Двухслойные с бумагой:** пакеты для кондитерских изделий, сухого корма животных.

**Ламинированные на картон:** упаковка продуктов для разогрева в микроволновых печах.

**Ленты и волокна** для дальнейшего изготовления тканых мешков и гибких промежуточных насыпных контейнеров для транспортировки продуктов (мука, сахар, орехи, какао, сухие смеси), химических веществ, удобрений.

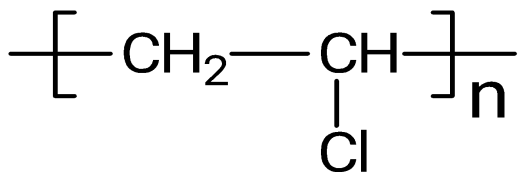
### Экструзионные и выдувные

**Бутылки и тонкостенные контейнеры** для розлива горячих жидкостей и стерилизации паром. Бутылочки для парфюмерии, косметики, средств гигиены.

### Литьевые изделия

**Тонкостенные баночки,** контейнеры, укупорочные средства для масла, майонеза, маргарина, йогуртов, кремов, косметики, мазей.

**Ящички** с ячейками, корзинки и др.



## Поливинилхлорид (ПВХ)

Без пластификаторов и стабилизаторов не токсичен вплоть до 80°C, поэтому применяется в медицине и пищевой промышленности.

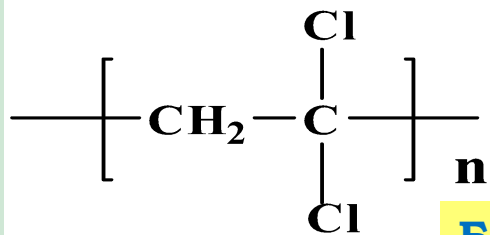
Молекулярную массу оценивают по константе Фикентчера  $K_{\Phi}$

Степень полимеризации  $n$  равна:  $n = 40 (K_{\Phi} - 40)$

Марка ПВХ-С 7058 М	ПВХ-С	70 ( $n = 1200$ )	58	М
Расшифровка марки	Получен в суспензии	Минимальная величина константы Фикентчера	Группа насыпной плотности = 5 (0,45-0,60г/см <sup>3</sup> ). Остаток на сите -8%	Предназначен для мягких изделий (Ж-для жестких, П-для паст)



Свойства	<b>Винипласт</b>	<b>Пластикат</b>
	<i>Жесткий</i> непластифицированный ПВХ+стабилизаторы +смазки. $T_{\text{дестр}}$ повышена до 180-220°C. Светостойкий	ПВХ + пластификаторы (до 50%, себацинаты, фталаты, трикрезилфосфат). Морозостойкий.
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1380-1400	1100-1300
Прочность при растяжении, МПа	35-65	10-18
Прочность при изгибе, МПа	100-120	-
Относительное удлинение при разрыве, %	10-50	100-250
Твердость по Бринеллю, МПа	130-160	1-6
Морозостойкость, °С	До - 10	До - 50
Температура эксплуатации, °С	-	- 29 ÷ + 66
Т - ра термосваривания , °С	143-160	



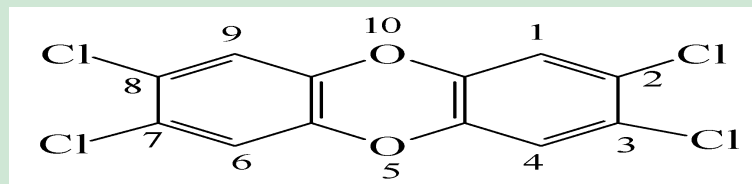
## Поливинилиденхлорид ПВХ

Барьерные свойства ПВХ по кислороду O<sub>2</sub> одни из лучших

Молекулярная масса сополимеров ПВХ составляет от 65 000 до 150 000 г/моль.

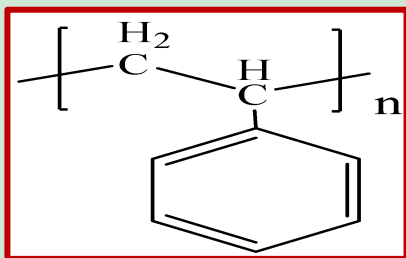
## Недостатки ПВХ

«Диоксины» образуются при сжигании побочных продуктов *ЦБП, ПВХ, линолеума, упаковочного картона* и др.



«Диоксины» разрушают гормональную систему человека, что приводит к иммунодефициту, особенно к росту женских болезней, детской смертности и инвалидности, снижению рождаемости. 25 мая 2002г. в Стокгольме была принята Глобальная международная конвенция о запрещении использования 12 особо опасных стойких органических загрязнителей.

Вид упаковки или тары	Упаковываемый товар
<b>Пищевые продукты</b>	
Бутылки	Молоко, молочные продукты, пищевое масло, алкогольные и безалкогольные напитки
Пленки для заворачивания (стрейч-, клинг-пленки), термоусадочные пленки	Масло, свежее мясо (сохраняется красный цвет и свежий вид), замороженное мясо, сыр, рыба, птица, свежие овощи, фрукты, зелень. Сохраняют естественные запахи продуктов
<b>Изделия медицинского назначения</b>	
Блистерная упаковка	Медицинские устройства, фарм продукты, лекарства
Мешки и пакеты	Кровь, внутривенные растворы (выдерживают стерилизацию гамма-лучами)
<b>Непищевые продукты</b>	
Блистерная упаковка	Оборудование, игрушки
Бутылки	Туалетные принадлежности, косметика, шампуни, бытовые товары
Оберточный материал или вкладыши	Картонные коробки и бутылки для различных продуктов
<b>Все виды упаковываемого товара</b>	
ПВДХ покрытия	Покрытия на бумагу, целлофан, на внутреннюю поверхность емкостей контейнеров. Защита от проникновения жира, кислорода, запахов и влаги



## Полистирол ПС и его сополимеры

ПДК стирола в полимере = 0,05мг/л

**Достоинства ПС:** стабильность размеров (маленькая усадка 0,4-0,6%), идеальная оптическая прозрачность (до 90% светопропускания), блеск поверхности, хорошая окрашиваемость матовыми и прозрачными красителями, легкость нанесения печати, хорошая склеиваемость, устойчивость к пищевым кислотам и щелочам, отсутствие запаха и вкуса у пленок ПС.

**Недостатки ПС:** хрупкость, токсичность, невысокие барьерные свойства, сорбция пыли на поверхности, невозможность упаковки крупных и тяжелых товаров.

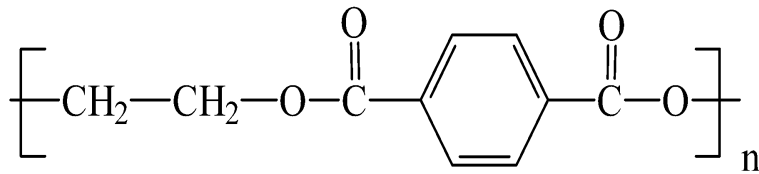
Марка УПМ-070 3 Э	УП	М	07	03	Э
Расшифровка марки	Удароп рочны й ПС	Получен полимеризаци ей в массе (без растворителя)	Ударная вязкость (ударная прочность) равна 7 кДж/м <sup>2</sup>	Остаточное содержание мономера равно 0,3%	Рекомендуе мый метод переработки - экструзия

<b>Свойства</b>	<b>ПС</b>	<b>УПС</b>	<b>АБС</b>	<b>МСН</b> (сополимер МА, стирола и АН)
<b>Плотность, кг/м<sup>3</sup></b>	1050	1060	1040	1040
<b>Прочность при растяжении, МПа</b>	35-40	27-56	36-60	-
<b>Прочность при изгибе, МПа</b>	55-70	55-60	50-87	90-100
<b>Прочность при сжати, МПа</b>	80-100	-	46-80	-
<b>Относительное удлинение при разрыве, %</b>	1,0-1,5	1,0-2,0 (до 12-45)	1,0-3,0 (до 12-70)	-
<b>Твердость по Бринеллю, МПа</b>	150	110	100	170
<b>Прозрачность</b>	прозрачный	непрозрачный	непрозрачный	-

**Полистиролы перерабатываются в изделия всеми известными способами.**

<b>Полимер</b>	<b>Тип упаковки и упаковываемый товар</b>
<b>Прозрачный ПС</b>	Пленки для упаковки свежих фруктов, бутылочки, баночки для пилюль, блистерная упаковка для таблеток, капсул. Одноразовая посуда, однопорционные стаканчики для приправ и кремов. <b>Хрустально прозрачные</b> и блестящие контейнеры и коробочки для ювелирных изделий, игрушек, аппаратуры, косметики, часов и т.д.
<b>УПС</b>	Емкости для молочных продуктов
<b>Вспененный ПС</b>	Лотки, коробки для пищевых продуктов (яиц, мяса, овощей), защитные чехлы и упаковка для бытовой техники и оборудования.

**Цена ПС** и его сополимеры выше цен ПЭНП и ПП на несколько тыс. руб за тонну.



## **Полиэтилентерефталат ПЭТ**

**Имеет узкое молекулярно-массовое распределение**

**Хорошо совмещается с другими материалами и используется для изготовления многослойных пленок: ПЭТ+ПА, ПЭТ+фольга, ПЭТ+ПВДХ+ПЭ.**

**Хорошие барьерные свойства по отношению к кислороду и парам воды. Однако сильно газированные напитки (пиво) следует хранить в ПЭТ-таре не более *2-4 месяцев***

**Не оказывает токсичного действия на организм, поэтому разрешен для изготовления пищевой упаковки**

**Бутыли производят двухстадийным способом: сначала отливают *преформы* литьем под давлением, затем раздувают эти преформы до нужных размеров**

<b>Свойство полимеров</b>	<b>ПЭТ</b>	<b>ПК</b>
Молекулярная масса, $\text{MM} \cdot 10^{-3}$ , г/моль	15 ÷ 40	28 ÷ 200
Плотность, $\text{кг/м}^3$	1400	1200
Степень кристалличности, %	мах до 50	аморфный
Прочность при растяжении, МПа	50 ÷ 70	56 ÷ 78
Прочность при изгибе, МПа	80 ÷ 120	80 ÷ 110
Относительное удлинение, %	2 ÷ 4	90
Ударная вязкость, $\text{кДж/м}^2$	30	120 ÷ 140
Температура плавления, $^{\circ}\text{C}$	265	230
Морозостойкость, $^{\circ}\text{C}$	- 50	- 100

**Изделия из ПЭТ:** бутылки, лотки, прочная возвратная тара, стерильная медицинская упаковка. Из кристаллизующегося ПЭТ выпускают тару для СВЧ-печей.

**Области применения ПЭТ :** упаковка, сыра, вареного мяса, холодных закусок, душистых веществ и специй (арахисовое масло, горчица и др.); слабо- и безалкогольные напитки с возможностью горячего розлива, сиропы, коктейли.



*Спасибо*

The word "Спасибо" is written in a green, cursive script. The letters are formed by a thick, glossy green ribbon that loops and curves. A small, realistic-looking ladybug with a red body and black spots is perched on the upper part of the letter "о". The background is a soft, light green gradient.

