

нию и удалению отходов. В той или иной степени эти требования относятся ко всем товарам и изделиям.

### Библиографический список

1. Перспективы глубокой и флексографской печати на упаковке [Текст] // Полиграфия / О. Будникова. – №2. – 2009 г.
2. Библиотека России в обществе знаний: динамика интеграции [Текст] // Инф. бюл. РБА / С.М. Шпанцева, С.Г. Кузнецова. – №53. – 2009 г.
3. Тара и упаковка [Текст]: научно-популярный журнал. – №5. – 2009. – С. 4, 8, 10.
4. Тара и упаковка [Текст]: научно-популярный журнал. – №2. – 2010. – С. 60, 38.
5. Тара и упаковка [Текст]: научно-популярный журнал. – №3. – 2010. – С. 4, 8, 11.
6. Тара и упаковка [Текст]: научно-популярный журнал. – №6. – 2010. – С. 4, 10.
7. Тара и упаковка [Текст]: научно-популярный журнал. – №6. – 2006. – С. 5, 10, 12.
8. Тара и упаковка [Текст]: научно-популярный журнал. – №5. – 2007. – С. 5, 36, 44, 48.
9. Тара и упаковка [Текст]: научно-популярный журнал. – №6. – 2009. – С. 8, 25.
10. Тара и упаковка [Текст]: научно-популярный журнал. – №2-3. – 2009. – С. 25, 78, 66, 58, 56.
11. Флексо Плюс [Текст]: научно-популярный журнал. – №4. – 2011. – С. 28, 36.

## САМОРАЗЛАГАЕМАЯ ПОЛИМЕРНАЯ УПАКОВКА: АНАЛИЗ МАТЕРИАЛОВ

**В. Н. Рыпало, А. П. Игнатов, Е. В. Шокова**

Гармония биосферы заключается в том, что все её подсистемы (кроме человеческой) включены в замкнутый материальный цикл. Количество вещества на Земле практически неизменно. Отходов в биосфере нет. Выход одной подсистемы является ресурсом для других подсистем. Деятельность биосферы направлена на концентрацию минералов.

Так называемый прогресс человечества сопровождается изобретением новых материалов, увеличением потребляемых продуктов и, соответственно, их отходов, которые биосфера не способна эффективно утилизировать. В техносociосфере происходит разомкнутый логистический цикл. С одной стороны, возникают склады (захоронения) отходов производства и жизнедеятельности и, с другой стороны, истощаются обогащённые месторождения природного сырья на участках его переработки и обогащения. Но на выходе в биосферу отходы распыляются (сжигаются, разлагаются) и на свалках перемешиваются случайным образом, что затрудняет их вторичную переработку.

Синтетические полимеры (полиэтилен, полипропилен, ПЭТ, ПВХ и другие) чужды биосфере. Грибы и бактерии с трудом справляются с их утилизацией. Архаичные стеклянные бутылки и газетные кульки в наше время являются образцом экологичности. Бутылки подвергаются стерилизации термообработкой (в отличие от ПЭТ-бутылок), хотя имеют значительный вес. Циркуляция стеклянной тары требует повышенных транспортных затрат, но экономит на повторном производстве и добыче материала.

Газетные кульки хотя и негигиеничны, но давали вторую жизнь печатным изданиям. Кроме того, бумага за год разлагается бактериями на свалках (сравни с полиэтиленовыми пакетами). Древесина и бумага являются воспроизводимым ресурсом, а нефть истощается необратимо.

Упаковка занимает важное место в жизни современного человеческого сообщества. Её доля в общем объёме производства постоянно увеличивается. В свою очередь, наблюдается устойчивая тенденция к увеличению доли полимеров в общей массе материалов, применяемых в качестве упаковки. Так, если доля бумажной упаковки (по данным на 2007 год) составляет около 60%, то полимерной – 30%, и она будет возрастать.

В промышленности по переработке пластмасс в изделия упаковка занимает лидирующее положение. Вот данные применения полимеров в различных сферах производства на 2011 год: упаковка –

16,8%, строительство – 20,1%, в мебельной, автомобильной, электротехнической отраслях – по 5-8%, товары для дома – 5%, в сельском хозяйстве – 2-3%, и остальная часть приходится на долю инженерных пластиков специального назначения, в том числе композиционных материалов.

Ожидается, что к 2011 году выпуск отдельных видов полимеров будет составлять:

- полиэтилен низкой плотности и линейный полиэтилен – 43,5 млн. т.;
- полиэтилен высокой плотности – 37,5 млн. т.;
- полипропилен – 53 млн. т.;
- поливинилхлорид – 40,5 млн. т.;
- полистирол – 19,9 млн. т.;
- полиэтилентерефталат – 19 млн. т.;
- остальные – 4-5 классов, по убывающей, от 14 до 3%
- (полиуретаны, поликарбонат, полиамид и др.).

В среднем 61% ТБО выбрасывается на свалку, и только 24% исторично перерабатывается, 15% сжигается (а мы помним, что в Российской Федерации полимерные отходы не выделяются общего объема ТБО). Состав ТБО следующий:

- бумага и картон – 25-30%;
- пищевые отходы – 20-30%;
- металлолом – 10-12%;
- полимеры – 10-12%;
- прочие – 5-10%.

Почти все полимерные упаковочные материалы переходят на свалки. Эти 10-12% полимерных отходов включают полиэтилены (до 38%), поливинилхлорид и его производные (до 20%), полистирол (до 15%), полипропилен (до 8%), другие пластики (полиэтилентерефталат, полиамиды и др. – до 19%). В периодике уже много лет не исчезнет цифра 400 кг отходов на человека в год (из них 100-150 кг отходов упаковки). В России годовой уровень накопления полимерных отходов составляет 710 тыс. т.

Средний период разложения нижеуказанных материалов составляет:

- хлопковая ткань – 1-5 месяцев;
- бумага – 2-5 месяцев;
- веревка – 3-14 месяцев;
- апельсиновая кожура – 6 месяцев;
- шерстяные носки – 1-5 лет;
- сигаретные окурки – 1-12 лет;
- пакет от молока – 5 лет;
- полиэтиленовые пакеты – 10-20 лет;
- кожаные ботинки – 25-40 лет;
- нейлоновая ткань – 30-40 лет;
- оловянные канистры – 50-100 лет;
- алюминиевые канистры – 80-100 лет.

Рециклингу подлежат не все образующиеся полимерные отходы, а только термопластичные синтетические материалы, то есть такие полимеры, которые под воздействием температуры приобретают свойство пластичности и могут формоваться в различные изделия. В частности, к наиболее распространенным термопластам относятся полиэтилен, полипропилен, поливинилхлорид, полистирол, АБС-пластик.

Существуют два основных источника полимерных отходов. Прежде всего, это отходы пластикового производства: кромка пленки, кусковые отходы, отходы производства одноразовой посуды, обрезки пластиковых труб, пластиковых окон, другие отходы первичного производства. Промышленные отходы обычно отличаются высоким качеством: в них отсутствуют примеси, они сортированы и практически не требуют проведения подготовительных операций перед переработкой. Рециклингу подвергаются до 90% промышленных полимерных отходов.

Другой тип отходов – это отходы потребления, или бытовые отходы: использованные пакеты, пластиковые бутылки, полиэтиленовая упаковка, пленка, одноразовая посуда, корпуса бытовой техники и инструмента, пластмассовые ящики и т.д. По некоторым оцен-

том, процент бытового мусора в общем объеме полимерных отходов составляет более 60%. Основным источником отходов потребления - это различного рода свалки, где специальные «полигонные бригады» собирают и сортируют бутылки, пакеты и пакетики, корпуса электроники. Нетрудно догадаться, что в отличие от производственных отходов «полигонные» полимеры загрязнены, смешаны. С другими пластиками и требуют тщательной подготовки перед процедурой рециклинга.

Идеальная использованная тара должна быть сырьем для производства другой полезной продукции. Она даже может быть источником питания для биосферных организмов.

В качестве примера можно привести следующий идеальный замкнутый цикл. Отходы древесины (стружки, опилки) используются для выращивания грибов. Масса, оставшаяся после грибов, не используется как подстилка для кур. Насыщенная помётом масса является субстратом для питания червей. Черви идут на корм курам, и обогащенная червями масса является прекрасным удобрением для сельскохозяйственных культур.

Выходом из сложившегося положения может служить применение упаковки из биоразлагающихся материалов.

Использованная упаковка из традиционных полимеров не должна долгое время находиться в природе (почве, водоемах), для сохранения нормальной экологической обстановки. Решение данной проблемы может идти различными путями: увеличением объемов многооборотной потребительской тары; сбором и вторичной переработкой традиционными способами; использованием полимерных материалов, способных растворяться и в растворе подвергаться переработке, сжиганием с использованием фильтров и аппаратов, улавливающих вредные летучие продукты; разработкой и использованием для упаковки пищевых продуктов саморазлагающихся полимерных и комбинированных материалов.

Из всех вышеперечисленных направлений в настоящее время наиболее перспективным представляется последнее – создание упаковки из биоразрушающихся полимерных и композиционных материалов. Такие материалы подразделяют на биоразлагаемые и фото-

разрушающиеся (разрушающиеся под действием ультрафиолета). Наиболее перспективно получение таких материалов из природного крахмала, картофеля и зерновых культур. Важное значение приобретает повторное использование переработанных полимеров.

Наиболее перспективным путем является получение упаковки из полимерных материалов, способных к регулируемой по срокам биодegradации в окружающей среде на безопасные продукты. Ведь именно (биоразлагаемость высокомолекулярных соединений и будет тем приоритетным направлением разработки, которое позволит исключить значительное число проблем «пластмассового мусора», возникающего при использовании полимерных изделий.

Оценка сложившейся ситуации по разработке и освоению биоразлагаемых пластмасс позволяет выделить два основных направления развития поисковых и прикладных работ в этой области:

1) пластические массы на основе воспроизводимых природных полимеров (крахмал, хитозан, полигидроксиалканоаты, производные целлюлозы и другие);

2) придание биоразлагаемых свойств промышленным высокомолекулярным синтетическим материалам (полиэтилену, полипропилену, полистиролу и другим).

К такому типу полимеров относится сырье, получаемое на основе растений и продуктов жизнедеятельности микроорганизмов. Основным сырьевым источником для производства изделий из природновоспроизводимых полимеров, способных к последующему регулируемому биоразложению в природе (в отсутствие специальных добавок), являются полимеры на основе: молочной кислоты (полилактиды), полигидроксиалканоатов, производных целлюлозы, хитозана, крахмала и др.

Основные виды упаковки из таких полимеров – изделия потребительского, промышленного, транспортного, медицинского и специального назначения. Полуфабрикатами из таких полимеров являются: листы, толстые пленки с высокими ударопрочностными свойствами, блеском, малым коэффициентом трения, хорошей свариваемостью. Под воздействием микроорганизмов воды и почвы эти по-

полимеры разлагаются на углекислый газ и воду. Наиболее распространённым полимером этого класса является полилактид (ПЛК).

Изделия из ПЛК (продукт поликонденсации молочной кислоты) разлагаются в компосте в течении одного месяца и, немногим меньше, в морской воде. Важным достоинством ПЛК является то, что он представляет собой прозрачный термопластичный полимер, который может перерабатываться на традиционном оборудовании, ПЛК сегодня производят фирма Purac Biochem (Нидерланды), компания Hubanaki (Финляндия), фирма Mitsui Toatsu (Япония), компания Dai Chiroon (Корея). Исследованием технологии получения полимеров на основе молочной кислоты, начиная с 1991 года, активно занимается финская компания Neste, где всесторонне изучаются физико-механические свойства ПЛК.

Однако ПЛК не лишен недостатков. Основные – способность к набуханию и растворению при длительном контакте с водой и хранении на складе (в условиях повышенной влажности), высокая стоимость.

Другим примером полимеров природного происхождения, способных быстро ассимилироваться микроорганизмами почвы и воды, являются полигидроксиалканоаты – производные полиоксимасляной кислоты. Наиболее перспективным в настоящее время полимером этой группы является поли-3-оксибутират или полигидроксибутират (ПГБ). Этот полимер был впервые открыт микробиологами в 1925 году. Он синтезируется некоторыми видами микроорганизмов и играет роль внутриклеточного энергетического резерва, подобно гликогену и полифосфатам в других микроорганизмах.

ПГБ обладает целым рядом полезных свойств: биосовместимостью, тромборезистентностью, хорошими механическими свойствами, такими, как жёсткость и прочность при растяжении. Способность ПГБ к биоразложению является именно тем свойством, на котором основано его широкое применение, как в чистом виде, так и в виде смесей и сополимеров на его основе. Поэтому тара и упаковка, изготовленные из ПГБ, являются экологически чистыми и не требуют специальной утилизации после использования.

Однако получение тары и упаковки из природных полимеров на сегодняшний день является дорогостоящим. В связи с этим, особое внимание в настоящее время уделяется вопросам удешевления продукции за счет создания высокопроизводительных технологических процессов или использования биополимеров в качестве компонентов для придания специальных свойств традиционным материалам, например, для получения саморазрушающихся полимерных композитов, которые используются в производстве тары и упаковки.

Направление биоразрушающихся пластиков на основе природных ингредиентов интересно прежде всего полной воспроизводимостью и неограниченностью сырья. Основной задачей исследователей биополимерных материалов является обеспечение необходимого уровня технологических и эксплуатационных свойств, соответствующих традиционным синтетическим полимерам.

В настоящее время потребность в разлагаемых материалах достаточно велика. В экономически развитых странах, например, большая часть одноразовой упаковки производится из биоразрушающихся пластмасс.

В России разработкой биоразлагаемых полимерных материалов для применения в различных областях народного хозяйства занимаются в НПО по крахмалопродуктам совместно с Проблемной лабораторией полимеров МГУ, на кафедре Технологии переработки пластмасс и полимерных композитов МИТХТ совместно с лабораториями ИВХ РАН, ИБХФ РАН и ИХФ РАН, в Университете прикладной биотехнологии и других. Создаются новые направления и проводятся исследования по разработке широкого ассортимента материалов на основе различных видов крахмалов, лигнинов, белков, целлюлозы, полигидроксibuтирата.