УДК 577.32

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ОТРАСЛИ ПРОИЗВОДСТВА БИОПОЛИМЕРНЫХ ЛИГНИНСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ

© С.Г. Тер-Акопов, А.А. Гусев, Д.В. Балыбин

Ключевые слова: биопластик; биополимер; целлюлоза; лигнин; биоразлагаемые материалы.

На рынке представлен широкий ассортимент биопластиков, которые существенно различаются между собой как по составу, так и по своим характеристикам. Многие из них – это продукты, находящиеся на начальном этапе разработки. Поэтому потенциал их использования в полной мере не определен, но при этом очевидно, что он очень далек от исчерпания. В данной статье описывается производство биопластика, а также возможности его продвижения на рынках сбыта.

ВВЕДЕНИЕ

Начиная с конца XX в., когда обеспокоенность по поводу влияния пластика на окружающую среду возрастала одновременно с увеличением его использования, целый ряд новаторов и из больших, и из малых компаний пытались создать более экологически чистые материалы. Однако практически никому не удалось удовлетворить ценовые и технические требования сегодняшних производителей. В течение последних десятилетий пластик проник во все сферы нашей жизни в промышленность и быт: пластиковые окна, посуда, мебель, упаковка, практически все сделано из пластика или содержит пластик [1].

Уже более тридцати лет полимеры лидируют среди упаковочных материалов. Это и понятно: полимеры удобны и безопасны, дешевы, а значит, их производство будет расти и дальше [2].

Еще до возникновения нефтяной проблемы предприниматели начали поиск альтернативного сырья для полимеров. Корни этих поисков уходят в 1930-е гг., когда крупный производитель автомобилей Г. Форд исследовал возможность использования пластиков на основе соевых культур для различных комплектующих своих автомобилей. Только в последнее десятилетие исследовательские проекты в институтских лабораториях по всему миру стали предлагать применение самых различных биополимеров. «В этом есть своя доля иронии, – отмечает С. Маккеффи, профессор университета штата Массачусетс, – ведь индустрия пластмасс началась с использования в качестве сырья природных ингредиентов – натурального каучука и нитроцеллюлозы. Пластики на основе нефтепродуктов, поливинилхлорид и полиэтилен начали широко применяться лишь во время Второй мировой войны из-за резкой нехватки резины и металла» [3]. Первые эксперименты с биоразлагаемыми полимерами были неудачными, в результате чего ряд проектов по их производству был закрыт. «Первые биоразлагаемые пластики были, по сути, ошибкой. Они не были по-настоящему биоразлагаемыми и подвергались серьезной критике со стороны Greenpeace и Федеральной торговой комиссии США», – говорит Маккеффи. Но с тех пор интерес к биопластику не прекращал расти, и в наше время эта тема весьма актуальна [4].

Производители и ритейлеры развитых стран уже несколько лет считают биопластик насущной необходимостью, но в России он все еще серьезно не воспринимается. Синтетические полимеры на основе нефтехимического сырья, такие как ПВХ (Поливинилхлорид) или ПЭТ (Полиэтилентерефталат), стали широко применяться всего 50–60 лет назад. Создавая их, ученые стремились получить материал, устойчивый к воздействию окружающей среды. Однако за несколько десятилетий прочность полимеров из главного достоинства успела превратиться в опасный недостаток: пластиковые изделия рано или поздно выходят из употребления, но для того, чтобы они окончательно разрушились, нужно организовывать специальное производство [5]. Существует несколько способов утилизации полимерных отходов: захоронение, сжигание, рециклинг, пиролиз или отправка на свалку [6]. К сожалению, ни один из перечисленных вариантов не способствует улучшению экологической обстановки: в почве и на свалке пластик лежит несколько сотен лет, при сжигании выделяет в атмосферу вредные вещества, а переработке, чаще всего, поддается с трудом. Между тем количество отходов увеличивается в геометрической прогрессии, ведь ежегодно в мире производится порядка 200 млн т синтетических пластмасс [7]. В России, по разным данным, годовой уровень накопления полимерных отходов составляет 710–750 тыс. т. И только 3–10 % подвергается вторичной переработке [8].

Утилизация полимерных отходов оказалось не менее сложным и дорогостоящим делом, чем производство изделий из полимеров, и почти повсеместно человечество идет по наиболее простому пути – складируя отходы вместе с другим мусором на грандиозных свалках. Кроме того, под полигоны и свалки твердых бытовых отходов ежегодно отчуждается до 10 тыс. га земель, в т. ч. и плодородных, изымаемых из сельскохозяйственного оборота [9].

Во многих развитых странах реализуются конкретные комплексные меры по утилизации твердых отходов и внедрение новых биоразлагаемых материалов (материалов, которые самопроизвольно разрушающие-

ся в результате естественных микробиологических и химических процессов). Стоит отметить, что в России фактически нет ни государственной, ни муниципальной системы первичного сбора отходов и стимулирующих факторов для населения, есть лишь отдельные, частные инициативы, с трудом пробивающие себе дорогу к решению экологических и экономических задач по утилизации полимеров [10].

Действенным решением проблемы загрязнения окружающей среды, по мнению многих специалистов, может стать внедрение биоразлагаемых полимеров [11].

Биоразлагаемые полимеры привлекают производителей и экологов тем, что разлагаются в сжатые сроки – от нескольких месяцев до нескольких лет, с образованием безопасных для окружающей природы веществ, таких как вода, биомасса, углекислый газ или метан (в зависимости от того, какой процесс разложения имел место – анаэробный или аэробный) [12].

Между тем наблюдаемый в последние несколько лет интерес к биоразлагаемым полимерам связан не только с ухудшением экологической обстановки: серьезные опасения специалистов вызывает неуклонное уменьшение мировых запасов нефти и газа. И здесь возобновляемое растительное сырье могло бы стать решением проблемы. Потому в Европе происходит бум в области развития биотоплива [13]. «За последние несколько лет исследователи и производители биоразлагаемых полимеров значительно продвинулись вперед, – заявил С. Мойо (Steve Mojo), исполнительный директор Нью-Йоркского Института биоразлагаемой продукции. – Разработаны эффективные технологии производства, благодаря чему пять лет назад биоразлагаемые полимеры уже появились на рынке» [14]. Сегодня по многим физическим и техническим характеристикам они не уступают традиционным пластмассам и вместе с тем безопасны для окружающей среды. Но т. к. эта индустрия находится на этапе становления, то все еще существует множество заблуждений. Так, некоторые ошибочно полагают, что все полимеры, полученные из растительного материала, являются биоразлагаемыми, – это не так: способность к разложению в естественных условиях зависит не только от «натуральности» сырья, а от целого ряда свойств, в частности, от молекулярной структуры материала. Также неверно думать, что все полимеры, способные к биоразрушению, получают из природных компонентов: основой для их производства может служить и синтетическое сырье» [15].

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ПРОБЛЕМЕ

В свете вышесказанного нами было произведены исследования по решению этой проблемы. А также произведен патентный поиск по сайту http://worldwide.espacenet.com по более чем 500 источников за 2003–2013 гг. с ключевыми словам «лигнин», «полимеры», «био» и выбран патент US6509397, который, по нашему мнению, является наиболее близким к теме исследования. Далее курсивом приведено его описание.

В патенте описана технология создания пластикового материала, изготовленного из смеси полимера, который характеризуется тем, что содержит хотя бы часть лигнина на основе природного полимера, в частности, на основе щелочного лигнина, который образуется при добыче целлюлозы, и, по крайней мере, один синтетический и/или натуральный полимер, который повышает ударопрочность и при этом не содержит в себе белок. Предлагаемый пластик обладает отличными характеристиками. Он биологического происхождения из-за содержания природного полимера и имеет, в значительной степени, экологически нейтральный CO_2 *баланс. Полимерная смесь может с успехом использоваться вместо дерева или древесных материалов.*

Изобретение относится к пластиковым материалам, изготовленным из смеси полимеров и их производных. Использование смеси из различных полимеров, которая производится путем смешивания в расплавленную массу, очень важно в переработке пластмасс. При сочетании различных полимеров нужно учитывать их свойства, выгодно подчеркнуть желаемые свойства материала каждого полимерного компонента, компенсируя при этом нежелательные свойства другого компонента, также учитывать, в определенной степени, и пропорции этих компонентов в смеси. Это обеспечивает пластиковым материалам, свойства которых могут быть скорректированы при соответствующем техническом использовании. Сочетание различных полимеров (*в частности, сочетание двух полимерных компонентов, благоприятных для использования в пластике или для того, чтобы подчеркнуть свойства полимерного компонента*) *компенсирует при этом нежелательные свойства другого компонента, в зависимости от соотношения компонентов.*

Пластиковые материалы, которые состоят из синтетических полимеров, часто используются для создания эфемерных коммерческих товаров (*визитные карточки, водопроводные трубы и т. д.*). *Утилизация пластика стоит весьма дорого. Этот факт, а также необходимость сохранения ограниченных ресурсов нефти, из которых происходит синтез основных пластиковых материалов, приводит к необходимости заменить синтетические полимеры природными полимерами. Цель замены синтетических полимеров природными становится еще более привлекательной, потому что сжигание синтетической пластмассы, которое часто является единственной возможностью уничтожения отходов, происходит со значительным выбросом углекислого газа* CO_2 *и другими токсичными выбросами. В противоположность этому, полимеры растительного происхождения имеют экологически нейтральный* CO_2 *баланс, т. к. при сжигании природных полимеров в атмосферу выделяется* CO_2 *не больше, чем при росте самого растения. Кроме того, биологически разлагаемые или компостированные природные полимеры представляют основной интерес, потому что они могут разлагаться, как правило, без остатков и в значительно более короткие сроки, чем большинство синтетических полимеров.*

Есть множество известных пластиковых материалов на основе природных полимеров, изменяющихся путем окисления, ферментами, как, например, дюропласт из казеина или термопласты из нитрата или ацетата целлюлозы. Недостатком многих известных натуральных материалов и пластика – это их гигроскопичность, что еще более увеличивается с добавлением пластификаторов. Кроме того, их производство требует высокой температуры примерно 200 °C, *что влечет за собой высокое потребление электрической энергии. Кроме того, такие пластмассы часто имеют неприятный запах и худшие свойства материала, чем синтетические материалы.*

Лигнин представляет собой природный полимер со значительно улучшенными материальными свойствами по сравнению с другими природными полимерами и характеризуется относительно высокой прочностью, жесткостью и высокой стойкостью по отношению к ультрафиолетовому свету. Лигнин – это также подходящий материал для тепло- и звукоизоляции. По структуре лигнин – высокая молекулярная полифенольная макромолекула, которая заполняет пространство между клеточной мембраной древесных растений и превращает их в дерево. Таким образом, производные вещества из лигнина и целлюлозы устойчивы к давлению и имеют хорошую прочность при растяжении. В зависимости от типа древесины фенильные группы лигнина могут быть заменены до двух метоксигрупп и алкилгрупп или до двух гидроксильных групп.

Большое количество лигнина производится как побочный продукт при производстве целлюлозы и поэтому доступно в больших количествах. Разрушение древесины производит лигносульфоновые кислоты в составе отработанного раствора, в котором лигносульфоновые кислоты растворяют в форме фенолятов (*«щелочного лигнина»*). *Кислоты лигнина могут быть выделены с помощью серной кислоты и диоксида углерода.*

В частности, щелочной лигнин, который является отходом целлюлозной промышленности, уже используется в качестве связующего для плит из древесины и целлюлозы, в качестве диспергатора, а также в качестве стабилизатора в битумной эмульсии.

Патенты DE19700902, DE19700903, DE19700905, DE19700907 *и* DE19701015 *раскрывают промежуточный продукт для производства полимеризаторов из лигнина, которые получаются из целлюлозно-бумажной промышленности, где производные лигнина взаимодействуют с фенолом в присутствии окислителей, таких как кислород. Этот промежуточный продукт используется для создания водонепроницаемой бумаги и картонных коробок, в производстве ДСП, в качестве связующего для крахмала, для водонепроницаемых производных крахмала, в качестве изоляционного материала, а также в качестве компонента композитного материала, обогащенного растительными волокнами.*

В патенте EP0720634 *говорится о природном гранулированном материале, который производится из щелочного лигнина, белков или производных белков. Производные белков могут быть в распаде и компосте, производятся через стереохимическую модификацию, с помощью органических кислот, в частности уксусной кислоты. Этот материал может быть переработан в термопластически структурные части.*

Патент WO98/06785 *описывает подобную композицию, в которой лигнин и белок нагревается и плавится. Этот материал не подходит для большинства целей, т. к. белки являются пахучими и часто гигроскопичны, даже при обработке* [16].

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Основная **цель** данной работы – провести поиск новой смеси полимерного материала, который характеризуется отличными свойствами материала и который имеет благоприятный CO_2 баланс.

Эта задачу можно решить в соответствии с материалом, изготовленным из смеси полимера, который содержит, по меньшей мере, один природный полимер на основе лигнина и, по крайней мере, один синтетический и/или природный полимер, чтобы увеличить вязкость, и который не содержит белки.

Благодаря своей широкой доступности, мучнистый щелочной лигнин, который можно извлечь из обработки целлюлозы водой при переработке отходов за счет испарения или растворения в спирте, таких как гликоль, предпочтительно использовать для производства полимерной смеси. Вследствие исключения белков у продукта отсутствует запах.

Почти все известные синтетические термопластичные материалы могут быть использованы как: синтетические полимерные компоненты для повышения вязкости (например, полиэтилен, полипропилен и т. д.), термопластичный эластомер, т. е. термоэластичный (например, полистирол, полибутадиен, изопрена и др.). Синтетический полимер также может содержать дополнительные вещества, такие как пластификаторы (фталаты, адипинаты, алкилфосфаты и т. п.), что позволяет использовать даже жесткие синтетические полимеры, такие как ПВХ.

В качестве полимеров увеличивающих прочность наиболее часто используют полилактид, полигидроксильный бутират и/или валерат, ацетат целлюлозы и/или ацетопропионат, а также крахмал, в частности, с высоким содержанием амилозы.

Изобретенная смесь может быть получена способом расплавления при температуре выше 200 °С. Следует избегать повреждения природных полимеров. Выбор полимеров для повышения вязкости ограничивается только этой верхней температурой [17].

Благодаря стремлению решить экологические проблемы, а также снизить зависимость полимерной отрасли от ископаемых сырьевых продуктов, цены на которые постоянно растут, рынок биополимеров активно расширяется. Наибольший рост мирового рынка биоразлагаемых полимеров, согласно прогнозам аналитиков, ожидается в течение ближайших пяти лет. Мировой рынок биоразлагаемых полимеров в 2011 г. оценивался в 1,484 млрд долл., в 2016 г. его объем в денежном выражении достигнет 4,14 млрд долл. Есть и более смелые прогнозы. Так, аналитики IBAW считают, что уже к 2020 г. производство биоразлагаемых пластиков превратится в глобальный бизнес, оцениваемый в 38 млрд долл. [18].

Мировой рынок упаковки из биоматериалов в зависимости от вида используемых полимеров представлен на рис. 1. Наиболее существенную долю рынка сегодня занимают полимеры из полилактида, далее следуют пластмассы на основе крахмала и целлюлозы [19].

В настоящее время производители полимеров на базе молочной кислоты значительное внимание уделяют вопросам удешевления получаемой биоразлагаемой продукции за счет создания высокопроизводительных технологических процессов [21]. *Активную работу в совершенствовании технологии производства молочной кислоты проводит американская фирма Cargill Inc. На основе молочной кислоты они наладили выпуск биоразлагаемого полимера Eco-Pla, листы которого сравнимы по ударопрочности с полистиролом. Покрытия и пленки отличаются высокой прочностью, прозрачностью, блеском, приемлемой температурой экструзии, около* 200 °С*, имеют низкий коэффициент трения* [22]. *Пленка хорошо сваривается и при этом может биоразлагаться при компостировании. Фирмой Cargill Inc. в результате проведенных работ ос-*

воено производство полилактида ферментацией декстрозы кукурузы мощностью до 6 тыс. т/год. В перспективе она планирует расширить производство до 50–150 *тыс. т/год и снизить стоимость полилактида с* 250 *до* 2,2 *долл./кг. Голландская фирма CSMN выпускает* 34 *тыс. т/год молочной кислоты с возможным последующим увеличением мощности в два раза* [23]. *Технология получения кислоты разработана и запатентована совместной фирмой PURAC-GRUPPE, поставляющей молочную кислоту под маркой PURAC на мировой рынок* [24]. *С целью удешевления полимера на основе молочной кислоты японской фирмой Mitsui Toatsu освоена опытно-промышленная установка получения полилактида в одну стадию* [25]. *Образующийся продукт представляет собой термостойкий полимер со свойствами лучшими, чем пластик, полученный по двухстадийному процессу* [26]. *При этом цена нового материала составляет* 4,95 *долл./кг. На основе этого полилактида фирма Dai Nippon разработала жесткую пленку, эластичную, как полиэтилен, и по свойствам сравнимую с полистиролом. Исследованием технологии получения полимеров на основе полимолочной кислоты, начиная с* 1991 *г., активно занимается финская фирма Neste, где всесторонне изучаются физико-механические свойства полилактида с молекулярной массой* 5000–10000 *и рассматриваются области применения такого полимера* [27]. *Департамент биотехнологии японской группы Toyota построил пилотную установку мощностью* 1 *тыс. т по производству полимолочной кислоты. Нидерландское предприятие Hycail запустило промышленное производство полимолочной кислоты мощностью* 50 *тыс. т продукта в год* [28]. *В США агрохимическая группа ADM и биотехнологическая компания Metabolix планируют построить завод по производству биополиэфира (биополиэстера) производственной мощностью* 50 *тыс. т в год. Американская группа Procter & Gamble Chemicals планирует запустить в Европе производство ферментативного полиэстера. Завод компании Tianan по производству полимолочной кислоты работает в Китае. На основе крахмала фирма Biotec GmbH производит компостируемые пластические массы для различных областей применения: литьевой биопласт в виде гранул для литья изделий разового назначения, пеноматериалы для упаковки пищевых продуктов, гранулы для получения компостируемых раздувных и плоских пленок – Bioflex. Высокая экологичность и способность разлагаться в компосте при* 30 °C *в течение* 2-*х месяцев с образованием благоприятных для растений продуктов распада делает перспективным применение подобных материалов в быту* [29]. *В рамках программы по охране окружающей среды чешская фирма Fatra совместно с производителями крахмала и институтом полимеров разработала разлагающуюся при компостировании упаковочную пленку марки Ecofol на основе крахмала с полиолефином. Использование недорогих компонентов позволило получить готовую пленку по цене* 70 *крон/кг. Такая пленка в условиях компостирования разлагается за* 3–4 *месяца* [30]. *Японские исследователи при получении биодеструктируемых полимерных материалов, находящих применение в сельском хозяйстве, используют обработанную термомеханически древесную массу в композиции с поливинилацетатом и глицерином* [31].

В последнее время особое внимание разработчиков привлекают композиции, содержащие хитозан и целлюлозу [32]. *Из них получают биоразлагаемые пластики, пленку с хорошей прочностью и водостойкостью, если в смеси содержится* 10–20 % *хитозана. Тонкие пленки деструктируют в почве за* 2 *месяца, полностью растворяются и исчезают* [33]. *Плотность пластика целлюлоза хитозан –* 0,1–0,3 *г/см*^{3}. *Фирмой Showa (Япония) разработан биодеструктируемый полимер для внешнего корпуса телевизоров и персональных компьютеров* [34]. *Полимер является одним из типов термореактопластов, получаемых при нагревании аминосмолы с протеином, хотя состав подробно не обсуждается. Предложенный материал имеет высокую*

Рис. 1. Объемы производства биополимеров в разных странах мира (%) [20]

теплостойкость, прочность и упругость, разлагается в воде и под действием подпочвенных бактерий [35]. *Два химических гиганта BASF и Bayer AG занимаются получением биоразлагаемых синтетических пластиков путем синтеза соответствующих полиэфиров и полиэфирамидов* [36]. *На основе такого полиэфира еще в* 1995 *г. BASF освоил производство биоразлагаемого пластика Ecoflex F, применяемого для изготовления мешков, сельскохозяйственной пленки, гигиенической пленки, для ламинирования бумаги* [37]. *Механические свойства Ecoflex F сравнимы с ПЭНП (Полиэтилен низкой плотности*) [38]. *Из него получают пленку с высокой разрывной прочностью, гибкостью, водостойкостью и проницаемостью водных паров. Перерабатывается он методом экструзии с раздувом и охлаждением на валках, как полиэтилен низкой плотности. Его способность к деформации позволяет получить тонкие пленки (менее* 20 *мкм*), *которые не требуют специальной обработки* [39]. *Пленка из Ecoflex F хорошо сваривается, на нее наносится печать на обычном оборудовании. Использование фирмой собственного исходного сырья и производственных мощностей позволяет производить гранулы синтетического полиэфира по цене* 6,5–8,0 *евро/кг в зависимости от качества. Композиции, содержащие основной компонент – сополиэфир повышенной вязкости, используют при получении биоразлагаемых пенопластов для упаковки* [40]. *Начиная со второй половины* 1990-*х гг., Bayer AG выпускает новые компостируемые, биоразлагаемые в аэробных условиях термопласты BAK-1095 и BAK-2195 на основе полиэфирамида. Материал имеет высокую адгезию к бумаге, что позволяет широко использовать его для изготовления влаго- и погодостойкой упаковки, используемой в пищевой промышленности и сельском хозяйстве* [41]. *Мешки из BAK-1095 в компосте при соответствующем увлажнении разлагаются за* 10 *дней на биомассу, диоксид углерода и воду. Переработка композиций в конечные изделия ведется на стандартном оборудовании. Поэтому можно достаточно быстро освоить выпуск новых экологически безопасных полимеров и в значительной степени решить задачу понижения цены биоразлагаемых пластиков, уменьшить проблему полимерного мусора из отходов тары и упаковки и сократить захоронения полимеров в землю* [42].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В итоге мы можем выделить преимущества биоразлагаемых полимеров, такие как:

– возможность обработки, как и обычных полимеров, на стандартном оборудовании;

– низкий барьер пропускания кислорода, водяного пара;

– стойкость к разложению в обычных условиях;

– быстрая и полная разлагаемость при специально созданных условиях или естественных – отсутствие проблем с утилизацией отходов;

– независимость от нефтехимического сырья.

Сегодня можно с уверенностью утверждать, что биопластики эффективные и технологически зрелые материалы, которые способны свести к нулю вредоносное воздействием пластмасс на окружающую среду.

Анализ жизненного цикла показывает, что биопластик может сократить выбросы CO_2 на 30–70 % по сравнению с обычной пластмассой (в зависимости от материала и области применения). Более того, увеличение использования биомассы в биопластике имеет явное преимущество: возобновляемость и доступность. Направления применения биополимеров расширяются – от бытовых и сельскохозяйственных до общепромышленных и машиностроительных. Опережающее развитие технологий производства и переработки биоразлагаемых и компостируемых полимеров имеет государственную поддержку в ряде стран Европы. К сожалению, вопросам разработки и практическому освоению технологии биоразлагаемых пластиков в России уделяется недостаточное внимание [43].

В итоге мы получаем, что, во-первых, главное достоинство пластика, которого добивались изобретатели, – долговечность явилось и главным его недостатком: пластик очень медленно разлагается – 100 лет и более. Во-вторых, пластик производится из невозобновляемых ресурсов – нефти, угля и газа. В-третьих, при горении пластика в атмосферу выбрасываются токсичные компоненты – диоксины, вызывающие аллергические реакции и приводящие к иммунодефициту. В-четвертых, от пластиковых пакетов и бутылок ежегодно умирают тысячи животных: птицы, черепахи, тюлени, киты. Рынок биопластиков появился не так давно, но достаточно быстро растет и развивается, а значит, и развиваются технологии его производства. Но технологии его получения еще далеки до совершенства, поэтому все еще существует большое поле деятельности для исследования этой проблемы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Позитивные новости экологии, технологии, энергетики и природы. URL: http://www.facepla.net. Загл. с экрана.
2. Энциклопедия знаний. URL: http://www.pandia.ru. Загл. с экрана.
3. Образовательный ресурс по химии. URL: http://www.himhelp.ru. Загл. с экрана.
4. Днепропетровск – городской информационный портал. URL: http://dpua.info. Загл. с экрана.
5. Пагода. Упаковка, которая сохраняет. URL: http://www.pagoda-upakovka.ru. Загл. с экрана.
6. *Легонькова О., Кудрякова Г.* Сможет ли биотехнология помочь окружающей среде? // Тара и упаковка. 2010. № 4. С. 18.
7. *Легонькова О.* Биоразлогаемые полимеры, технология их получения и применение // Тара и упаковка. 2008. № 1. С. 25.
8. Утилизация и вторичная переработка полимерных материалов: учеб. пособие. Тамбов: Изд-во Тамбов. гос. тех. ун-та, 2005. 80 с.
9. *Осипов П.* Что делать? // Pakograff: электронный журнал. 2003. № 3. URL: www.pakkograff.ru. Загл. с экрана.
10. Биоупаковка: единой позиции пока нет // Тара и упаковка. 2010. № 5. С. 40.
11. Онлайн-библиотека Сторожевой башни. URL: http://wol.jw.org. Загл. с экрана.
12. URL: http://upakovka.jofo.ru (дата обращения: 21.04.2013 г.)
13. Publishing house Education and Science s.r.o. URL: http://www.rusnauka.com. Загл. с экрана.
14. Фирма Коррекс – производство пластиковой упаковки. URL: http://www.korrex.ru. Загл. с экрана.
15. Производство и изготовление пакетов из ПНД, ПВД и полипропилена. URL: http://kvartaplast.ru. Загл. с экрана.
16. Espacenet. Patent search. URL: http://worldwide.espacenet.com. Загл. с экрана.
17. Патент US6509397. Январь 21. 2003.
18. ММГ. Маркетинговые исследования. URL: http://www.marketing-ua.com/. Загл. с экрана.
19. Грайнтек – конференция по переработке зерна. URL: http://graintek.ru/. Загл. с экрана.
20. *Краевы Е.К.* // The Chemical Journal. 2012. Март. С. 7.
21. *Фомин В.А., Гузеев В.В.* Биоразлагаемые полимеры: состояние и перспективы использования // Пластические массы. 2001. № 2. С. 15.
22. *Попов А.В.* Биоразлагаемые полимерные материалы // Тара и упаковка. 2007. № 3. С. 26.
23. *Макаревич А.В.* и др. // Пластические массы. 2006. № 1. С. 17.
24. Материалы для поликонденсации / под ред. Дж. Стилла. М.: Мир, 2006.

25. Linnemann B., Sri Harwoko M., Gries H. // Chemical Fibers International. 2003. P. 23.
26. *Хомяков А.К.* // Химическая энциклопедия. М.: Изд-во БРЭ, 2002. Т. 3.
27. Энциклопедия полимеров / под ред. В.А. Кабанова. М., 2007. Т. 2.
28. *Перепелкин К.Е.* // Химия и химическая технология волокон. 2002. № 2.
29. *Kricheldorf H.R., Fecbner B.* Polylactones // Biomacromolecules. 2002. V. 3.
30. *Барская И.Г., Людвиг Е.Б., Тарасов С.Г., Головекий Ю.К.* // Высокомолекулярные соединения. Гл. 9. С. 29.
31. Орхуський центр Запорізької області. URL: http://npo.vo.uz. Загл. с экрана.
32. *Шериева М.Л., Шустов Г.Б., Шетов Р.А.* Биоразлагаемые композиции на основе крахмала // Пластические массы. 2004. № 10. С. 29-31.
33. *Шустов Г.Б., Шериева М.Л., Мирзоев Р.С., Канаметова И.К., Бештоев Б.С.* Биологически утилизируемые пластики: состояние и перспективы // Материалы 2 Всероссийской научно-технической конференции «Новые полимерные композиционные материалы». Нальчик, 2005. С. 34-38.
34. *Шериева М.Л., Шустов Г.Б., Мирзоев Р.С., Бештоев Б.З., Канаметова И.К.* Получение и исследование свойств модифицированного крахмала // Материалы 2 Всероссийской научно-технической конференции «Новые полимерные композиционные материалы». Нальчик, 2005. С. 117-120.
35. *Шериева М.Л., Шустов Г.Б., Шетов Р.А., Бештоев Б.З., Канаметова И.К.* Исследование смесей на основе кукурузного крахмала и полиэтилена // Материалы 2 Всероссийской научно-технической конференции «Новые полимерные композиционные материалы». Нальчик, 2005. С. 266-273.
36. *Суворова А.И., Тюкова И.С., Труфанова Е.И.* Биоразлагаемые полимерные материалы на основе крахмала // Успехи химии. 2000. № 5. С. 494-504.
37. *Long Yu, Gregor Ch., Yeo B.* Biodegradable polymer. Пат. 753328. Австралия. МПК C 08 L 003/06. C 08 K 000/09. Заявл. 13.12.1999; Опубл. 17.10.2002.
38. Biodegradable resin composition and its molded product. Заявка 1097967. ЕВП, МПК 7 C 08 L 67/0. Заявл. 31.10.2000; Опубл. 09.05.2001.
39. *Zhang P., Huang F., Wang B.* Characterization of biodegradable aliphatie/aromatic copolysters and their starch blends // Polym. Plast. Technol. and Eng. 2002. № 2. P. 273-283.
40. *Favis B.D., Rodriquez F., Ramsay B.A.* Polymer composition containing thermoplastic starch. Пат. 6605657. США. МПК C 08 L 1/00. Polyvalor Soc. En Comandite. № 09/ 472242; Заявл. 27.12.1999; Опубл. 12.08.2003.
41. Nakashima Teruo, Jto Hiraku, Matsuo Masaru. Biodegradation of bigh-strength and high-modulus PE-starch composite films buried in several kinds of soifs // J. Macromol. Sci. B. 2002. V. 1. P. 85-98.
42. *Wang Xiu Li, Yang Ke-Ke, Wang Yu-Zhong.* Properties of starch blends with biodegradable polymers // I. Macromol. Sci. C. 2003. V. 3b. P. 385-409.
43. Walcher Beschichtete bioabbaubare Materialien. Заявка 19841382. Германия. МПК C08 J 7/04. Biotop GmbH. № 19841382.3; Заявл. 12.03.1998; Опубл. 12.08.2000.
44. *Behrend By D., Schmitz K.-P., Haubold A.* Bioresorable polymer materials for implant technology // Adv. Mater. 2000. V. 2. № 3. P. 123-125.

Поступила в редакцию 21 мая 2013 г.

Ter-Akopov S.G., Gusev A.A., Balybin D.V. CURRENT STATUS, ISSUES AND TRENDS IN INDUSTRY PRODUCTION OF BIOPOLYMER LIGNIN-CONTAINING MATERIALS

Market has a wide range of bioplastics, which are significantly different to each other both in composition and performance. Many of bioplastics are at the initial stage of development. So the potential for their using is not fully defined but it is obvious that it is far from exhausted.

Key words: bioplastics; biopolymer; cellulose; lignin; biodegradable material.