

УДК 678.8

## БИОРАЗЛАГАЕМЫЕ ПОЛИМЕРЫ – КАК СПОСОБ СНИЖЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ОТХОДОВ

Ветошкина А.Е., студентка гр.ХПб-191, IV курс

Научный руководитель: В.Н. Третьяков, к.т.н., доцент

Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачёва  
г. Кемерово

В данный момент времени, полимерные отходы потребления гражданского направления, являются одним из основных источников загрязнения нашей планеты. Перед всеми экономически-развитыми странами встает проблема загрязнения окружающего мира и одним главным загрязнителем является упаковка. Упаковка способствует сохранению ее содержимого от различных повреждений, а информативная и привлекательная упаковка — непременный атрибут маркетингового хода. Большинство товаров упаковывают в огромное количество пленки и бумаги, которое выбрасывается потребителем на свалку. Как результат — растущие полигоны для мусора, 40% которого составляет одноразовая упаковка [1].

Угроза нарушения биосферного равновесия на планете полимерными отходами показала всю сложность проблемы использования композиционных материалов, инертных к окружающей среде и способных сохранять присущие им свойства неизменными в течение длительного времени. Актуальным решением данной проблемы, является получение пластиков, 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 [2]. Сочетание агроотходов с термопластом становится одним из важнейших направлений исследований. Сельскохозяйственные отходы характеризуются многообразием, низкой стоимостью, они возобновляемы и полностью биоразлагаемы. Биопластики способны улучшить баланс между экологическими выгодами и воздействием пластмасс на окружающую среду.

Научное сообщество дало четкое определение биоразлагаемым полимерам, которое было включено в стандарт Американского общества по испытаниям и материалам (ASTM), позднее еще несколько стран приняли подобные определения. В документах ASTM определяется, что биологически разлагаемый пластик — это разлагаемый пластик, в котором разложение происходит в результате действия природных микроорганизмов, таких как бактерии, грибы и водоросли.

Обычно выделяют два класса промышленных биоразлагаемых полимеров:

- немодифицированные полимеры, которые чувствительны к биохимической активности ферментов;
- синтетические полимеры, преимущественно сложные полиэфиры.

Некоторые синтетические биополимеры также являются возобновляемыми, так как они получены из возобновляемого исходного сырья, например, полимолочная кислота (PLA), которую выделяют из сельскохозяйственного сырья. Диапазон использования биоразлагаемых продуктов достаточно высок, к ним можно отнести:

- упаковочные материалы (пакеты для мусора, контейнеры для пищевых продуктов);
- потребительские товары (ручки бритвенных станков, игрушки, посуда, соломинки);
- продукция промышленного назначения (рыболовные сети, мульчирующие покрытия);
- продукция медицинского назначения (системы доставки лекарственного вещества к участку действия, шовный материал, бинты, ортопедические имплантаты);
- покрытия (защитные покрытия с низкой водо-паропроницаемостью);
- гигиенические продукты (продукты гигиены, поступающие в систему канализации, составная часть подгузников).

Но объем рынка биоразлагаемых полимеров по сравнению со стандартными пластмассами все-таки остается чрезвычайно низким, хотя и стабильно растет. На увеличение спроса влияет ряд факторов:

- ведущие поставщики биоразлагаемых полимеров разработали новые технологии и новые продукты, которые открыли новые рынки и сферы применения;
- разница в стоимости между биоразлагаемыми полимерами и полимерами на основе нефтепродуктов в результате развития технологий уменьшилась;
- мировая промышленность по производству биополимеров установила ряд стандартов и процедур сертификации биоразлагаемых упаковочных материалов, что способствует росту их производства;
- ряд стран разработали нормативы, которые благоприятствуют переработке отходов;
- потребители все чаще отдают предпочтение экологически благоприятной упаковке;
- производители стали признавать преимущества рекламы «зеленой» упаковки.

Биоразлагаемые полимеры, чтобы достичь полного рыночного потенциала, должны обладать большей функциональностью и производительностью. В дальнейшем развитии рынка решающую роль играют разработка новых продуктов и улучшение свойств ранее разработанных. Это относится к разработке более надежных и обладающих более низкой стоимостью сырьевых

материалов для производства биополимеров, улучшению эксплуатационных характеристик по сравнению с обычными полимерами, улучшению технологических параметров и разработке новых полимеров и их композиций. [3].

Главный тренд на мировом рынке упаковки – постепенный отказ от любой пищевой упаковки, в которой доля материалов длительного распада превышает количество 80 %, а период полного разложения в природе – более одного года [4].

Разработка технологий биопластических масс регламентируется международным стандартом ASTM D-6400 «Стандартные технические условия для маркировки пластмасс предназначенные для аэробного компостирования в условиях муниципальных или промышленных объектов». Классификация бiorазлагаемых и разлагаемых пластмасс в соответствии со Стандартной Спецификацией для Компостируемых пластиков подразделяет их на:

- крахмал на основе пластмасс. В настоящее время термопластичный крахмал является наиболее широко распространенным биопластиком, который составляет примерно 50% рынка биопластиков. Является подходящим материалом для производства капсул лекарственных препаратов фармацевтического сектора;
- целлюлоза на основе пластмасс. Данная группа включает в себя: ацетат целлюлозы, биопластик целлюлозы, биопластик с эфирами целлюлозы (включая нитроцеллюлозу) и их производных, в том числе целлULOид;
- протеин на основе пластмасс. Данный вид биопластика, производится из белков различного происхождения (например, пшеничная клейковина и казеин) и обладает перспективными свойствами в качестве сырья для различных бiorазлагаемых полимеров;
- алифатические полиэфиры. К ним относятся алифатические биопластики такие как РНА, РНВ, РНВ, РНН;
- полимолочные кислоты (PLA). Полимолочные кислоты – представляет собой прозрачный пластик, производимый путем полимеризации лактата и поликонденсации лактата (молочной кислоты). PLA и PLA смеси, как правило, поставляются в виде гранул и используются в области переработки пластмасс для производства волокон, пленок, пластиковых контейнеров, стаканчиков и бутылок;
- политригидроксибутират (РНВ). Биополимер поли-3-гидроксибутират представляет собой полиэстеровую массу, которая вырабатывается определенным видом микроорганизмов, перерабатывающие глюкозу или крахмал. Является бiorазлагаемым без остатка материалом;
- полигидроксалканоаты (РНА). Группа линейных полиэфиров, производимые в природе с помощью бактериальной ферментации липидов или сахара. Они синтезируются бактериями для хранения энергии и углерода. РНА обладают широким спектром физико-механических свойств, которые позволяют производить из них многие типы полимерных изделий. Они устойчивы к действию горячей воды, в то же самое время быстро разлагаются в природных условиях;

- био-производные полиэтилена. Мономер этилена, который получают из этанола, путем ферментации сельскохозяйственного сырья: сахарный тростник, кукуруза.
- липидные производные полимеры представляют собой ряд биопластической массы, которые синтезируются из растительных и животных жиров, а также масел, полиуретанов, полиэфиров, эпоксидных смол и ряда других типов полимеров [3].

Ассортимент органических добавок растёт с каждым годом и на замену всем известного хитина, хитозана и крахмала все чаще приходят отходы лесного и сельского хозяйства, различные крупы, скорлупы, шелуха и многое другое. Среди различного растительного сырья лесного и сельского хозяйства, большой интерес представляет скорлупа различных орехов [5]. Ореховые скорлупы – это один из источников возобновляемых лигноцеллюлозных материалов, которые являются побочными продуктами лесного и сельского хозяйства. Подобные композиционные материалы по свойствам практически не отличаются от полимеров, на основе которых они получены. Использование этих материалов в качестве наполнителей включает в себя их более низкую удельную плотность, относительно минеральных наполнителей, биоразлагаемость и отсутствие токсичности, что делает их более экологически безопасными с точки зрения утилизации. Также среди пластмасс на биологической основе выделяют полимолочная кислота (PLA), обладающую оптимальными свойствами, включая высокую прочность при растяжении и модуль упругости. Это биоразлагаемый термопластичный линейный полиэстер, по своим свойствам схожий с полистиролом. Сыре для получения PLA получают путем ферментации глюкозы или крахмала. В качестве источника углеводов могут быть использованы кукуруза, пшеница или, в качестве альтернативы, сыворотка и патока. Полигидроксиалканоаты (PHAs) являются их коммерческими конкурентами, хотя им не хватает некоторых оптических и механических свойств по сравнению с пластиком. Несмотря на доступность картофельного крахмала как сырья для разработки биоразлагаемой упаковки, получаемый крахмалопласт имеет неустойчивую структуру, может деформироваться, рваться, практически моментально растворяется в воде. Будущая биоразлагаемая упаковка должна выдерживать длительный контакт с водой, так как планируется ее использование для напитков, в т.ч. горячих, таких как чай, кофе. Чтобы создать более прочную структуру добавляется жировой продукт – глицерин, который обволакивает крахмальные молекулы, и органическая кислота, в результате чего образуется прочный сеточный каркас [6].

Процесс биоразложения происходит в два этапа. Первый – это разделение полимеров на виды с более низкой молекулярной массой методом абиотических реакций, т. Е. окисления, разрушения или гидролиза, либо биотических реакций, т. Е. разложения микроорганизмами. После этого следует биоосмос кусочков полимера микроорганизмами и их минерализация. Хотя биопластики считаются экологичными материалами, они также имеют некоторые ограничения в использовании, такие как высокая стоимость производства и плохие

механические свойства. Недостатком высокой себестоимости производства можно управлять, используя низкую стоимость возобновляемых ресурсов, таких как сельскохозяйственные отходы.

Таким образом, разработка новых технологий должны быть направлена в будущем на полную биодеградацию биоразлагаемых материалов с использованием катализаторов. Зачастую они представлены протеазами, эстеразами, гликозидазами. Пероксид марганца, определенные виды бактерий и микробов, способных разлагать определенные виды биопластика с полной биодеградацией также является одним из приоритетных направлений в области исследования по биохимическому разложению биоразлагаемых пластмасс.

### **Список литературы**

1. Беркетова Л. В., ORCID: 0000-0002-1798-6131, SPIN-код: 4693-8465, ;Полковникова В. А., К ВОПРОСУ ОБ ЭКО-, СЪЕДОБНОЙ И БЫСТРОЗАЛАГАЮЩЕЙСЯ УПАКОВКЕ В ПИЩЕВОЙ ИНДУСТРИИ.
2. Abba H. Review of agro waste plastic composites production/ Abba H., Nur I., Salit S., // Jurnal of Minerals and Materials Characterization and Engineering/ - 2013. - V.1 – P.271-279
3. Г. Р. Тимирбаева, БИОРАЗЛАГАЕМЫЕ ПОЛИМЕРЫ: ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ Рынка.
4. Иринина О.И., Суханова К.А. Экологичная посуда и упаковка для продукции массового питания: реалии и перспективы. Сервис +, 2020, №3, сс 64-75. [Irinina O.I., Suhanova, K.A. Jekologichnaja posuda i upakovka dlja produkci massovogo pitanija: realii i perspekyivy [Eco-friendly tableware and packaging for mass food products: realities and prospects]. Servis +, 2020, no. 3, pp. 64-75].
5. Арзуманова Н.Б. Экологически чистые полимерные композиты на основе скорлупы лесного ореха и полиолефина / Арзуманова Н.Б., Каҳраманов Н.Т. // Химия и химическая технология: достижения и перспективы: материалы V Всероссийской конференции. Кемерово. 2020. С. 68.1-68.4.
6. Recycling of Food Production Waste in Order to Create Biodegradable Packaging, Yana Maiorova, Marianna Voronina