



# Биополимеры

Настоящее и будущее

# Введение

Больше 99% всех полимеров и пластмасс делают из нефти, газа или угля. А значит, все, что окружает нас, — упаковка, стройматериалы, детали автомобилей, ткани, электронные устройства — сделаны из невозобновляемых ресурсов.

Однако, уже с 60-ых годов прошлого века полимерные материалы научились получать из картофельного крахмала, пшеницы, сахарного тростника и т.п., но тогда они уступали по технологическим свойствам и стоили дорого.

Сейчас в связи с тем, что цена на нефть высока, запасы ее истощаются, а также из-за обостряющейся экологической обстановки, производство полимеров из растений выросло в несколько раз. Многие эксперты считают, что биопластики переживают бум.

# Человек и мусор – кто кого?

На каждого жителя нашей планеты приходится в среднем около 1 т мусора в год



# Из истории утилизации мусора

- 200 тыс. лет до н. э. Первые мусорные кучи, найденные археологами.
- 400 лет до н. э. В Афинах основана первая в истории муниципальная свалка.
- 200 год В Риме возникла городская служба по уборке мусора.
- 1315 год После долгого перерыва в Париже возобновился вывоз мусора.
- 1388 год Английский парламент запретил бросать мусор на улицы .
- 1775 год В Лондоне появились первые мусорные баки.
- 1800 год Муниципалитет Нью-Йорка приказал выгонять на улицы города свиней, которые должны были поедать мусор.
- 1897 год В Нью-Йорке открыт первый центр по сортировке и переработке мусора.
- 1932 год В США изобретены машины, прессующие мусор.
- 1942 год В СССР и США начинается массовый сбор мусора для переработки в военных целях.
- 1965 год Конгресс США принимает Акт об утилизации твёрдых отходов.
- 2000 год Страны ЕС поставили задачу добиться утилизации и повторного использования 50% отходов.



# Причины увеличения количества мусора

- рост производства одноразового использования;
- увеличение количества упаковки;
- повышение уровня жизни, позволяющее пригодные к использованию вещи заменять новыми.



# Куда девается мусор?





# Способы переработки ТБО:

## 1. Захоронение



## 2. Сжигание



## 3. Сортировка и переработка



# Захоронение – самый антиэкологичный вариант

При обычной свалке из неё вытекают токсичные инфильтрационные воды, а в атмосферу попадает метан, который способствует усилению парникового эффекта (сегодня метан «берёт на себя» 20 % эффекта потепления климата)







# Сжигание ТБО.

1 т мусора может  
дать 400 кВт-час.  
Однако даже при  
самой  
совершенной  
технологии  
сжигания эти  
заводы загрязняют  
атмосферу.



# Сортировка и переработка

- самый экологичный вариант  
обращения с ТБО



На переработку, нужны инвестиции, чтобы мусороперерабатывающие заводы становились экономически рентабельными.

Перерабатывать ТБО выгодно, на вторичное сырьё - бумагу, стекло, пластик, алюминий, цветные металлы и др. - всегда есть спрос.

# Соотношение видов утилизации ТБО в различных странах, %

| Вид утилизации          | США | Великобритания | Япония | Россия |
|-------------------------|-----|----------------|--------|--------|
| Захоронение на свалках  | 84  | 90             | 57     | 81     |
| Сжигание                | 15  | 9              | 40     | 10     |
| Переработка в удобрения | -   | 1              | 2      | 6      |
| Прочие                  | 1   | -              | 1      | 3      |



# **БИОПЛАСТИК – ЖИЗНЬ БЕЗ МУСОРА**





## Определение биопластика

- **Биопластмассы или органические пластмассы** — форма пластмасс, полученных из возобновимых источников биомассы, таких как растительное масло, кукурузный крахмал, крахмал, или микробиоматерия, а не пластмасс ископаемого топлива, которые получены из нефти.
- На фоне популярности экологических идей еще в 60-е гг. XX в. появились полимерные материалы на основе возобновляемых ресурсов, то есть из растений. Сырьем служат кукуруза, картофельный крахмал, пшеница, сахарный тростник и т. п. Многие годы их производство было минимальным. Совокупность различных факторов: взлет цен на нефть, повышение интереса во всем мире к возобновляемым ресурсам, рост обеспокоенности в связи с выбросами парниковых газов, особое внимание к утилизации отходов – возродили заинтересованность в биополимерах и эффективных способах их производства. Как результат – последние 5 лет биопластики переживают настоящий бум.



# Терминология

*Биополимерами* называют длинные молекулы, состоящие из одинаковых звеньев, которые встречаются в природе и входят в состав живых организмов, - белки, нуклеиновые кислоты, полисахариды и прочие.

Но речь в данной презентации пойдет не о них, а о полимерах, сделанных из растительного сырья – именно их и называют биопластиками. Существует два основных типа биополимеров: полимеры, происходящие из живых организмов, и полимеры, происходящие из возобновляемых ресурсов, но требующие полимеризации. Оба типа используются для производства биопластиков.

При этом стоит отметить важное свойство – «природное» происхождение биопластиков не означает, что все они биоразлагаемы и безопасны для окружающей среды.

# Важное свойство биопластиков

Это важный момент. Например, из углеводородного сырья научились получать и прочные полимеры, которые не разлагаются в почве больше 200 лет, и биоразлагаемые – они содержат специальные добавки, благодаря которым распадаются за 180 дней на компоненты, нетоксичные для растений (поэтому их часто также называют биопластиками).

А из растений можно получить и стандартные блоки, из которых делают обычные полимеры (этилен, амид и другие), а можно и биоразлагаемые пластики.

Скажем, полиэтилен, используемый для упаковки, получают гидролизом и последующей ферментацией сахара из сахарного тростника; полиамид, из которого делают ткани, выделяют из касторового масла, а его получают из растения клещевины. И оба эти полимера ничем не отличаются от своих собратьев, сделанных из нефти. *Разница только в том, что сырье на следующий год вновь вырастет на поле.* Или в море - ведь сырье может иметь и животное происхождение, к примеру хитозан (его добавляют в некоторые пластики) получают из хитина панциря ракообразных.



## Полимерные материалы из растений

- Соевые бобы и зерно — две самых больших группы зерновых культур, служащих источником биомассы для пластиков, распространены по всему миру и выращиваются на всех континентах, кроме Антарктиды. Второе место в мире по производству зерна и четвертое – по производству сои занимает Китай. Использование биомассы в изготовлении пластмасс поддерживает экономику сельских общин. Соевые бобы и зерно – две важнейшие зерновые культуры в экономике США, которые являются основным источником дохода для сельскохозяйственных предприятий.
- Полимеры биопластиков производятся по одной из следующих технологий:
  - - Прямое производство микроорганизмами или генетически модифицированными зерновыми культурами, например, полиоксиалканаты.
  - - Мономеры на биооснове, получаемые в результате ферментации с последующей полимеризацией, например, полимолочная кислота.
  - - Природные полимеры, химически модифицированные, но сохранившие основу биомассы, например, целлюлозный полимер.
  - - Переработанное сырье, производящее биомассу, которая впоследствии полимеризуется нефтепродуктами, например, полиуретаны, ненасыщенные полиэферы.

Соя



Пшеница





# Различия

Биополимеры, существующие/создаваемые в живых организмах

| Биополимер   | Естественный источник                   | Характеристика  |
|--------------|---|---|
| Полиэфиры    | Бактерии                                | Такие полиэфиры получают путем естественных химических реакций, производимых определенными видами бактерий.                         |
| Крахмал      | Зерно, картофель, пшеница и др.         | Такой полимер – один из способов хранения углеводов в растительных тканях. Он состоит из глюкозы. В тканях животных он отсутствует. |
| Целлюлоза    | Древесина, хлопок, зерно, пшеница и др. | Этот полимер состоит из глюкозы. Он является основным компонентом оболочки клетки.  |
| Соевый белок | Соевые бобы                             | Протеин, содержащийся в соевых растениях.   |

Молекулы из возобновляемых природных ресурсов могут быть полимеризованы для использования при производстве биоразлагаемых пластиков.

Естественные источники, полимеризуемые в пластмассы

| Биополимер       | Естественный источник          | Характеристика   |
|------------------|--------------------------------|--|
| Молочная кислота | Свекла, зерно, картофель и др. | Производится путем ферментации исходных продуктов, содержащих сахар, например, свеклы, и переработки крахмала зерновых культур, картофеля или других источников крахмала. Полимеризуется для получения полимолочной кислоты, полимера, который применяется в производстве пластмасс. |
| Триглицериды     | Растительные масла             | Формируют большинство липидов, входящих в состав всех растительных и животных клеток. Растительные масла – один из возможных источников триглицеридов, которые могут быть полимеризованы в пластики.   |

# История развития биопластиков

Еще до возникновения нефтяной проблемы предприниматели начали поиск альтернативного сырья для полимеров. Корни этих поисков уходят в 30-е годы, когда промышленный автогигант Генри Форд исследовал возможность использования пластика на основе соевых культур для различных комплектующих своих автомобилей. Только в последнее десятилетие исследовательские проекты в институтских лабораториях по всему миру предлагали применять самые различные растения: от привычных нашему сознанию картофеля, бобовых, пшеницы, свеклы до более экзотических: тапиоки, древесины тополя, осины.

Первые эксперименты с биоразлагаемыми полимерами были неудачными, в результате чего ряд проектов по их производству был закрыт. Они не были по-настоящему биоразлагаемыми и подвергались серьезной критике со стороны Greenpeace и Федеральной торговой комиссии США. Кроме того, вялый маркетинг и слабые продажи привели к тому, что многие фирмы, занимающиеся этим бизнесом, были просто выкинуты с рынка.

# История развития биопластиков

Сейчас, спустя 30 лет после зарождения «зеленой химии», перспективы роста потребления биоразлагаемых полимеров улучшаются. Сформировалась рыночная ниша, появились рентабельные предприятия, да и свойства новых биополимеров стали приближаться к характеристикам традиционных пластиков - полистиролу, полипропилену и т.д.

Основным препятствием для развития биопластиков в США было отсутствие в стране инфраструктуры переработки отходов и изготовления компостов. Позже они прислушались к иному подходу к этим вопросам в европейских странах. Во-первых, там существует более разветвленная инфраструктура компостирования, а население с пониманием относится к важности утилизации отходов и готово переплатить за упаковку, если она, по сравнению с другими, более экологична. Во-вторых, европейское законодательство благоволит к использованию биоразлагаемых упаковочных материалов, пытаясь скоординировать директивы по переработке отходов, их захоронению и созданию системы компостов.

# Для чего нужно компостирование

Использование биоразлагаемых пластиков является особенно целесообразным в тех случаях, когда длящееся присутствие продукта в грунтах или в биоотходах приносит дополнительную выгоду – либо с экономической, либо с экологической точки зрения. Например, если требуется недорогим способом отделить пакеты для биоотходов, изготовленные из обычного пластика, от их содержимого, то единственным вариантом является сжигание.

Однако с учетом того, что биоотходы примерно на две трети состоят из воды, такое решение является неоправданным в связи с большими затратами энергии. А вот если использовать пакеты из биоразлагаемого пластика, то необходимость в разделении отпадает совсем, поскольку в этом случае биоотходы можно отправлять в переработку вместе с пакетом.



# Производство биопластиков из растений

Возникает очевидный вопрос – как, например, сделать из кукурузы пластиковую бутылку для молока? Для этого выращивают специальные сорта ( в основном на биомассу идет кукуруза, пшеница, картофель, сахарный тростник и свекла), потом собирают урожай, извлекают из биомассы крахмал (полисахариды) или сахар. Если это масличные культуры (клевещина, соя, рапс), то выделяют триглицериды — сложные эфиры глицерина. Затем начинаются очистка и переработка, включающие не только химические стадии, но и биотехнологические — с участием ферментов и микроорганизмов.

Каждому конечному продукту соответствует своя технологическая цепочка. Конечный продукт — или мономер для дальнейшей полимеризации (это может быть обычный этилен, амид, эфир, молочная кислота), или чистая природная биомолекула, пригодная для дальнейшей модификации (например, крахмал).

# Производство биопластиков из растений

Если на конечной стадии получился обычный полиэтилен (или что-то подобное), то его легко смешать с полиэтиленом, полученным из нефти. Это часто и делают крупные компании, вводя для такого пластика специальную маркировку или название (Polyethylene Green и т. п.).

Когда вы видите на бутылке эмблему биопластиков, это, скорее всего, означает, что часть мономера в составе полимера, из которого она сделана, получена из биомассы. Например, в 2009 году компания «Кока-кола» выпустила «растительную бутылку», но в ней пока только 30% полимера получено из биомассы. В свете последних модных веяний это можно оценить



# Проблема утилизации

Из чего бы не были сделаны традиционные полимеры, проблема утилизации всегда актуальна. Согласно современным тенденциям, полиамид, полученный из касторового масла, или полиэтилен и полиэтилентерефталат из биомассы надлежит собирать и отправлять на переработку, точно так же, как и их нефтяные аналоги. Если переработка и повторное использование невозможны, тогда их сжигают.

Некоторые компании идут другим путем, смешивая традиционные полимеры с природными молекулами. Например, компания «Roquette» модифицировала крахмал из пшеницы, пришив к нему гидрофобные группы, и стала добавлять его к полиэтилену или полипропилену. Получается композитный материал, из которого делают упаковку для косметики, стаканчики для йогуртов и даже панели автомобиля.

## БИОПЛАСТИКИ



АНАЛОГ  
ТРАДИЦИОННОГО  
ПЛАСТИКА: PE, PET,  
PVC, PA

Полимеры, изготовленные путем глубокой переработки растительного сырья и обладающие свойствами традиционных пластиков (аналог PP создан недавно)

БИОРАЗЛАГАЕМЫЕ  
РАСТИТЕЛЬНЫЕ :  
PLA, PHA и т.п.

Полимеры, изготовленные из растительного сырья и соответствующие требованиям директивы ЕС по срокам разложения (6 мес)

## ТРАДИЦИОННЫЕ ПОЛИМЕРЫ

PE, PP, PS И и т д  
Срок разложения  
до 100 лет

Полимеры, изготовленные из нефтепродуктов, срок распада в природе – до 100 лет

БИОРАЗЛАГАЕМЫЕ  
благодаря  
ДОБАВКАМ

Полимеры, изготовленные из нефтепродуктов, с добавлением спецдобавок для контролируемого по срокам биоразложения



# Практический интерес

Просто воспроизводить уже известные мономеры не так интересно, тем более что из нефти или газа они все равно пока дешевле. Интересно создавать что-то новое и не наносящее вред окружающей среде. Поэтому огромное число исследователей ставят на биоразлагаемые пластики, полученные из растительного сырья, — собственно, они составляют 80% всего рынка биопластиков.

Название «биоразлагаемые» говорит само за себя — за шесть месяцев почвенные микроорганизмы переработают их до воды, диоксида углерода или метана с остатком максимум 10%, который также можно использовать в компосте. Таких биоразлагаемых биопластиков на рынке довольно много, причем спектр их технологических свойств уже почти перекрыл традиционные полимеры.

Условно их можно разделить на следующие большие группы: *полилактиды (ПЛА)*, то есть полимеры на основе молочной кислоты, образующейся после молочнокислого брожения сахаристых веществ; *полигидроксиалканоаты (ПГА)* — продукты переработки растительного сахара микроорганизмами; материалы на основе крахмала. И другие.

# Свойства крахмала

**Крахмал** — пожалуй, самое распространенное сырье для биоразлагаемых материалов, с ним работают более 30% специализированных предприятий. Конечно, сам он довольно хрупкий, но если в него добавить растительные пластификаторы (глицерин, сорбитол), волокна льна, или полимер молочной кислоты, полученный из кукурузы или свеклы, то это увеличит механическую прочность и пластичность. Модификация гидрофильных ОН-групп делает его устойчивым к влаге. Таким образом, крахмал используют не только в качестве наполнителя, но и модифицируют его, после чего получается полимер, который разлагается в окружающей среде, но при этом обладает свойствами коммерчески полезного продукта.

Изделия из модифицированного крахмала производят на том же оборудовании, что и обыкновенную пластмассу, его можно красить. Правда, его технологические свойства пока уступают полиэтилену и полипропилену, которые он мог бы заменить. И все-таки из крахмала уже делают поддоны для пищевых продуктов, сельскохозяйственные пленки, упаковочные материалы, столовые приборы, сеточки для хранения овощей и фруктов и многое другое.

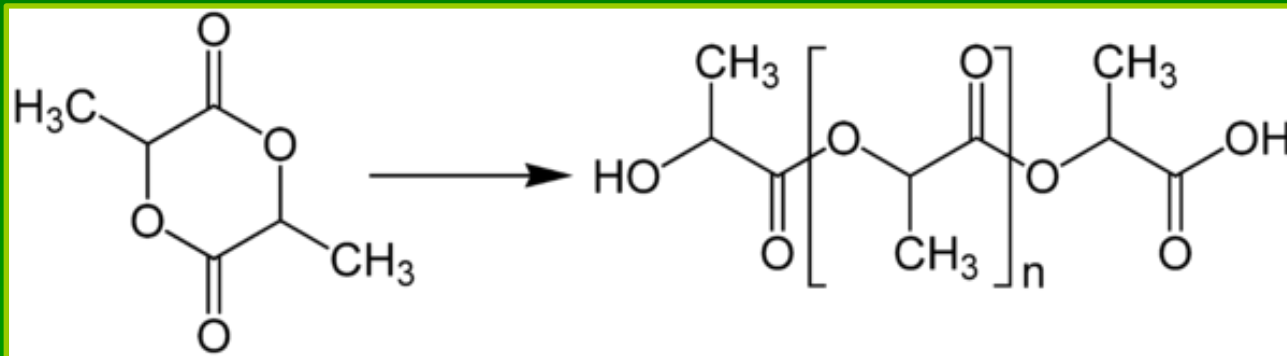
# Полимеры молочной кислоты (ПЛА)

Полилактиды, или полимеры молочной кислоты (ПЛА), которые получают после ферментации сахаров кукурузы или другой биомассы, также используют довольно широко. Из 80 организаций, производящих в различных странах биоразлагаемые пластики или их смеси, полимеры на основе ПЛА делают около 20% компаний. На самом деле ПЛА часто смешивают с крахмалом для лучшего биологического разложения и рентабельности производства.

Полилактиды — яркие и прозрачные, поэтому они могут составить конкуренцию полистиролу и полиэтилентерефталату. Из них производят изделия с коротким сроком службы: упаковки для фруктов и овощей, яиц, деликатесных продуктов и выпечки, а также хирургические нити, используют их как средство доставки лекарств. В полилактидные пленки упаковывают сэндвичи, леденцы и цветы. Существуют ПЛА-бутылки для воды, соков, молочных продуктов.

# Синтез ПЛА

В процессе производства зерно обычно сначала перемалывается для получения крахмала. Затем путем переработки крахмала получают неочищенную декстрозу, которая при ферментации превращается в молочную кислоту.

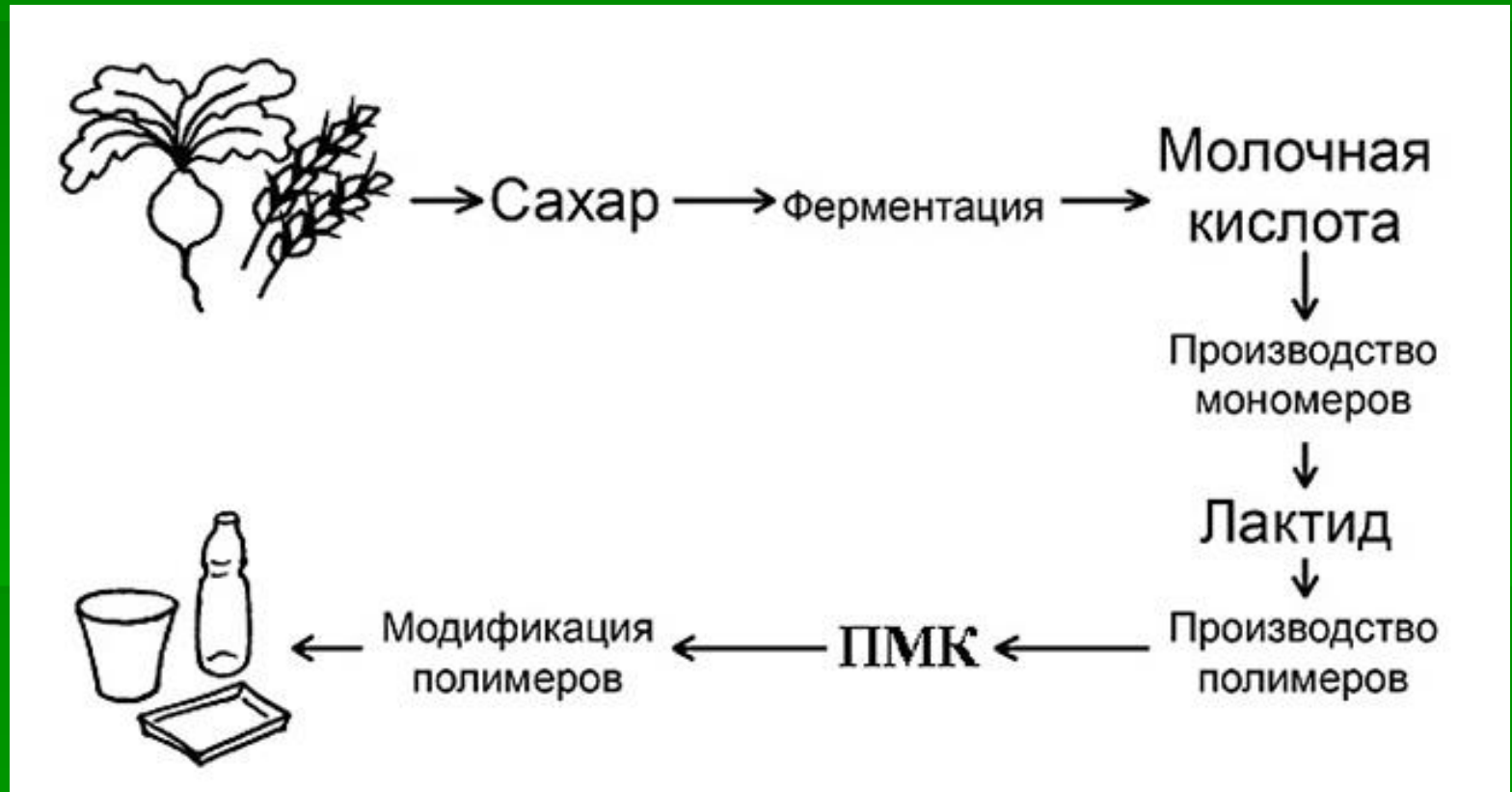


Существует два способа синтеза полилактида: поликонденсация молочной кислоты и полимеризация лактида. В промышленности используется их комбинация. Поликонденсацией молочной кислоты можно получить только низкомолекулярный полилактид, так как в процессе выделяется побочный продукт — вода, отвести которую из реакции сложно, и, поэтому, растущая полимерная цепь разрушается. Получившийся низкомолекулярный полилактид деполимеризуют до димера молочной кислоты, лактида. Полученный лактид полимеризуют при высокой температуре, с добавлением катализатора октаноата олова, получая высокомолекулярный полилактид.



# Синтез ПЛА

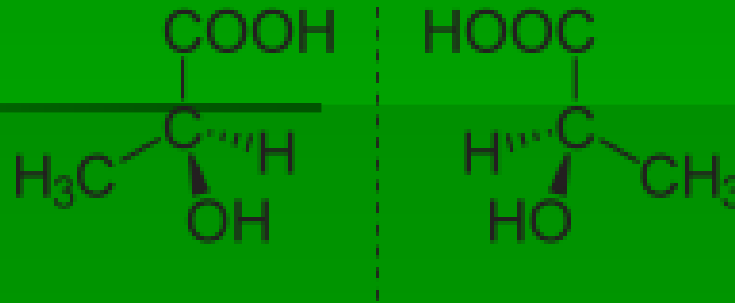
В общем случае, синтез полилактида и получение конечных полиматериалов можно представить в виде следующей схемы:



(ПМК – полимер молочной кислоты)

# Свойства и производство ПЛА

Как молочная кислота, так и лактид, проявляют оптическую активность, то есть существуют в виде двух L- и D-стереоизомеров, являющихся зеркальным отображением друг друга. Полилактид из 100 % L-лактида (**L-ПЛА**) имеет высокую степень стереорегулярности, что придает ему кристалличность. Самая высокая температура плавления у стереокомплекса, состоящего из чистого L-ПЛА и чистого D-ПЛА. Две цепочки сплетаются, и образующиеся дополнительные взаимодействия между ними ведут к повышению температуры плавления (до 220 °С).



При производстве ПЛА в атмосферу выбрасывается на 50 % меньше углекислого газа, чем при производстве полимеров на основе нефти, а использование ископаемых ресурсов меньше на 35 %, при этом использование растворителя не требуется.

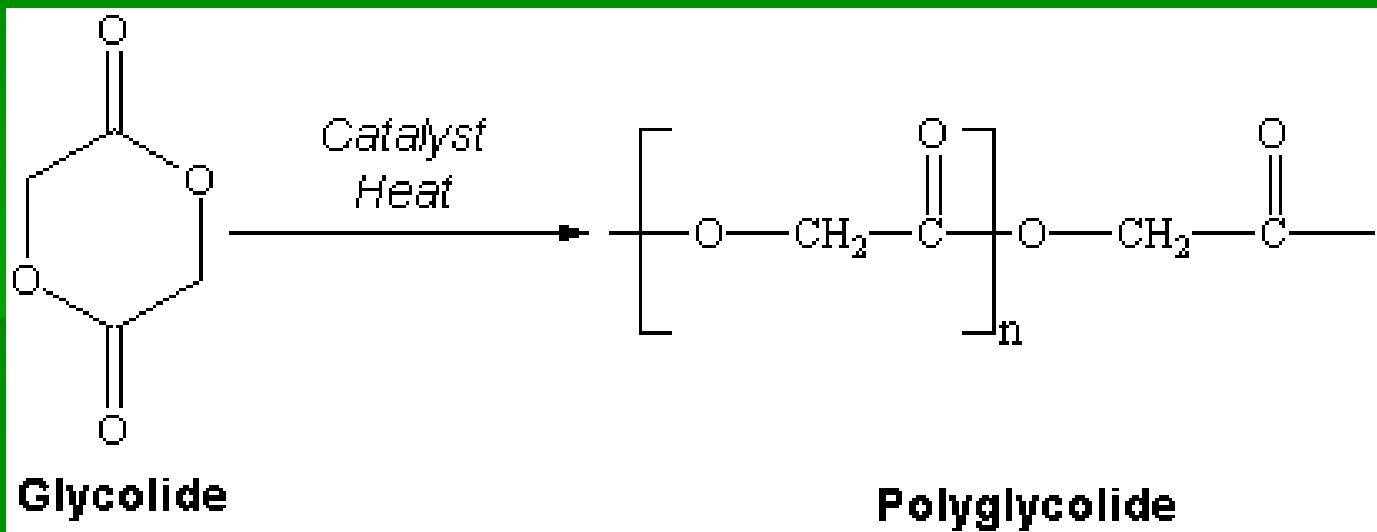
# Недостатки ПЛА

Несмотря на все очевидные достоинства полилактида, понятную и отлаженную технологию, до массового его внедрения еще далеко. Дело в том, что он получается довольно дорогой, и все усилия концернов направлены на то, чтобы удешевить биоразлагаемый продукт за счет новых высокопроизводительных технологических процессов. Активным совершенствованием технологии производства молочной кислоты занимается, например, американская фирма «Cargill inc». Она производит полилактид, ферментируя декстрозу кукурузы, и сейчас эта линия может выдавать до 6 тыс. тонн полимера в год. В перспективе – расширение производства до 50-150 тыс. т/год и снижение стоимости полилактида с 250 до 2,2 дол./кг.

Голландцы (фирма «CSMN») уже сейчас готовы выпускать 34 тыс. т/год молочной кислоты с возможным увеличением мощности в два раза. Японцы также почти близки к цели. Технологи «Mitsui Toats» придумали, как получать полилактид в одну стадию, - тогда цена нового материала составит 4,95 дол./кг. К тому же свойства полимера лучше чем у пластика

# Полигликолиды (ПГА)

Еще одна группа, полигликолиды (ПГА) — третьи по значимости биоразлагаемые полимеры (в промышленном масштабе ПГА производят около 8% компаний). Из них делают упаковочные и нетканые материалы, одноразовые салфетки и предметы личной гигиены, пленки и волокна.





# Особенности ПГА

- сырьем для синтеза ПГА 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;
- ПГА - это семейство полимеров различной химической структуры, образованных мономерами с длиной C-цепи от C4 до C12 и выше, от высококристаллических термопластов до резиноподобных эластомеров;
- свойствами ПГА (кристалличность, механическая прочность, температурные характеристики, скорости биораспада) можно управлять, варьируя в процессе ферментации состав среды и задавая ту или иную химическую структуру;
- ПГА не гидролизуются в жидких средах, так как деградация ПГА является истинной биологической и происходит клеточным и гуморальным путями; более того, скоростью деградации ПГА можно управлять.

# Особенности ПГА

С ПГА связаны большие надежды, так как помимо термопластичности аналогично полипропилену и полиэтилену, эти биопластики обладают антиоксидантными и оптическими свойствами, пьезоэлектрическим эффектом и характеризуются высокой биосовместимостью. Перспективны сополимерные ПГА, которые в зависимости от набора и соотношения мономеров имеют различные базовые свойства (степень кристалличности, температуры плавления, пластичность, механическую прочность и др.). Интерес к ПГА растет с конца 80-х гг. Это новый класс биоразрушаемых и биосовместимых полиэфиров, физико-химические свойства которых в зависимости от состава и структуры могут существенно варьировать.

Линейная структура молекул ПГА придает им свойство термопластичности и изменения прочности (возрастание по направлению растяжения). При нагревании молекулярные цепи в ПГА легко сдвигаются относительно друг друга, в результате этого материал размягчается и приобретает текучесть. Данное технологическое свойство имеет большую коммерческую ценность, так как позволяет с использованием различных методов (прессования, экструзии и др.) получать из ПГА

# Основные области применения биопластиков

В общем и целом на упаковку идет примерно 60% биопластиков, причем не только биоразлагаемых. Эти полимеры также используют при производстве одноразовой посуды, в сельском хозяйстве (защитные пленки), электронике (разъемы, оболочка компьютеров, зарядные устройства, мобильные телефоны, клавиатуры). Появляются все новые приложения.

Разлагаемые биопластики широко применяют и в медицине. Полимеры, сделанные из биомолекул, лучше совместимы с человеческими тканями и рассасываются легче, чем «традиционные» пластики. Например, немецкие хирурги испытали хирургические винты из полилактидов. Они рассасываются через два года, и больных не надо оперировать повторно, как это сейчас происходит с металлическими штифтами. В США исследуют медицинские импланты из смесей биоразлагаемых полимеров, например, для восстановления коленного хряща.

# Преимущества биопластиков

Одно из преимуществ биопластиков, которое подчеркивают все их производители, — они существенно уменьшают выбросы диоксида углерода в окружающую среду. Это зависит именно от сырья, ведь биомасса растет благодаря тому, что поглощает из атмосферы диоксид углерода. И даже если не разлагаемые пластики, сделанные из растений, сожгут в конце цикла, в атмосферу попадет лишь тот углекислый газ, что они поглотили при жизни. По приблизительным подсчетам, только пластики на основе крахмала могут сэкономить от 0,8 до 3,2 т  $\text{CO}_2$  на тонну продукции по сравнению с полиэтиленом, полученным из органического топлива.

При производстве ПЛА в атмосферу выбрасывается в половину меньше углекислого газа, чем при производстве полимеров на основе нефти. В любой статье о биопластиках подобные цифры подчеркивают с особым оптимизмом.



# Процент использования биомассы

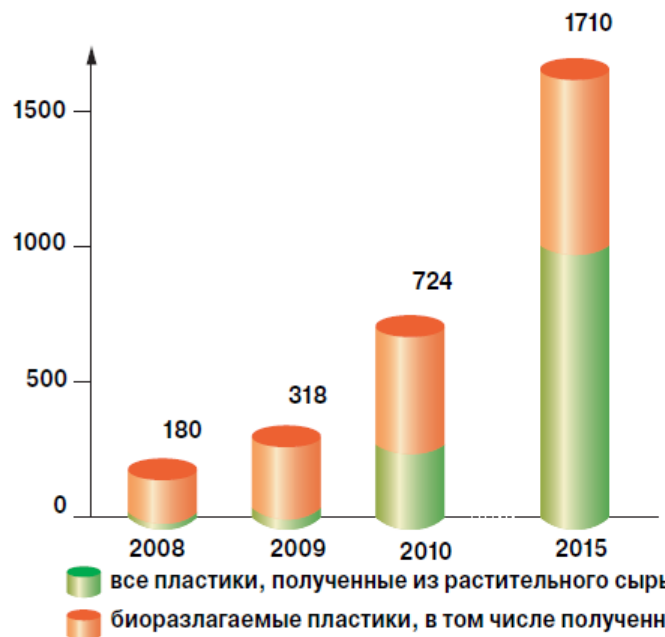
Безусловно, возобновляемое сырье уменьшает зависимость от полезных ископаемых, и это замечательно. Однако не составит ли выращиваемая биомасса конкуренцию продовольственным сельскохозяйственным культурам? На самом деле, эти опасения ложны.

Сегодня биомасса, которая идет на производство биотоплива и химических продуктов, — это не более 5% от всей биомассы, используемой человеком. Распределение выглядит примерно так: 62% биомассы — это сельскохозяйственные культуры (продукты питания), 33% — лес для обогрева, строительства, мебели и бумаги, и только оставшиеся 5% идут на текстиль, химию. Вряд ли это соотношение сильно изменится в последнее время даже при активном росте производства биопластиков. По большому счету речь о конкуренции не идет. Тем более что сейчас многие производители стремятся изготавливать биопластики из отходов сельхозпроизводства и целлюлозы, оставшейся от обработки древесины.

# Мировые объемы производства биопластиков



Производство биопластиков в мире по регионам на 2015 год (в процентах)



*Динамика роста производства пластиков (в тыс. тонн), которые называют «био». Сюда входят как пластики, полученные из растительного сырья, но не биоразлагаемые (верхняя часть столбиков), так и все биоразлагаемые пластики, в том числе полученные из углеводов (нижняя часть столбиков)*

# Актуальность применения

## биопластиков

Технология получения полимеров из растений появилась несколько десятилетий назад, но их производство долго оставалось в зачаточном состоянии по многим причинам. В последние годы наблюдается явное оживление этой отрасли. В 2010 году было произведено 724 тысячи тонн биопластиков (включая биоразлагаемые пластики из углеводородного сырья), что составляет примерно 0,2% мирового рынка производства пластмасс (250 миллионов тонн в год). Сейчас этот сектор растет довольно быстро по сравнению с тем, что было раньше. Причины, как уже говорилось, не только в повышении цен на нефть и исчерпаниии природных ресурсов, но и в прогрессе технологий и появлении новых материалов. Кроме того, очевидно желание промышленников «озеленить» свой имидж.

Конечно, коммерческими гигантами движет не только забота о планете и желание вызвать позитивное к себе отношение у сознательных потребителей. Активно участвуя в сокращении выбросов CO<sub>2</sub>, они также снижают себе ставку налогов. Кстати, несовершенство биоупаковки они все-таки учитывают: газированные напитки разливают в растительный, но не биоразлагаемый материал, а йогурты в стаканчиках из ПЛА

# Актуальность применения биопластиков

Спрос на биопластики определяется целым рядом социальных и экономических факторов.

| Технические   | Экономические  |
|---|--|
| Технологические прорывы в молекулярной науке, генной инженерии, ферментации и растениеводстве<br>Прогресс в области наполнителей и составов<br>Экономия, обусловленная ростом масштаба производства<br>Органическая утилизация в противоположность механической | Повышение цен на истощимые ресурсы<br>Рост затрат на удаление отходов<br>«Загрязнители» платят «финансовые налоги»<br>Рост конкуренции |
| Политические  | Социальные   |
| Законодательные акты и нормативы<br>Поощрение со стороны правительства  | Одобрение биопластиков<br>«Озеленение» потребителей  |



# Глобальные технологические решения

- Биоразлагаемые бутылки для воды

Компания Biota Brands of America, Inc. (США) осуществляет поставки родниковой воды высшего качества, разлитой в бутылки, которые первыми в мировой практике были отлиты из полимолочной кислоты (PLA). Эта уникальная, поддающаяся биологическому распаду, бутылка одобрена и сертифицирована как таковая для промышленного применения Институтом биоразлагаемых продуктов. Результаты испытаний показали, что бутылка для воды Biota полностью разлагается в течение 75-80 дней в условиях промышленного компостирования. Стандартные пластиковые бутылки не поддаются биологическому распаду.



# Глобальные технологические решения

- Гофрированная упаковка, поддающаяся биохимическому распаду

Wave – это листовой пенопласт, изготовленный из биопластика Mater-Vi производства компании Novamont (Италия). Этот гофрированный пенопласт с закрытыми порами, обладающий прекрасной ударостойкостью, может защищать объекты любой формы и размера. Его свойства аналогичны свойствам традиционных упаковочных продуктов, а после использования он может утилизироваться путем компостирования вместе с пищевыми отходами или на водоочистных установках для сточных вод.



# Глобальные технологические решения

- Первый в мире биоразлагаемый компакт-диск

Компания Sanyo Mavic Media Co Ltd. (Япония), дочернее предприятие Sanyo Electric Co, Ltd, вывела на рынок первый в мире биоразлагаемый компакт-диск на основе полимолочной кислоты (PLA). Футляр и упаковка диска изготовлены из того же материала. Новые диски, совместно разработанные компаниями Mitsui Chemicals Inc. (Япония) и Sanyo Mavic Media, реализуемые под торговой маркой MildDisc, практически ничем не отличаются от традиционных дисков, сделанных из поликарбоната, и не уступают им по качеству звука или изображения. По общей оценке, мировой спрос на диски с учетом объема производства и утилизации более 10 миллиардов дисков из традиционного поликарбоната значительно увеличивает нагрузку на глобальную окружающую среду.



# Проблемы выпуска биопластиков

Хоть эксперты и считают, что производство биопластиков к 2020 году будет составлять 3,5—5 миллионов тонн, или примерно 2% (по некоторым оценкам, 5%) от общего производства пластиков, говорить о массовом выпуске пока не приходится. Правда, есть и оптимистичные подсчеты, согласно которым к 2020 году пятая часть мирового рынка пластмасс будет занята биопластиками (примерно 30 миллионов тонн).

Проблема в деньгах - сегодня биопластики стоят в 2-7 раз дороже, чем их аналоги, полученные из углеводородного сырья. Однако не стоит забывать о том, что еще пять лет назад они были в 35—100 раз дороже. Практически все группы полимеров, которые сегодня делают из нефти, уже имеют аналоги, произведенные из биоресурсов, и их можно было бы по крайней мере частично заменить во всех применениях. Но пока биопластики так дороги, их массовый выпуск нереален. Многие эксперты полагают, что как только большое количество заводов начнет выпускать биопластики, цена упадет, и тогда они составят реальную конкуренцию полимерам из нефти.



# Проблемы выпуска биопластиков

Поскольку свойства материалов улучшаются, а объемы производства растут, то перспективы, очевидно, есть. Но сегодня конкурентоспособны в массовом масштабе только полимеры с уникальными свойствами — например, те, которые используют в фармакологии и медицине. Уникальна также молочная кислота, из которой сегодня делают 200 тысяч тонн полилактидов в год.

Возникает вопрос: если посчитать все затраты на выращивание биомассы, ее переработку и извлечение сахара и крахмала, превращение их в полимеры и изготовление конечных продуктов, то сколько же энергии для этого потребуется? Наверняка больше, чем при добыче газа и нефти. Стоимость, очевидно, будет различаться в зависимости от выращиваемой культуры, климата и схемы производства. Где-то и когда-то это выгодно, а в других случаях о выгоде можно говорить с большой натяжкой. Но в любом случае этот сектор надо активно развивать — ведь проблема загрязнения окружающей среды накапливается с каждым днем все больше и больше.