
ПРОМЫШЛЕННАЯ И АГРАРНАЯ ЭКОЛОГИЯ

INDUSTRIAL AND AGRICULTURAL ECOLOGY

УДК 691.175.5/8:621.798

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРОИЗВОДСТВА СОВРЕМЕННЫХ УПАКОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ БИОРАЗЛАГАЕМЫХ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

В. В. ЛИТВЯК¹⁾

¹⁾Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова,
Белорусский государственный университет
ул. Долгобродская, 23/1, 220070, г. Минск, Беларусь

Анализируется мировой рынок и применение биоразлагаемых полимерных материалов, а также перспективы их внедрения в Беларусь. Охарактеризованы основные биоразлагаемые полимерные материалы, в том числе полученные с использованием оксибиоразлагаемых добавок. Установлено, что интенсификация исследований в области создания биоразлагаемых полимеров является одним из перспективных направлений решения глобальной экологической проблемы, связанной с загрязнением окружающей среды отходами полимерных материалов.

Ключевые слова: полимеры; биоразлагаемые материалы; упаковочные материалы; оксибиоразлагаемые полимерные материалы.

Образец цитирования:

Литвяк ВВ. Перспективы производства современных упаковочных материалов с применением биоразлагаемых полимерных композиций. *Журнал Белорусского государственного университета. Экология*. 2019;2:84–94.

For citation:

Lityak VV. Prospects of manufacture of modern packaging materials with the application of biodegradable polymer compositions. *Journal of the Belarusian State University. Ecology*. 2019;2:84–94. Russian.

Автор:

Владимир Владимирович Литвяк — доктор технических наук, доцент кафедры экологической медицины и радиобиологии.

Author:

Vladimir V. Lityak, doctor of science (engineering), associate professor at the department of environmental medicine and radiobiology.
besserk1974@mail.ru

PROSPECTS OF MANUFACTURE OF MODERN PACKAGING MATERIALS WITH THE APPLICATION OF BIODDESSABLE POLYMER COMPOSITIONS

V. V. LITVYAK^a

^aInternational Sakharov Environmental Institute, Belarusian State University,
23/1 Daŭhabrodskaja Street, Minsk 220070, Belarus

The world market and application of biodegradable polymeric materials, and also their prospects in Belarus is shown. The basic biodecomposed polymeric materials, including received with use oxobiodegradable additives are characterised. It is found, that the intensification of researches in the field of creation of biodegradable polymers is one of perspective directions of the decision of the global environmental problem related to environmental contamination by a waste of polymeric materials.

Key words: polymers; biodegradable materials; packaging materials; oxobiodegradable polymeric materials.

Введение

Серьезную озабоченность вызывает в последнее время быстрый и практически неуправляемый рост потребления синтетических пластмасс во многих отраслях экономики. В наше время тара из пластика применяется для упаковки пищевых продуктов, лекарств, электроники, опасных жидкостей и т. д. Широкое использование пластика обусловлено тем, что они обеспечивают надежную защиту упакованного продукта от загрязнения, повреждения, разложения, а также универсальностью применения форм и цветовой гаммы, легкостью, дешевизной сырья, малой энергоемкостью производства по сравнению со стеклом, металлом и бумагой [1–13].

Обладая неоспоримыми достоинствами, эти материалы имеют ряд существенных недостатков. Для получения традиционных пластмасс используются невозобновляемые природные ресурсы (к 2050 г. человечество исчерпает половину глобальных запасов нефти, что приведет к беспрецедентному скачку цен). Синтетические полимеры в нормальном состоянии длительно разлагаются. Свойства эластичности, прочности, стойкости к окислению и долговечности объясняются их молекулярным строением: молекулярные цепочки полимеров длинные, разветвленные, молекулярная масса, например, полиэтилена в 17 тыс. раз больше молекулярной массы воды. Следует отметить, что даже такие полимеры, как полиэтилен (ПЭ) и полипропилен (ПП), способны через длительное время разрушаться. При окислении, биохимическом распаде, для которых необходимы сотни лет, при высоких температурах происходит постепенное разрушение полимерных молекулярных цепочек. Достаточно интенсивные темпы роста использования полимерной упаковки приводят к резкому увеличению количества отходов. Традиционные способы обращения с ними – захоронение, сжигание, вторичная переработка и др. – не всегда экологически и экономически оправданы. Как следствие, необходимо получение полимеров, которые сохраняют эксплуатационные характеристики только в течение периода потребления, а затем претерпевают физико-химические и биологические превращения под действием факторов окружающей среды и легко включаются в процессы метаболизма природных биосистем. В известной книге «Полдень, XXII век» А. и Б. Стругацкие отмечали: «Мы не просто уничтожаем мусор и не создаем мерзких свалок на дне океанов. Мы превращаем мусор в свежий воздух и солнечный свет».

Результаты исследования и их обсуждение

Разложение бытовых отходов происходит очень медленно [14]: бумага – *от 2 до 10 лет* (ущерб природе не наносит, но краска, которой она покрыта, может выделять ядовитые газы); полиэтиленовый пакет – *более 200 лет* (следует отметить, что многие страны отказываются от использования пластиковых пакетов!); пластмасса – *500 лет* (плюс при переработке пластика в атмосферу выделяются токсичные химические вещества); стекло – *более 1000 лет* (производится из кварцевого песка и устойчиво к агрессивным средам); фильтр от сигареты – *100 лет* (оставшиеся после курения токсичные вещества и ацетат целлюлозы, из которых состоит фильтр, задерживают процесс разложения).

Эффективный и распространенный способ придания биологической разрушаемости синтетическим полимерам – это введение в полимерную композицию различных наполнителей, в частности крахмала и других ингредиентов [5; 7–10; 12; 13]. Техно-экономический анализ рассматриваемых ранее научно-исследовательских работ свидетельствует, что наиболее целесообразно выпускать биополимерные

разлагающиеся композиции на основе крупнотоннажных синтетических (полиолефинов) и природных материалов – кукурузы, картофеля и т. д. [10].

Рынок биоразлагаемых полимерных материалов (ПМ). Интерес к биополимерам в Европе, особенно в современных условиях галопирующего роста цен на нефть, продолжает усиливаться. В Европе с 2000 г. действует стандарт EN 13432, принятый Европейским союзом, регламентирующий требования к биodeградирующим полимерам. Факторы, влияющие на рынок биополимеров, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Факторы, влияющие на рынок биополимеров

Table 1

Factors affecting the biopolymer market

Технологические	1. Достижения в области молекулярной биологии, способах ферментации, генной инженерии и селекции растений
	2. Прогресс в области создания композитов и компаундирования
	3. Реализация крупномасштабных, экономических проектов
	4. Осуществление «органического» рециклинга вместо механического
Экономические	1. Рост стоимости природных ресурсов
	2. Увеличение затрат на утилизацию отходов
	3. Повышение конкурентоспособности биополимеров за счет пошлин, взимаемых с загрязнителей окружающей среды
Политические	1. Нормативно-законодательные акты
	2. Региональная поддержка
Социальные	1. Лояльное восприятие биополимеров обществом
	2. Экологическая просвещенность потребителей

На долю биопластмасс приходится примерно 10–15 % общего объема современного рынка пластмасс. К 2020 г. эта доля составит 25–30 %. Стимул для такого рыночного бума – новое применение и инновации в области упаковки. Согласно результатам исследований European Bioplastics (европейской ассоциации производителей, поставщиков и потребителей биопластиков и других биоразлагаемых материалов), в 2007 г. в мире было изготовлено 262 тыс. т биополимеров. При этом 80 % получено из растительного сырья и являются биodeградирующими; 12 % изготовлено из натуральных компонентов, но в естественных условиях не разрушаются; 8 % биопластиков произведено из синтетического сырья и способно к биodeградации (рис. 1, 2). Согласно прогнозам, мировой объем производства всех биополимеров составит около 116 тыс. т. Потребление биоразлагаемых упаковочных материалов в мире ежегодно увеличивается на 22 % [8].

Свою оценку также проводила компания Toyota. Японцы полагают, что в связи с ростом интереса к возобновляемым источникам сырья, к 2020 г. уже четверть мирового рынка пластмасс будет приходиться на биопластики, а это составляет около 30 млн т.

Биоразлагаемые полимерные материалы по способу их изготовления подразделяются на несколько основных групп:

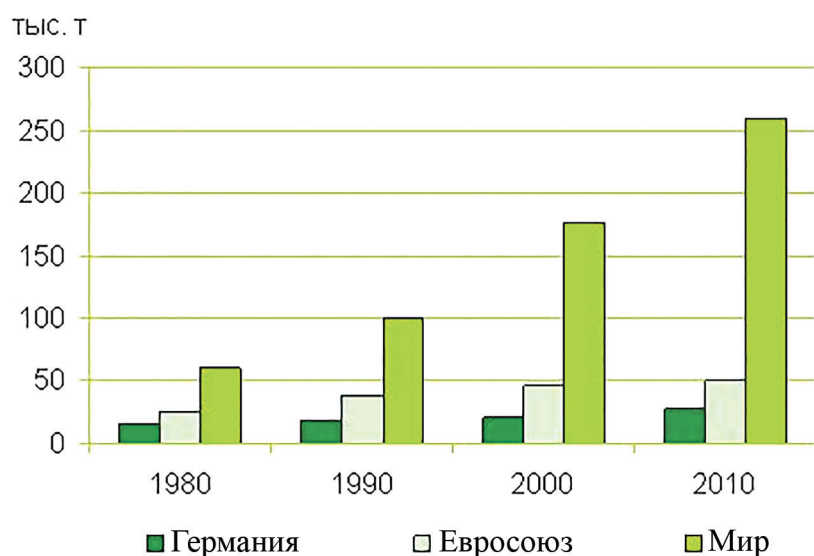
- полимерные материалы на основе природных полимеров (натуральный каучук, белки, полисахариды, хитин, эпоксицированные масла, полимеры из ненасыщенных растительных масел, лигнин и т. д.);
- химически синтезированные полимеры;
- микробиологические синтезированные полимеры и их смеси;
- композиционные материалы.

Характеристика основных биоразлагаемых ПМ. Скорость разложения биополимерных материалов зависит от ряда факторов – вида, влажности, температуры, светового воздействия, микробиологической популяции и др. Высокой способностью к биodeструкции обладают природные и синтетические полимеры, которые содержат химические связи, легко подвергаемые гидролизу. Присутствие заместителей в полимерной цепи часто способствует повышению биodeструкции, зависящей также от степени замещения цепи и длины ее участков между функциональными группами [13].

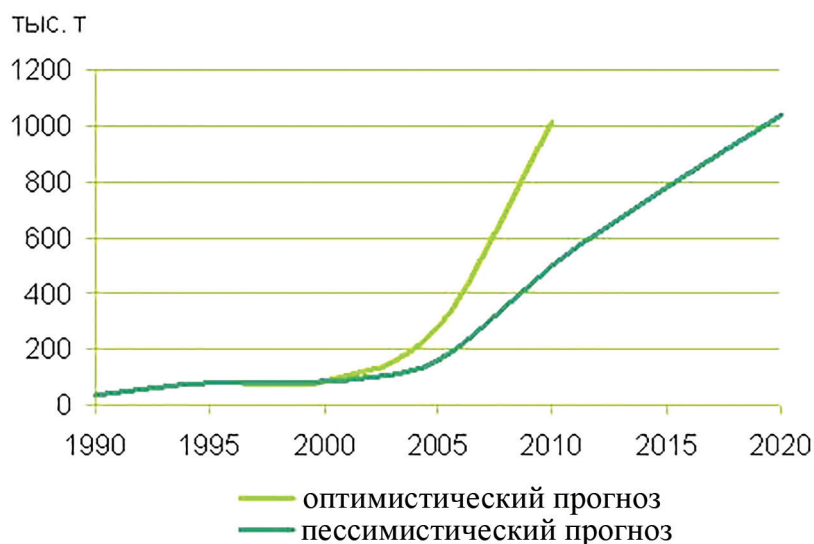
Фактор, влияющий на стойкость полимеров к биоразложению, – величина их молекул. В то время как мономеры или олигомеры могут легко поражаться микроорганизмами, биополимеры с большой молекулярной массой более устойчивы к их воздействию. Биodeструкцию большинства технических полимеров инициируют такие процессы небиологического характера, как термическое и фотоокисление, термо-

лиз, механическая деградация и т. п. На биodeградацию синтетических полимеров существенно влияет их надмолекулярная структура. Известно, что компактное расположение структурных фрагментов полукристаллических и кристаллических полимеров ограничивает их набухание в воде и препятствует проникновению ферментов в полимерную матрицу. Это затрудняет воздействие ферментов микроорганизмов не только на главную углеродную цепь полимера, но и на биоразрушаемые участки цепи. Кроме того, аморфная часть полимера всегда менее устойчива к биодеструкции, чем кристаллическая [4].

Наибольшее распространение в настоящее время получил способ изготовления биопластика, основанный на введении в синтетический полимер веществ растительного происхождения, служащих питательной средой для микроорганизмов, инициирующих разрушение полимера при определенных условиях среды [10].



a/a



б/б

Рис. 1. Динамика (а) и перспективы (б) роста пластмасс и биополимеров (по материалам выступления М. Ю. Плетнева на Международном саммите «Современная упаковка: аналитика, инновации, креатив» на международной выставке «Росупак-2007» и др.)

Fig. 1. Dynamics (a) and growth prospects (b) of plastics and biopolymers (based on the presentation of M. Yu. Pletnev at the International Summit «Modern Packaging: Analytics, Innovations, Creative», at the International Exhibition «Rosupak-2007» , et al.)

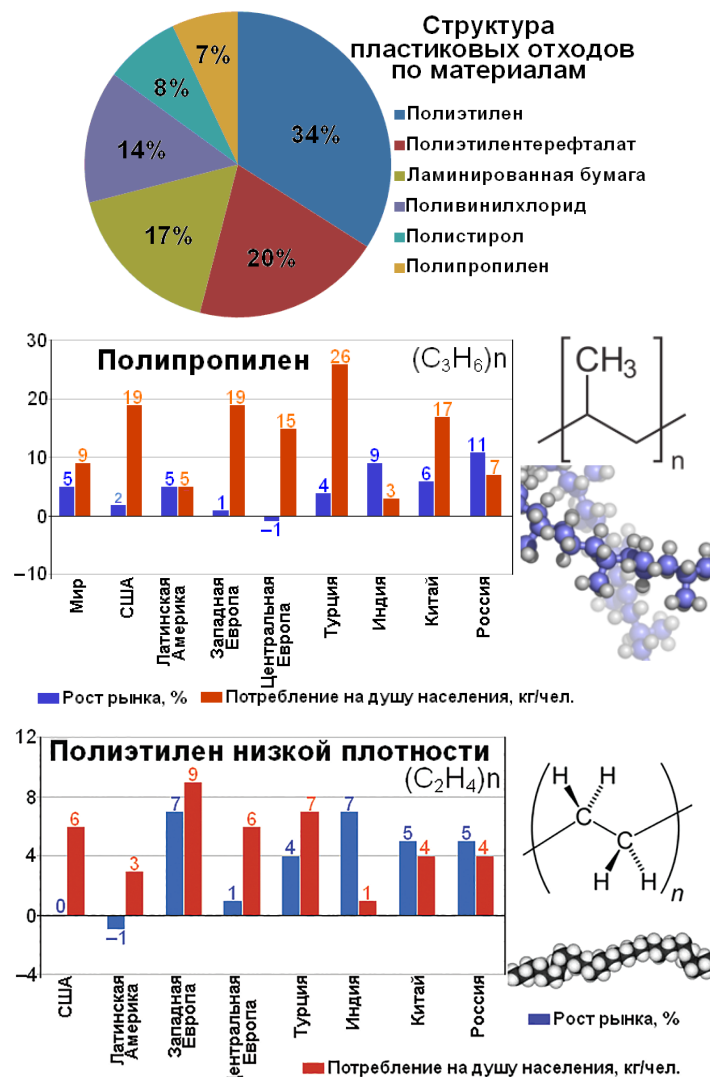


Рис. 2. Рынок полиолефинов

Fig. 2. Polyolefin market

Сырьем для получения биополимеров могут быть картофель, свекла, тапиока, зерновые и бобовые культуры, целлюлоза (древесина, хлопчатник, лигнин) и др. Значительное место в производстве упаковочных материалов отводится биоразлагаемому компоненту – крахмалу [5]. Он хорошо разлагается под действием воды и микроорганизмов, не загрязняя при этом почвы. Для разрушения этого материала были предложены эффективные микроорганизмы – биодеструкторы. На мировом рынке упаковки группы биоразлагаемых пластиков на основе природных полимеров представлены материалами Novon™, Biopac™, Bioceta™, Bioflex™ (табл. 3).

Основные преимущества производства и использования биоразлагаемых полимеров:

- возможность изготовления (как и обычных полимеров) на стандартном оборудовании;
- низкий барьер пропускания кислорода, водяного пара (оптимально для использования в области пищевой упаковки);
- стойкость к разложению в условиях использования;
- ускоренная и полная разлагаемость при специально созданных или естественных условиях;
- независимость от нефтехимического сырья.

Однако при производстве и потреблении биоразлагаемых материалов возникают некоторые проблемы:

- высокая стоимость (пока в среднем 2–5 евро за 1 кг). Но следует учесть, что экономическая стоимость, помимо цены продукта, содержит также и затраты на утилизацию и использование. Важно также отметить, что высокая цена материала – явление временное, пока производство биополимеров не стало

массовым и процесс их выпуска до конца не отлажен. Со временем стоимость биопластиков снизится, и они станут доступными для широкого ряда предприятий;

- ограниченные возможности для крупнотоннажного производства;
- трудность регулирования скорости распада на свалках под воздействием факторов окружающей среды;
- технологические трудности производства и др.

Поэтому создание и применение быстроразлагаемых материалов имеет ограниченное применение.

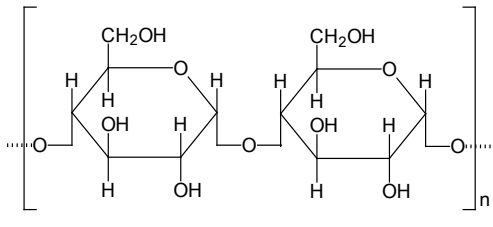
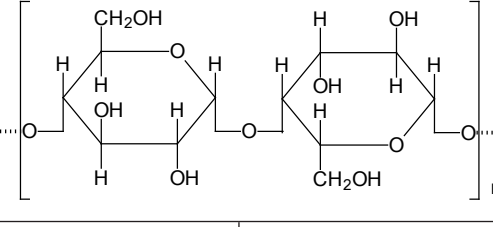
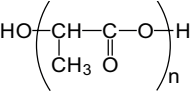
Оксибиоразлагаемые ПМ. В настоящее время в разных странах появились фирмы, предлагающие биodeградируемые гранулированные добавки (суперконцентраты) для серийных ПМ типа ПЭ, ПП, ПС и др. (табл. 2).

Таблица 2

Характеристика основных биоразлагаемых полимерных материалов, области их применения и изготовители

Table 2

Characteristics of the main biodegradable polymeric materials, their applications and manufacturers

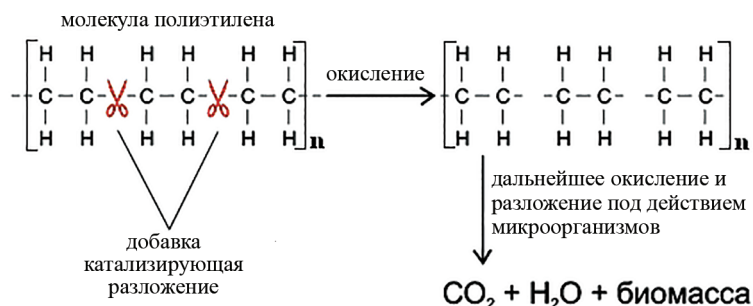
Материалы	Характеристика	Возможное применение	Изготовитель
1	2	3	4
ПМ на основе крахмала (ПМК)	По механическим свойствам приближаются к обычным полимерам (например, полипропилен (ПП)), устойчивы к воздействию жиров и алкоголя. Значительное различие в свойствах зависит от соотношения амилопектина и амилозы, а также других добавок. Подвержены компостированию	Упаковка продуктов питания и средств личной гигиены, хозяйственные пленки, изделия медицинского и спортивного назначения	Novamont, Biotec, Rodenburg Biopol, Vegeplas, Folag, Suedstarke
	 $\left[\text{O} - \text{C}_6\text{H}_9\text{O}_4 - \text{O} \right]_n \quad (\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$		
ПМ на основе целлюлозы (ПМЦ)	Обладают достаточно высокой механической прочностью, под воздействием кислот легко гидролизуются. Разновидности: ацетилцеллюлоза, карбоксиметилцеллюлоза, целлулоид и т. д.	Изделия повседневного применения, строительного и спортивного назначения, игрушки	Mazzucchelli, Rademate, Eastman Chem, Acetati
	 $\left[\text{O} - \text{C}_6\text{H}_9\text{O}_4 - \text{O} \right]_n \quad (\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$		
Полимолочная кислота, полилактид (PLA)	Свойства зависят от стереохимического состава и могут приближаться к свойствам полипропилена (ПП), полистирола (ПС), поливинилхлорида (ПВХ)	Упаковка (в том числе хозяйственного и строительного назначения), биокomпозиты	Nature Works, Neste Corp, Mitsui, Toyota
	 $\text{HO} - \left(\text{CH} - \text{C}(\text{O}) - \text{O} \right)_n - \text{H} \quad (\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3)_n$		

Окончание табл. 2
Ending table 2

1	2	3	4
Поликапролактан, поликапроамид, капрон (PCL)	Высокая механическая прочность и хорошие барьерные свойства (по отношению к воде и жирам), низкая температура плавления (50 °C). Может подвергаться компостированию или рециклингу	Упаковка, волокна для геотекстиля	Solvay, Union Garbide, Novamont, Petroplast
	$\left(\text{N} \begin{array}{c} \text{H} \\ \end{array} - (\text{CH}_2)_5 - \text{C} \begin{array}{c} \text{O} \\ \end{array} \right)_n (\text{C}_6\text{H}_{11}\text{ON})_n$		
Полигидроксиалканоаты (PHA)	Физико-химические свойства зависят от состава – более 100 различных мономеров могут применяться для достижения требуемых свойств. Наличие свойств, характерных как для термопластов, так и для эластомеров. Высокие барьерные свойства. Подвергаются компостированию	Упаковка продуктов питания и средств личной гигиены, биоккомпозиты, пеноматериалы	Metabolix, P&G, Biomer, Monsanto
Алифатическо-ароматический сополиэфир (AAC)	Сочетает свойства биоразлагаемости алифатических частей с высокими механическими свойствами ароматических частей	Геотекстиль: упаковка, ламинаты, материал для хранения продукции в сельском хозяйстве и строительстве	Du. Pont, Eastmann Comp., BASF
Модифицированный полиэтилентерефталат (mPET)	Высокая механическая прочность и хорошие барьерные свойства (по отношению к воде и жирам). Может подвергаться компостированию и рециклингу	Упаковка (в том числе термоформованная и вспененная), продукция сельскохозяйственного назначения	Du. Pont Bayer

Известны биоразрушающиеся добавки на основе модифицированного крахмала, молочной кислоты, целлюлозы и хитозана. Среди них выделяются оксидибиоразлагающие добавки производства ЕС, США, Канады, Великобритании, Норвегии, представляющие собой соединения, содержащие ионы металлов в форме карбоксилатов, которые действуют в полимерах как ускорители фото- и термического окисления. Отличаются от биоразлагающих добавок более высокой эффективностью при низких концентрациях (1–3 %), а также способностью разлагаться как под действием УФ-света, так и микроорганизмов (табл. 3).

Механизм биоразложения в присутствии оксидибиоразлагающей добавки отражен в табл. 4. Находящиеся в добавке соли переходных металлов (кобальта, железа, марганца, меди, цинка, церия, никеля) создают свободные радикалы, которые, в свою очередь, ведут к появлению гидро- и пероксидов в форме альдегидов, кетонов, эфиров, спиртов и карбоновых кислот. Именно эти продукты подвергаются биоразложению. Многочисленные бактериальные клетки и грибковые споры колонизируются на участках разлома и по всей толщине пленки. В процессе биоразложения ПМ можно выделить три стадии:



1-я – ПМ подвергается воздействию УФ-излучения, высоких температур или через определенный промежуток времени начинаются окислительные процессы;

2-я – ПМ теряет физические свойства, становится ломким и уменьшается в размерах;

3-я – ПМ продолжает разрушаться на молекулярном уровне, становясь источником пищи для поверхностных микроорганизмов, что приводит к уменьшению его массы, «растворению» в почве и в итоге разложению на углекислый газ и воду.

Таблица 3

Характеристика биоразлагаемых пластиков на основе природных полимеров

Table 3

Characteristics of biodegradable plastics based on natural polymers

Торговая марка	Фирма-изготовитель (страна)	Состав	Общая характеристика свойств и область применения
1	2	3	4
Novon™	Warner-Lambert Co (США)	На основе крахмала, пластифицированного водой; часто содержит модифицированные производные полисахаридов	По механическим свойствам занимает промежуточное положение между ПС и ПЭ. Плотность – 1,45 г/см ³ ; температура размягчения – 60 °С. Перерабатывается в изделия экструзией с раздувом, литьем под давлением, штамповкой и поливом. Полностью биodeградирует в присутствии влаги как по аэробному, так и анаэробному механизмам. Ассортимент выпускаемой продукции – одноразовая посуда, коробки для яиц, косметические принадлежности, оберточные пленки для текстильных изделий и одежды, фармацевтические капсулы, подгузники для детей, гигиенические тампоны и др., а также амортизирующий материал в виде вспененных частиц размером 3–10 см для упаковки хрупких изделий
Биорас™	Biologische Verpackungssysteme (Германия)	На основе пластифицированного – промышленного крахмала (87–94 %)	Формуется при температуре 180 °С. Применяется для упаковки хлебобулочных изделий, выпечки, круп, яиц, сухих продовольственных продуктов
Bioceta™	Tubize Plastics (Франция)	На основе ацетата целлюлозы с пластификаторами и др. добавками	Плотность – 1,27 г/см ³ ; твердость по Роквеллу – 66; твердость по Шору – 30; индекс расплава – 4–12 г/10 мин; теплостойкость под нагрузкой 0,45 МПа – 70 °С; теплостойкость под нагрузкой 1,82 МПа – 55 °С; предел прочности при растяжении – 40 МПа; удлинение при разрыве – 17–20 %; модуль упругости при растяжении – 1400 МПа; предел прочности при изгибе – 40 МПа; модуль упругости при изгибе – 1000 МПа; ударная вязкость на образцах с надрезом – 10 кДж/м. Разлагается на 50 % в течение 6–12 мес. В виде пленки применяется для упаковки батареек к бытовым электроприборам, радиоприемникам и фонарям
Bioflex™	Biotec GmbH (Германия)	На основе крахмала и пластификаторов (спиртов, сахара, жиров, воска, алифатических полиэфиров)	Пленочный материал, разлагающийся в компосте при температуре 30 °С за 56 дней с образованием продуктов, благоприятных для роста растений

Подвергшиеся окислительной деструкции ПМ представляют собой молекулы с уменьшенной молекулярной массой и гидрофильными поверхностями. Так, уменьшение молекулярной массы полиолефина от 300 тыс. до 40 тыс. вместе с проникновением кислорода, который содержит функциональные группы (радикалы), ведет к биоразложению.

Как полагают специалисты Международных организаций, интенсивное развитие индустрии оксибиоразлагаемых ПМ может решить доступными методами проблему избавления окружающей среды от полимерного мусора (особенно в виде отходов продукции одноразового использования), распространенных в настоящее время ПМ [14].

Таблица 4

Характеристика оксибиоразлагающихся добавок

Table 4

Characteristics of oxibiodegradable additives

Торговое название	Компания изготовитель	Характеристика
PDQ-H	Willow Ridge Plastics Inc.	Добавка, принцип действия которой основан на уменьшении молекулярной массы основного полимера (для улучшения биологического разложения) под действием УФ-излучения и окислительных сред. Разлагается УФ-излучением и микроорганизмами
ECM	ECM BioFilms, Inc.	Добавка разлагается микроорганизмами
Bio-Batch	Bio-Tec Environmental	Добавка разлагается микроорганизмами
TDPA	Envnironmental Products Inc. (EPI)	Изготавливается по индивидуальным заказам. Помимо полностью биоразлагающих добавок компания поставляет и экологические полимерные пленки
Renatura	Nor-X Industre AS	Содержит уникальный ингредиент на основе железа (собственная разработка компании) и используется в основном для биоразложения полиолефинов
Reverte	Wells Plastics Ltd.	Добавки и маточные смеси, содержащие продеграданты из ионов металла для придания основному полимеру фото- и терморазлагаемости. Содержит также уникальный усилитель биоразложения второго этапа, на котором используется модификатор скорости реакции для управления иницированием и сроками оксибиоразложения
D2w	Symphony Environmental Ltd.	Продеградантные добавки на основе маточного ПЭ, ПП или ПС. Компания поставляет также полностью разлагаемые ПМ
P-Life	P-Life Japan Inc.	Смесь катализаторов на основе жирных кислот специальной рецептуры компании. Содержание в основном полимере (ПЭ или ПП): 0,3–1 %. Возможно смешивание с гранулами ПМ непосредственно на этапе переработки. Имеет регистрацию FDA и соответствует предъявляемым требованиям

Основные преимущества ПМ с оксибиоразлагаемыми добавками:

- дешевле полностью биоразлагаемых ПМ;
- возможность регулирования скорости разложения;
- влагостойкость, прочность;
- подходят для пищевых продуктов;
- возможно нанесения печатных знаков (букв, цифр) и т. д.

Биоразлагаемые ПМ в Беларуси. В Республике Беларусь опытно-экспериментальные разработки биоразлагаемых упаковок до сих пор в промышленном масштабе не реализовывались. Биодegradируемые пластмассы представлены на нашем рынке в основном экологически безопасными пленками Esolean, которые на данный момент широко применяются для упаковки масло-молочных продуктов. Рынок их постоянно увеличивается, поскольку для производителей пищевых продуктов выгодно использование биоразлагаемой упаковки. Ожидается, что тенденции роста объемов потребления в данном секторе сохранятся, а в случае принятия законов о вторичной переработке, биоразлагаемая упаковка может значительно потеснить традиционные синтетические материалы.

Технология производства материалов из биополимеров аналогична способам переработки обычных полимеров. Здесь также применяются методы экструзии, инъектирования, горячего формования, литья под давлением, выдувного формования, ламинирования и т. д. Конечный продукт может быть снабжен печатью или этикеткой. Решающим фактором для выбора материалов и процессов остается то, что способность биополимеров к разложению должна быть сохранена [15]. В настоящее время иностранное предприятие «Пластил» впервые в Беларуси начало производство биопакетов, в состав которых входит оксибиоразлагаемая добавка, обеспечивающая 100 % разложение полиэтилена от 8 месяцев до 1,5 лет. Эта биодобавка нетоксична и безопасна для людей, животных и растений. Пакеты с биодобавкой прошли все необходимые исследования и испытания, в результате чего биопакеты производства «Пластил»

зарегистрированы Министерством здравоохранения Республики Беларусь. Первые биоразлагаемые пакеты производства «Пластил» появились в розничной сети «Гиппо».

Кроме того, на данном предприятии производятся полиэтиленовые пакеты при помощи низкого и высокого давления, пакеты с застежкой, бумажные пакеты, мусорные пакеты, пакеты для шин, пакеты для медицинских отходов, фасовка для заморозки и т. д.

Новой экологической продукцией ИП «Пластил» является биоразлагаемые пакеты для мусора «Лесовичок» и биоразлагаемая скатерть (рис. 3).

Нами предложен инновационный способ изготовления биоразрушаемой пленки из полиэтилена, наполненного неорганической солью, содержащей биогенные элементы, выполненный экструзионным рукавным методом. Отличается от уже известных тем, что для раздува и охлаждения рукава используют газообразный поток с частицами вышеуказанной неорганической соли размером не более 40 мкм [15].

Применение биоразлагаемых ПМ. К числу основных областей применения биоразлагаемых пластмасс относится упаковка пищевых продуктов. Контейнеры, пленки и пеноматериалы, изготовленные из таких полимеров, используются для упаковки мяса, молочных продуктов, выпечки и др. Наиболее распространенное применение биоразлагаемых ПМ – одноразовые бутылки и стаканчики для напитков, тарелки, миски и поддоны. Рынком сбыта для таких материалов является производство мешков для сбора и компостирования пищевых отходов, а также пакетов для супермаркетов. Развивающимся направлением применения этих полимеров является рынок сельскохозяйственных пленок.



Рис. 3. Биоразлагаемые пакеты производства ИП «Пластил»

Fig. 3. Biodegradable packages manufactured by FE «Plastil»

Бумажный пакет – достойная альтернатива для тех, кто заботится об окружающей среде. Изготовленные из экологически чистого сырья, бумажные пакеты сочетают в себе практичность предмета быта и стильного аксессуара, на который может быть нанесен логотип заказчика.

Срок полного разложения бумажного пакета длится около года, в то время как полиэтиленовый пакет разлагается примерно в 100 раз дольше. Фирменная упаковка несет в себе корпоративный дух, миссию, стиль, образ, выражая отношение к своим клиентам, партнерам, сотрудникам. Бумажные крафт-пакеты стали уникальной находкой для сетей супермаркетов и фирменных магазинов, салонов цветов, одежды, предметов интерьера и антиквариата, винных и выставочных компаний, аптечных и ресторанных сетей. Столь широкий спектр применения продукции из крафт-бумаги объясняется оптимальным соотношением «спрос – цена – качество». Бумажный пакет – это выбор людей творческих, энергичных, идущих в ногу со временем. Нанесение логотипа на бумажный пакет делает его отличным рекламным носителем компании на таких мероприятиях, как выставки, промоакции, конференции.

Заключение

Биоразлагаемые полимеры широко применяются для упаковки пищевых продуктов, изготовления сельскохозяйственных пленок и т. д. Интенсификация исследований в области создания биоразлагаемых полимеров – актуальное и перспективное направление не только во всем мире, но и в Республике Беларусь. Оно обусловлено решением глобальной экологической проблемы, связанной с загрязнением окружающей среды отходами полимерных материалов.

Биоразлагаемые пластики на основе природных полимеров представлены материалами Novon™, Biopac™, Bioceta™, Bioflex™. Насущной необходимостью является создание биоразлагаемых ПМ

с оксидирующими добавками. Главное достоинство производства и использования биоразлагаемых полимеров – это возможность обработки, как и обычных полимеров, на стандартном оборудовании; низкий барьер пропускания кислорода и водяного пара (оптимально для использования в области пищевой упаковки); стойкость к разложению при применении; быстрое и полное разложение при специально созданных или естественных условиях; независимость от нефтехимического сырья.

Библиографические ссылки

1. Семчиков ЮД. *Высокомолекулярные соединения*. 2-е издание. Москва: Издательский центр «Академия»; 2005. 368 с.
2. Уайт ДжЛ, Чой ДД. *Полиэтилен, полипропилен и другие полиолефины* [перевод с английского]. Цобкалло ЕС, редактор. Санкт-Петербург: Профессия; 2006. 250 с.
3. Максимова ЛА. *Высокомолекулярные соединения и материалы на их основе, применяемые в пищевой промышленности*. Москва: КолосС; 2005. 213 с.
4. Барашков НН. *Полимерные композиты: получение, свойства, применение*. Москва: Наука; 1984. 128 с.
5. Суворова АИ. Биоразлагаемые полимерные материалы на основе крахмала. *Успехи химии*. 2000; 69(5):498–503.
6. Буряк ВП. Биополимеры – настоящее и будущее. *Полимерные материалы*. 2005;79(12):22–27.
7. Фомин ВА. Биоразлагаемые полимеры, состояние и перспективы. *Пластические массы*. 2001;2:42–46.
8. Легонькова ОА. *Тысяча и один полимер от биостойких до биоразлагаемых*. Москва: РадиоСофт; 2004.
9. Легонькова ОА. *Биотехнология утилизации органических отходов путем создания гибридных композиций* [автореферат диссертации]. Москва: [б. н.]; 2009.
10. Смирнова ЕА. *Термодинамика совместимости компонентов и реологические свойства смесей синтетических полимеров с полисахаридами* [автореферат диссертации]. Екатеринбург: [б. н.]; 2006.
11. Крыжановский ВК, Бурлов ВВ, Панматченко АД, Крыжановская ЮВ. *Технические свойства полимерных материалов: справочник*. 2-е издание. Санкт-Петербург: Профессия; 2005. 280 с.
12. Тюкова КС, Суворова АИ. Деструкция и стабилизация полимеров. *Тезисы докладов научно-практической конференции*. Москва; 2001. с. 204–205.
13. Biopolymers – alternatives to traditional packaging. *Journal of biodegradable renewable and sustainable packaging*. 2008; 2: 6–8.
14. Немного о бытовом мусоре. [Интернет]. [Прочитано 1 ноября 2018]. Доступно по: <http://ekois.net/d0-bd-d0-b5-d0-bc-d0-bd-d0-be-d0-b3-d0-be-d0-be-d0-b1-d1-8b-d1-82-d0-be-d0-b2-d0-be-d0-bc-d0-bc-d1-83-d1-81-d0-be-d1-80-d0-b5/>.
15. Пинчук ЛС (Беларусь), Лашкина ЕВ (Беларусь), Ермолович ОВ (Беларусь), Степаненко АБ (Беларусь), Литвяк ВВ (Беларусь), авторы; Государственное научное учреждение «Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого Национальной академии наук Беларуси», правообладатель. Способ изготовления биоразрушаемой пленки. Патент № 18675. BY, МПК⁷ В 29С 47/08, С 08J 5/18; заявка № а20120072; опубликовано 30.10.2014. *Афіцыйны бюлетэнь*. 2014; 5 с.

Referenes

1. Semchikov YuD. *Vysokomolekulyarnye sojedeniya* [High-molecular compounds]. 2nd edition. Moscow: Publishing Center «Academia»; 2005. 368 p. Russian.
2. White JL, Choi DD. Polyethylene, polypropylene and other polyolefins. Munich: Carl Hanser Verlag; 2004. 256 p. Russian edition: White JL, Choi DD. Polyethylene, polypropylene and other polyolefins. Tsobkallo ES, editor. Saint Petersburg: Profession; 2006. 256 p.
3. Maksanova LA. *Vysokomolekulyarnye soedineniya i materialy na ikh osnove, primenyaemye v pishhevoj promyshlennosti* [High-molecular compounds and materials based on them, used in the food industry]. Moscow: KolosS; 2005. 213 p. Russian.
4. Barashkov NN. *Polimernye kompozity: polycheniye, svoystvo, primeneniye* [Polymer composites: preparation, properties, application]. Moscow: Science; 1984. 128 p. Russian.
5. Suvorov AI, Tyukova IS, Trufanova EI. Starch-based biodegradable polymeric materials. *Uspekhi khimii*. 2000; 69(5):498–503. Russian.
6. Buriak VP. Biopolymers – present and future. *Polimernye materialy*. 2005; 79(12):22–27. Russian.
7. Fomin VA, Guzeev VV. Biodegradable polymers, state and prospects of use. *Plasticheskiye massy*. 2001;2:42–46. Russian.
8. Legonkova OA. *Tysyacha i odin polimer ot biostojkikh do biorazlagaemyx* [One thousand and one polymer from biostable to biodegradable]. Moscow: RadioSoft; 2004. Russian.
9. Legonkova OA. *Biotehnologiya utilizatsii orhanicheskikh otkhodov putem sosdaniya gibridnykh kompozitsij* [Biotechnology recycling of organic waste by creating hybrid compositions] [PhD thesis]. Moscow: [publisher unknown]; 2009. Russian.
10. Smirnova EA. *Termodinamika sovmestimosti komponentov i reologicheskie svoystva smesey sinteticheskikh polimerov s polisakharidami* [Thermodynamics of component compatibility and rheological properties of mixtures of synthetic polymers with polysaccharides] [PhD thesis]. Yekterinburg: [publisher unknown]; 2006. Russian.
11. Kryzhanovsky VK, Burlov VV, Panimatchenko AD, Kryzhanovskaya YuV. *Tekhnicheskie svoystva polimernyx materialov: spavochnik. 2-e izdaniye* [Technical properties of polymeric materials: a reference: handbook]. 2th edition. Saint Petersburg: Profession; 2005. 280 p. Russian.
12. Tyukova KS, Suvorov AI. [Destruction and Stabilization of Polymers. Abstracts of the scientific-practical conference]. *Destrukciya i stabilizatsiya polimerov. Tezisy dokladov nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Moscow: 2001; 204–205. Russian.
13. Biopolymers – alternatives to traditional packaging. *Journal of biodegradable renewable and sustainable packaging*. 2008;2: 6–8.
14. A little about household garbage [Internet]. [Cited 2018 November 1]. Available from: <http://ekois.net/d0-bd-d0-b5-d0-bc-d0-bd-d0-be-d0-b3-d0-be-d0-be-d0-b1-d1-8b-d1-82-d0-be-d0-b2-d0-be-d0-bc-d0-bc-d1-83-d1-81-d0-be-d1-80-d0-b5/>.
15. Pinchuk LS (Belarus), Lashkina EV (Belarus), Ermolovich OV (Belarus), Stepanenko AB (Belarus), Litvyak VV (Belarus), authors; Institute of Metal-Polymer Systems V. A. Belogo National Academy of Sciences of Belarus, assignee. A method manufacturing a biodegradable film. Patent № 18675. BY, МПК⁷ В 29С 47/08, С 08J 5/18; application № 20120072; 2014 Oktober 30. *Afisyany buleten*. 2014;5 p. Russian.

Статья поступила в редакцию 23.04.2019.
Received by editorial board 23.04.2019.