

УДК 621.798  
[https://doi.org/10.47612/2073-4794-2021-14-2\(52\)-91-98](https://doi.org/10.47612/2073-4794-2021-14-2(52)-91-98)

Поступила в редакцию 01.12.2020  
Received 01.12.2020

**С. И. Корзан**

*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»,  
г. Минск, Республика Беларусь*

## **ОБЗОР РЫНКА ЭКОЛОГИЧНЫХ УПАКОВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРОДУКТОВ ПИТАНИЯ**

**Аннотация.** В современном мире большинство упаковочных материалов производится из не возобновляемых ресурсов, как правило, из полимеров класса полиолефинов: полиэтилена, полипропилена и их сополимеров. Применение полиэтилена на отечественном рынке в последние годы заметно увеличилось. Несмотря на их многообразные достоинства, полимерные материалы наносят большой вред окружающей среде, так как практически вся упаковка одноразовая и утилизируется после извлечения продукта из нее. Проблема утилизации упаковки остается открытой и острой. В данной статье рассмотрена динамика утилизации упаковочных материалов, глобальные производственные мощности, исследование которых позволяет утверждать, что на данном этапе мировым рынком проявляется интерес и поиск новых решений по разработке технологий и наладке производств биоразлагаемых упаковочных материалов, по своим свойствам не уступающих обычным синтетическим материалам.

**Ключевые слова:** материал, полимер, биоразлагаемый, рынок, отходы, производство, оценка, стоимость

**S. I. Korzan**

*RUE “Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”,  
Minsk, Republic of Belarus*

## **INFLUENCE OF CONSTRUCTION AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF A ROTARY HEATER ON THE TEMPERATURE OF WATER HEATING**

**Abstract.** In the modern world, most packaging materials are made from non-renewable resources, usually from polymers of the polyolefin class: polyethylene, polypropylene and their copolymers. The use of polyethylene in the domestic market has increased markedly in recent years. Despite their diverse advantages, polymer materials cause great harm to the environment, since almost all packaging is disposable and is disposed of after the product is removed from it. The problem of packaging disposal remains open and acute. This article examines the dynamics of the recycling of packaging materials, global production capacities, the study of which allows us to assert that at this stage the world market is showing interest and the search for new solutions for the development of technologies and the adjustment of production of biodegradable packaging materials in properties that are not inferior to conventional synthetic materials.

**Keywords:** material, polymer, biodegradable, market, waste, production, appraisal, cost

**Введение.** Наиболее распространённым упаковочным материалом является полимерный пленочный материал, из которого изготавливают повседневно используемые в быту пакеты [1].

В настоящее время выделяют 12 основных групп синтетических полимерных материалов [2–4]: АБС-пластик (акрилонитрилбутадиеновый пластик), пенопласты, полиамиды, поливинилхлорид, поликарбонат, полиметилметакрилат, полипропилен, полистирол, полиуретан, полиэтилен, полиэтилентерефталат, фторопласты.

Применение полимерных материалов в последние годы заметно увеличивается. Широкое их использование обусловлено тем, что они обеспечивают надежную защиту упакованного продукта от загрязнения, повреждения, разложения, а также универсальностью применения форм и цветовой гаммы, дешевизной сырья, малой энергоёмкостью производства по сравнению со стеклом, металлом, бумагой.

Наряду с большим количеством достоинств, полимерные материалы имеют ряд существенных недостатков. Для их получения используют невозобновляемые природные ресурсы. Их свойства (прочность, эластичность, стойкость к окислению, долговечность) объясняются молекулярным строением: молекулярные цепочки полимеров длинные, разветвленные, молекулярная масса значительно больше молекулярной массы воды. Синтетические полимеры не являются биоразлагаемыми, хотя подвержены разложению через окисление и биохимический распад, однако этот период составляет более 100 лет.

Интенсивные темпы роста использования полимерной упаковки приводят к резкому увеличению количества отходов. Традиционные способы обращения с такими отходами (захоронение, сжигание, вторичная переработка и др.) не всегда экологически и экономически оправдывают себя. Поэтому усилия упаковочной индустрии направлены на получение полимеров, которые сохраняют свои упаковочные характеристики в период использования и хранения, а затем претерпевают физико-химические и биологические изменения под действием факторов окружающей среды и превращаются в низкомолекулярные соединения, исключая тем самым нанесение вреда природной биосистеме.

**Результаты и их обсуждение.** С целью изучения мирового рынка экологичных упаковочных материалов и установления возможности использования их для упаковки пищевых продуктов проведен анализ отечественной и зарубежной научно-технической литературы. Изучена динамика утилизации отходов и производственные мощности биопластиков.

Показатели переработки отходов, извлечения энергии и захоронения отходов в Европе за 2018 год, по данным Европейского института биопластиков, приведены на рис. 1 [5]. Приведенные данные (рис. 1), наглядно демонстрируют, что динамика утилизации упаковочных материалов постепенно изменяется в сторону рециклинга и энергетического сжигания. В некоторых развитых странах мира существует специальная законодательная база об ограничении захоронений упаковочных материалов.

В Республике Беларусь пока нет четкой политики в сфере утилизации полимерных упаковок, слабо организована вторичная переработка полимеров, применяются меры по раздельному сбору отходов потребления [6]. Развивается энергетическое сжигание, так к 2022 году планируется введение в эксплуатацию современного мусоросжигательного завода, который будет перерабатывать 500 тыс. т отходов в год. Площадка будет расположена в районе полигона твердых коммунальных отходов «Тростенецкий» [7]. Так же к 2025 году планируется запустить мусороперерабатывающий завод мощностью 100 тыс. т в год на полигоне твердых бытовых отходов у деревни Хоружевцы Лидского района, где на данный момент работает линия сортировки мощностью 5 тыс. т в год [8].

В последние десятилетия весьма эффективным и распространённым способом придания биологической разрушаемости синтетическим полимерам являлось введение в полимерную композицию различных биоразлагаемых наполнителей, а также других специальных целевых и технологических добавок. Наиболее распространенные из них – оксобиоразлагаемые добавки.

Несмотря на то, что многие производители утверждают, что образовавшиеся фрагменты разлагающегося пакета полностью расщепляются микроорганизмами, независимое исследование, проведенное в соответствии с международными стандартами [9], показало, что за 350 дней лишь 15 % оксоразлагаемого полиэтилена разлагается в почве до углекислого газа. Безопасность мелких фрагментов пластика для экосистем вызывает большие вопросы, так как они могут поглощаться животными и вызывать их преждевременную гибель. Дальнейший распад полиэтилена может приводить к образованию пыли, которая может проникать в дыхательные пути животных и людей и оседать в них.

Пример фоторазложения оксоразлагаемого пакета типа «майка» при попадании прямых солнечных лучей приведен на рис. 2.

Биоразлагаемые полимеры отличаются от прочих пластиков тем, что в окружающей среде под действием микроорганизмов (бактерий или грибов) и физических факторов (УФ-излучение, температура, кислород) разлагаются. Длинные цепочки молекул биоразлагаемых полимеров распадаются на углекислый газ и воду, а также метан, биомассу и неорганические соединения.

Технологии синтеза биоразлагаемых полимеров активно развиваются в США и Европе. Внедрены в производство в Корею, Японию, Китай. В Республике Беларусь разработка таких технологий находится в начале становления. Крупнейшими мировыми фирмами-производителями биоразлагаемых полимеров являются: Novamont (Mater Bi) (Италия), Biologische Verpackungssysteme (Германия), Fatra (Ecofol) (Чехия), Research Development (Япония), Tubize Plastics (Bioceta) (Франция), Cargill Inc (США) [10].

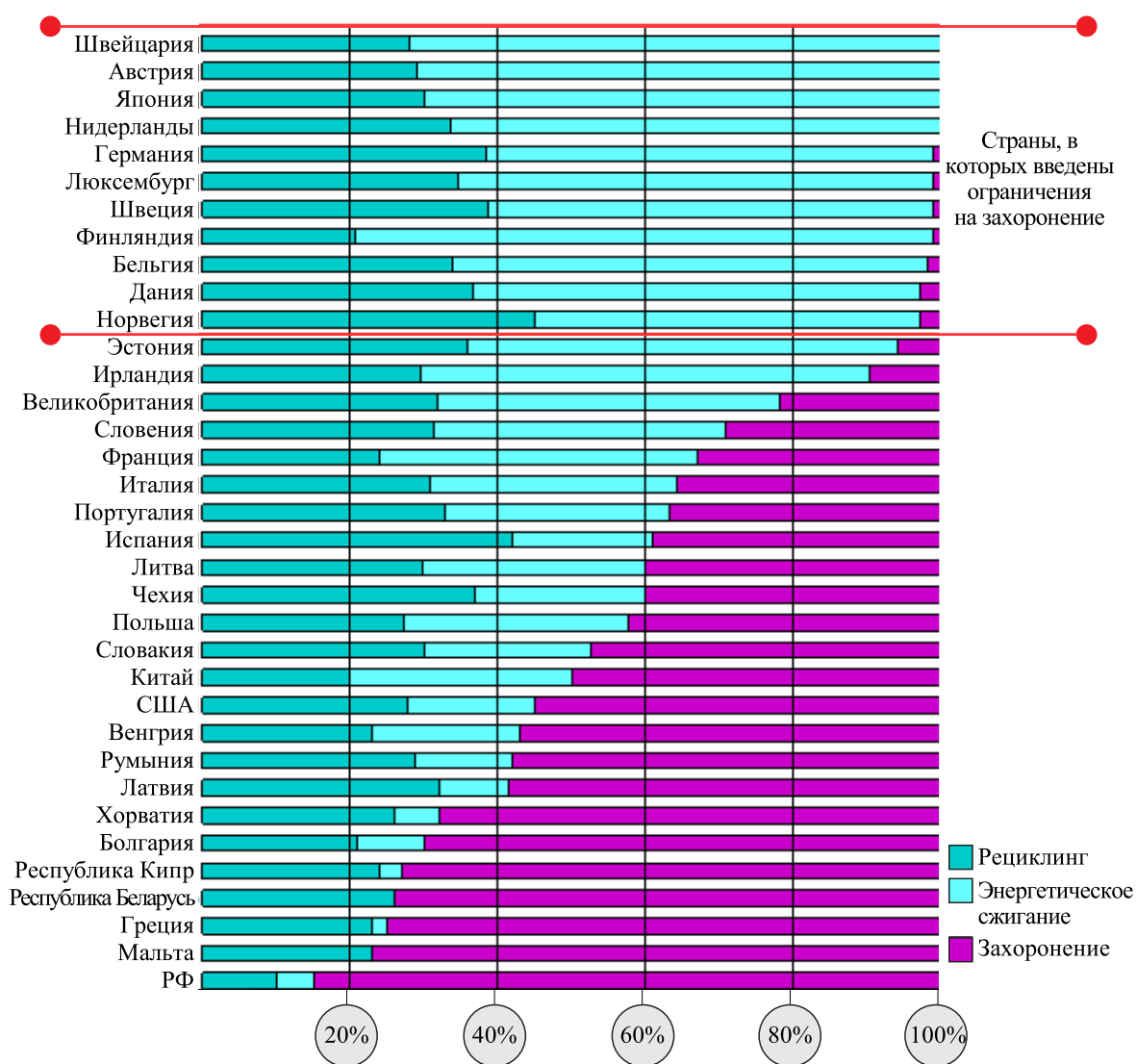


Рис. 1. Динамика утилизации упаковочных материалов по странам за 2018 год  
 Fig. 1. Dynamics of utilization of packaging materials by country in 2018

Биоразлагаемые пластики, в основном, производятся из крахмала, полимолочной кислоты (PLA), полигидроксиалканоев (PHA), целлюлозы и лигнина. При этом все компоненты материала являются биоразлагаемыми.

В настоящее время биопластики составляют примерно 1 % от 335 млн тонн пластиков, производимых ежегодно. Согласно последним данным Европейского института биопластиков «European Bioplastics e.V.» (г. Берлин) и научно-исследовательского института «Nova-Institute», (г. Хюрт, Германия) [11], которые являются ведущими организациями в области исследования биополимеров, глобальные производственные мощности по выпуску биопластиков увеличатся примерно с 2,11 млн тонн в 2018 году до приблизительно 2,62 млн тонн в 2023 году (рис. 3).

В число биоразлагаемых полимеров входят: крахмальные смеси, полимолочная кислота, PBAT — полибутилен адипат/терефталат, PBS — полибутилен сукцинат, полигидроксиалканоев. Основное внимание сегодня уделяется первым и последним в списке биополимерам.

Семейство полимеров PHA некоторое время находилось в разработке и сейчас выходит на рынок в коммерческом масштабе. По оценкам экспертов, производственные мощности PHA увеличатся в четыре раза в течение следующих пяти лет. Кроме того, удвоятся производственные мощности PLA к 2023 году. PLA является отличной заменой для PS (полистирола), PP (полипропилена) и ABS (акрилонитрилбутадиенстирола). Эти сложные полиэфиры на 100 % биоосновные и биоразлагаемые.



Рис. 2. Пример фоторазложения оксоразлагаемого пакета типа «майка» при попадании прямых солнечных лучей  
 Fig.2. An example of photodegradation of an oxo-decomposable «T-shirt» -type bag in direct sunlight

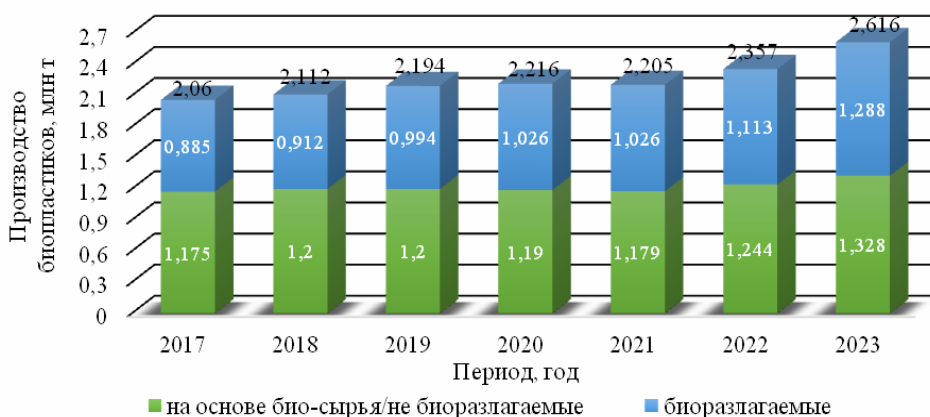


Рис. 3. Глобальные производственные мощности биопластиков в 2017–2023 гг.  
 Fig. 3. Global production facilities for bioplastics in 2017–2023

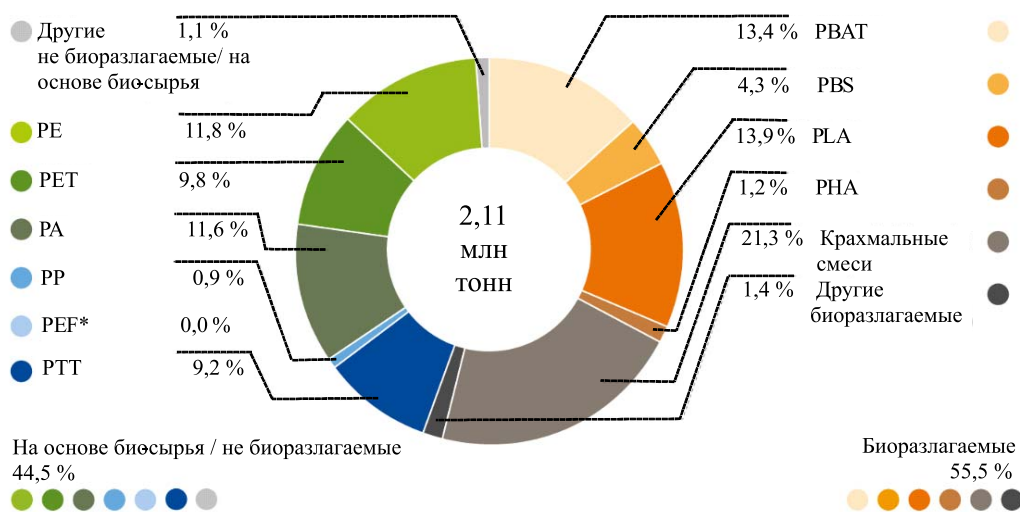
Биоосновные, не поддающиеся биологическому разложению пластмассы, в том числе решения на основе РЕ (полиэтилен на биооснове), РЕТ (полиэтилентерефталат на биооснове) и на основе РА (полиамид на биооснове), РТТ (политриметилтерефталат), в настоящее время составляют до 44,5 % (0,94 млн тонн) от мировых мощностей по производству биопластиков (рис. 4) [12].

Прогнозируется, что выпуск полиэтилена на биооснове будет продолжать расти, поскольку в ближайшие годы в Европе планируется запуск новых мощностей для его производства.

Большой интерес проявляется к разработке РЕФ (полиэтиленфураноата), нового полимера, который появится на рынке в 2023 году. РЕФ сопоставим с РЕТ, но на 100 % состоит из биологического сырья и имеет превосходные барьерные и термические свойства, что делает его идеальным материалом для упаковки напитков, пищевых и непродовольственных товаров.

Биопластмассы используются в различных секторах: от упаковки продуктов питания, бытовой электроники, автомобилестроения, сельского хозяйства и игрушек до текстиля и ряда других.

В структуре потребления крупнейшей областью применения биопластмасс является упаковка. В 2019 году данный сектор составлял почти 53 % (1,14 млн тонн) от общего рынка биопластиков (рис. 5) [12].



\*В настоящее время PEF находится в стадии разработки и, по прогнозам, будет доступен в коммерческом масштабе в 2023 году

Рис. 4. Глобальные производственные мощности биопластиков в 2018 – 2019 гг. (по типу материала)  
 Fig. 4. Global bioplastics manufacturing facilities in 2018 – 2019 (by type of material)

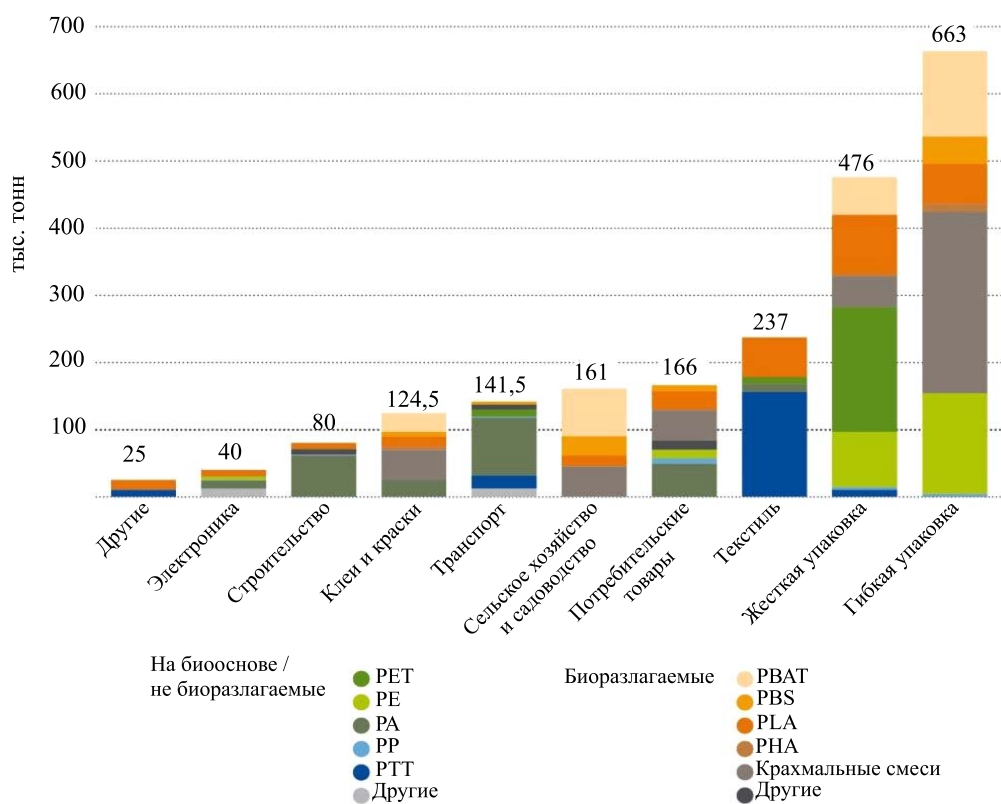


Рис. 5. Глобальные производственные мощности биопластиков на 2019 год (по сферам применения типов материала)  
 Fig. 5. Global bioplastics manufacturing facilities in 2019 (by Material Type Application)

Для получения гибкой упаковки среди полимеров на биооснове наиболее распространенный тип — материалы на основе крахмалов. За ним по частоте использования следует PBAT, PLA и PBS.

Европа занимает первое место в области исследований и разработок биопластиков. Здесь выпускается около пятой части от мирового объема подобных материалов. К 2023 году доля биопластика, изготовленного в Европе, достигнет 27 %, что обусловлено недавно принятой политикой в таких странах, как Италия и Франция.

Крупным производственным центром является Азия. В 2019 году 45 % биопластиков было произведено именно в этой части света. На Северную и Южную Америку, приходится 18 % и 12 % рынка, соответственно [12].

В 2019 году площадь земель, используемых для выращивания возобновляемого сырья для производства биопластиков, составляла примерно 0,79 млн га от общей сельскохозяйственной площади в 4,8 млрд га (0,016 % от общей площади) (рис. 6).

Несмотря на прогнозируемый в ближайшие 5 лет рост рынка, доля землепользования для биопластиков останется около 0,02 %. Динамика ясно показывает, что на данный момент отсутствует конкуренция между возобновляемым сырьем для производства продуктов питания, кормов и производства биопластиков.

В настоящее время, учитывая сравнительные общие цены, биопластики дороже традиционных распространенных пластиков на основе нефти в 2,5–7,5 раза. Это обусловлено сложным процессом получения их. Однако еще 5 лет назад их стоимость была выше в десятки раз. Относительные цены на некоторые виды полимеров и сырье для их получения приведены в табл. 1.

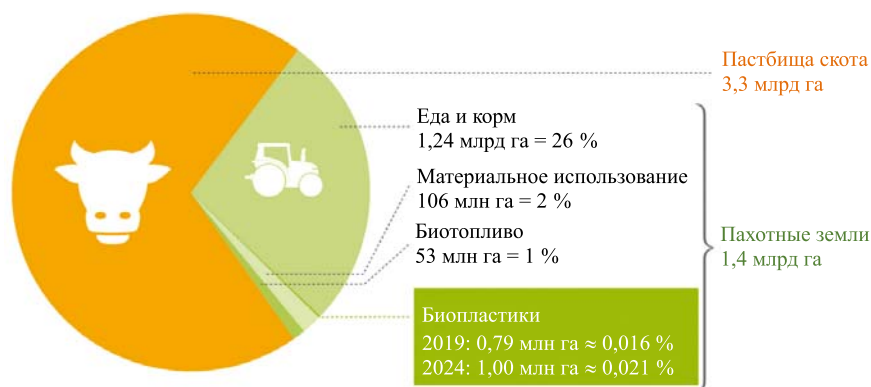


Рис. 6. Мировая оценка землепользования в 2019 и 2024 годах  
Fig. 6. World Land Use Assessment 2019 and 2024

Таблица 1. Относительные цены на полимеры и сырье для их получения  
Table 1. Relative prices for polymers and raw materials for their production

Название	Относительная цена, долл./кг
PLA (полимолочная кислота)	2,2–5,0
Молочная кислота	1,0–3,0
PBAT (полибидифуратдиинтерфталат)	2,5–3,2
PBS (полибутилсукцинат)	1,2–4,2
PHA (полигидроксиалканоаты)	4,0–6,0
Biopol (полигидроксибутираты)	6,0–10,0
Модифицированный крахмал	0,7–2,0
Амилоза (из растительного крахмала)	1,0–1,5
Ацетат целлюлозы (модифицированная целлюлоза)	3,0–6,0
Оксо-биоразлагаемые добавки	5,0–10,0
Натуральный каучук	около 1,5
Novon (50% синтетического полимера, 43 % крахмала, 7 % др. добавок)	2,5–2,8
PE (полиэтилен)	0,9–1,1
PET (полиэтилентерефталат)	0,8–1,0
PA (полиамид)	1,5–4,5
PP (полипропилен)	0,7–1,0
Полистирол	1,0–1,2

**Заключение.** На рынок биополимеров существенное влияние оказывает ряд основных факторов: технологические, экономические, политические и социальные.

Для достижения максимальной биологической разлагаемости пластики должны компостироваться вместе с органическими отходами — аэробным или реже анаэробным способами компостирования.

Биоразлагаемые пакеты не допускаются сдавать на вторичную переработку так как они испортят обычный пластик.

Наиболее прогрессивной сферой применения биопластиков является упаковка. Проникновение биопластиков на рынок упаковки существенно опережает другие сектора. В основном упаковка изготавливается из биоразлагаемого материала на основе крахмальных смесей, полимолочной кислоты, полигидроксикарбоновых кислот.

Биоразлагаемые упаковочные материалы на основе натуральных биополимеров — это новое поколение полимеров, появляющихся на рынке упаковки. Биоразлагаемые упаковочные материалы имеют расширяющийся диапазон потенциальных применений, что обусловлено растущим использованием полимеров в упаковке и восприятием того, что биоразлагаемые полимеры являются «экологически чистыми», и их использование, по прогнозам, увеличивается.

### Список использованных источников

1. Соломенко, М. Г. Тара из полимерных материалов : справочное издание / М. Г. Соломенко, В. Л. Шредер, В. Н. Кривошей. — М.: Химия, 1990. — 400 с.
2. Максанова, Л. А. Высокомолекулярные соединения и материалы на их основе, применяемые в пищевой промышленности : учеб. пособие / Л. А. Максанова. — М.: КоллосС, 2005. — 213 с.
3. Технические свойства полимерных материалов: справочник / В. К. Крыжановский [и др.]. — 2-е изд., доп. — СПб.: Профессия, 2005. — 280 с.
4. Полимерные пленки / Под ред. Г. Е. Заиков. — СПб.: Профессия, 2006. — 352 с.
5. MECHANICAL RECYCLING [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://docs.european-bioplastics.org/publications/bp/EUBP\\_BP\\_Mechanical\\_recycling.pdf](https://docs.european-bioplastics.org/publications/bp/EUBP_BP_Mechanical_recycling.pdf). — Дата доступа: 03.09.2020.
6. Разработка ТКП по правилам обращения с коммунальными отходами [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://vtopoperator.by/content/razrabotka-tkp-po-pravilam-obrashcheniya-s-kommunalnymi-otkhodami>. — Дата доступа: 03.09.2020.
7. Мусоросжигательный завод в Минске планируют построить возле полигона «Тростенецкий» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.belta.by/regions/view/musoroszhigatelnyj-zavod-v-minske-planirujut-postroit-vozle-poligona-trostenetskij-333827-2019/>. — Дата доступа: 03.09.2020.
8. Мусороперерабатывающий завод планируют запустить в Лидском районе к 2025 году [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.belta.by/regions/view/musoropererabatyvajuschij-zavod-planirujut-zapustit-v-lidskom-rajone-k-2025-godu-396633-2020/>. — Дата доступа: 03.09.2020.
9. Биоразлагаемые пакеты: решение или проблема? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.opti-com.ru/company/blog/article/1000>. — Дата доступа: 03.09.2020.
10. Просеков, А. Ю. Технология получения биоразлагаемых полимерных материалов для пищевой промышленности / А. Ю. Просеков // Актуальные вопросы развития устойчивых, потребительско-ориентированных технологий пищевой и перерабатывающей промышленности АПК : материалы 20-й Междунар. науч.-практ. конф., посвящен. памяти Василия Матвеевича Горбатова, Москва, 7–8 декабря 2017 г. / Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр пищевых систем им. В.М. Горбатова» РАН. — Москва, 2017. — С. 270–273.
11. REPORT European Bioplastics. Bioplastics market data 2018 [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.european-bioplastics.org/wp-content/uploads/2016/02/Report\\_Bioplastics-Market-Data\\_2018.pdf](https://www.european-bioplastics.org/wp-content/uploads/2016/02/Report_Bioplastics-Market-Data_2018.pdf). — Дата доступа: 03.09.2020.
12. Bioplastics market data [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.european-bioplastics.org/market/>. — Дата доступа: 03.09.2020.

### References

1. Solomenko M. G., Schroeder V. L., Krivoshey V. N. Tara iz polimernykh materialov : spravochnoe izdanie [*Plastic containers : a reference edition*]. Moscow, Chemistry, 1990, 400 p. (in Russian).
2. Maksanova L. A. Vyisokomolekulyarnye soedineniya i materialy na ih osnove, primenyemye v pischevoy promyshlennosti : ucheb. posobie [*High-molecular compounds and materials based on them, used in the food industry: textbook. allowance*]. Moscow, CollosS, 2005, 213 p. (in Russian).

3. Kryzhanovsky V. K. Tehnicheskie svoystva polimernykh materialov: spravochnik [*Technical properties of polymer materials: a handbook*]. SPb., Profession, 2005, 280 p. (in Russian).
4. Zaikov G. E. Polimernye plenki [*Polymer films*]. SPb., Profession, 2006, 352 p. (in Russian).
5. Mechanical Recycling. Available at: [https://docs.european-bioplastics.org/publications/bp/EUBP\\_BP\\_Mechanical\\_recycling.pdf](https://docs.european-bioplastics.org/publications/bp/EUBP_BP_Mechanical_recycling.pdf) (accessed 5 September 2020).
6. Razrabotka TKP po pravilam obrascheniya s kommunalnymi othodami (*Development of a technical code of good practice on the rules for the management of municipal waste*). Available at: <https://vtoroperator.by/content/razrabotka-tpk-po-pravilam-obrashcheniya-s-kommunalnymi-otkhodami> (accessed 3 September 2020).
7. Musoroszhigatelnyy zavod v Minske planiruyut postroit vozle poligona «Trostenetskiy» (*Incineration plant in Minsk plans to build near the landfill «Trostenets»*). Available at: <https://www.belta.by/regions/view/musoroszhigatelnyy-zavod-v-minske-planiruyut-postroit-vozle-poligona-trostenetskij-333827-2019/> (accessed 3 September 2020).
8. Musoropererabatyvayushchiy zavod planiruyut zapustit v Lidskom rayone k 2025 godu (*Waste recycling plant is planned to be launched in Lida district by 2025*). Available at: <https://www.belta.by/regions/view/musoropererabatyvayushchiy-zavod-planiruyut-zapustit-v-lidskom-rajone-k-2025-godu-396633-2020/> (accessed 3 September 2020).
9. Biorazlagaemye pakety: reshenie ili problema? (*Biodegradable bags: solution or problem?*). Available at: <https://www.opti-com.ru/company/blog/article/1000> (accessed 3 September 2020).
10. Prosekov A. Yu. Tehnologiya polucheniya biorazlagaemykh polimernykh materialov dlya pischevoy promyshlennosti [Technology for obtaining biodegradable polymeric materials for the food industry]. Materialy 20-y Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., posvyaschen. pamyati Vasiliya Matveevicha Gorbatova «Aktualnyye voprosy razvitiya ustoychivyykh, potrebitel-orientirovannykh tekhnologiy pischevoy i pererabatyvayushey promyshlennosti APK» [*Materials of the 20th Int. scientific-practical conf., dedicated in memory of Vasily Matveevich Gorbatov «Topical issues of the development of sustainable, consumer-oriented technologies in the food and processing industry of the agro-industrial complex»*]. Moscow, 2017, pp. 270–273. (in Russian).
11. Report European Bioplastics. Bioplastics market data 2018. Available at: [https://www.european-bioplastics.org/wp-content/uploads/2016/02/Report\\_Bioplastics-Market-Data\\_2018.pdf](https://www.european-bioplastics.org/wp-content/uploads/2016/02/Report_Bioplastics-Market-Data_2018.pdf) (accessed 3 September 2020).
12. Bioplastics market data. Available at: <https://www.european-bioplastics.org/market/> (accessed 3 September 2020).

#### Информация об авторах

*Корзан Сергей Иванович* – кандидат технических наук, старший научный сотрудник – руководитель группы упаковки отдела новых технологий и техники РУП «Научно-практический центр национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова, 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: seroga.korzanmc@mail.ru

#### Information about the authors

*Korzan Sergey Ivanovich* – Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher – Head of the Packaging Group the Department of New Technologies and Technology of RUE “Scientific-Practical Center for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus” (Kozlova st.29, Minsk, 220037, Republic of Belarus). E-mail: seroga.korzanmc@mail.ru