

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ВЕСТНИК

Санкт-Петербургского
государственного университета
технологии и дизайна



Серия 1

Естественные
и технические науки

№ 3/2021

В. Н. Сунайт, Е. О. Басырова

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191 186 РФ, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

БИОМАТЕРИАЛЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ПРОИЗВОДСТВЕ УПАКОВКИ

© В. Н. Сунайт, Е. О. Басырова, 2021

В статье рассмотрена классификация и рынок биополимеров, крупнейшие производители; более подробно представлены биополимеры, которые используются в упаковочной индустрии (для производства гибкой и жесткой упаковки, а также приведен обзор альтернативных упаковочных материалов на основе грибного мицелия, отходов рыбной промышленности, кожуры фруктов.

Ключевые слова: биополимеры, упаковочные материалы, биodeградируемые материалы.

В соответствии с классификацией European Bioplastics Association (рис. 1) все полимеры можно подразделить на 4 подгруппы: небиodeградируемые из ископаемого сырья (сюда относятся «классические» синтетические полимеры, такие как полиэтилен, полипропилен, полистирол, поливинилхлорид, полиэтилентерефталат и др.), биodeградируемые из ископаемого сырья (поливиниловый спирт, полигликолиевая кислота, полибутират-адипин-терефталаты (PBAT), биodeградируемые (полилактид (PLA), полимеры на основе крахмала, целлюлозы, полигидроксиалканоаты) и небиodeградируемые (так называемые био-полиэтилен (Bio-PE), био-полиэтилентерефталат (Bio-PET), био-поливинилхлорид, био-1,4 — бутандиол т.д.) полимеры из природного сырья [1].

Особенность второй группы (небиodeградируемые биополимеры) заключается в том, что мономеры для производства полимеров получают из биогаза (полученного, в свою очередь, ферментацией глюкозы из сахарной свеклы, тростника, крахмала или лиоцеллюлозных материалов) (рис. 2). При этом

биоразлагаемость полимера зависит от физико-химических и структурных характеристик макромолекул, их надмолекулярной организации, поэтому такие полимеры, хотя и получены из «природных» мономеров, не обладают способностью к биоразложению и компостированию.

Четвертую группу (биodeградируемые биополимеры) следует подразделять на:

а) биополимеры «от природы», которые выделяют из био-сырья или получают его модификацией (биополимеры на основе крахмала, целлюлозы);

б) полимерная цепь образуется в ходе жизнедеятельности микроорганизмов в контролируемой среде. Наиболее популярным представителем является семейство полигидроксиалканоатов (ПГА, PHA). Данная группа включает целое семейство полимеров с общим названием, которые образуются в ходе жизнедеятельности бактерий;

в) по сути — синтетические полимеры, мономеры которых получают из природного сырья. Яркий пример веществ этой группы — хорошо известная полимолоч-



Классификация от European Bioplastics Association

Рис. 1. Классификация полимеров [1]

Рис. 1. Polymers classification [1]

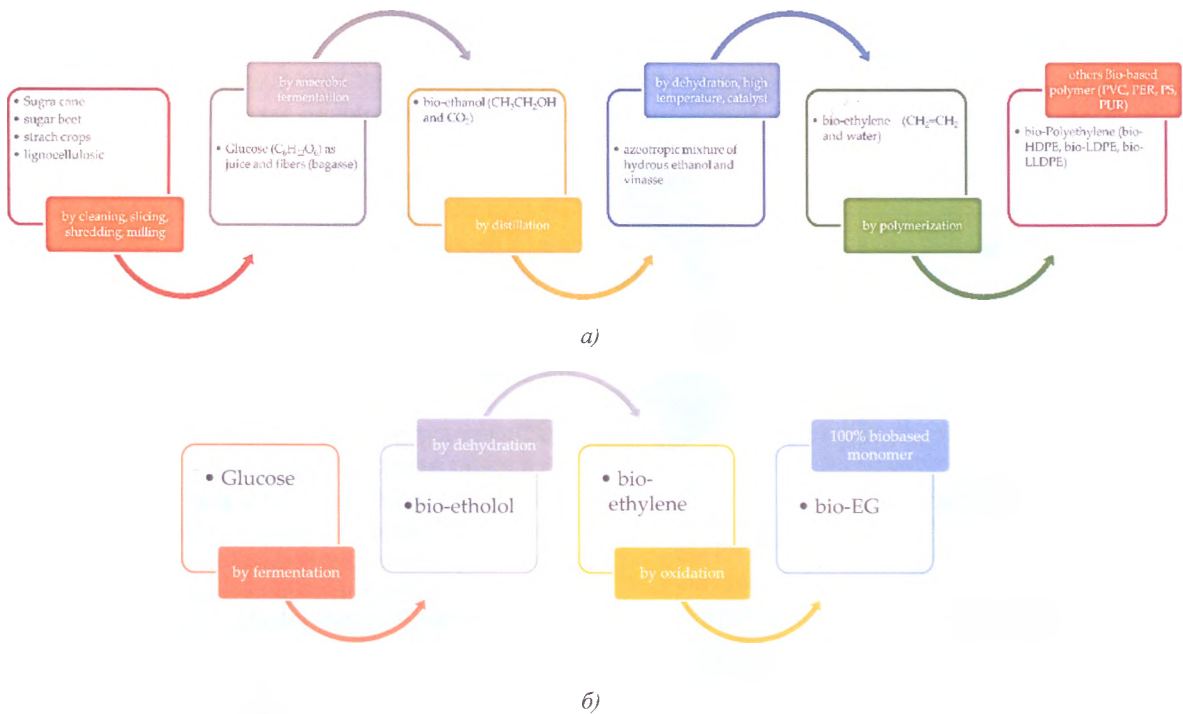


Рис. 2. Схема получения мономеров из растительного сырья для дальнейшего синтеза: а) биоэтилена для получения BIO-PE; б) биоэтиленгликоля для получения BIO-PET [2]

Pic. 2. Schematic representation of the process for obtaining monomers from plant-based materials for further synthesis: a) bio-ethylene for obtaining BIO-PE; b) bio-ethylene glycol to obtain BIO-PET [2]

ная кислота — полилактид (PLA), молочную кислоту для которой получают из кукурузы или сахарного тростника.

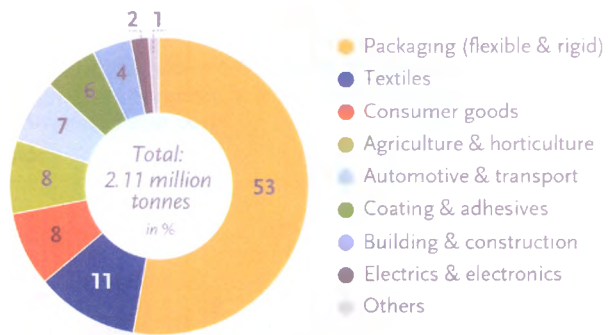
При этом порядка 40% всех производимых полимеров приходится на упаковочную промышленность, а если отдельно рассматривать биополимеры (т.е. исключая 1 группу предложенной выше классификации), то порядка 55%–59% биополимеров используется в производстве упаковки, 11% в текстильной промышленности и порядка 30% — в других сферах (в первую очередь — в сельском хозяйстве, транспортной и электропромышленности) (рис. 3) [3].

Такая популярность биоматериалов в упаковочной отрасли не удивительна, так как их использование (при грамотной организации процесса утилизации разных подгрупп биополимеров) открывает новую альтернативу для решения «мусорной проблемы» и вписывается в концепцию экономики замкнутого цикла.

Самыми популярными биополимерами являются биоматериалы на основе крахмала (порядка 21% от общего числа производимых биополимеров за 2019 год), PBAT, PLA, Bio-PE, Bio-PET (от 10% до 15% от общего числа производимых биополимеров за 2019 год) (рис. 4).

Говоря о биоматериалах на основе крахмала, следует понимать, что в основном это композиции, в которые входит, помимо, например, кукурузного крахмала, полипропилен (около 8%) и до 20% пищевых добавок. Среди биоразлагаемых полимеров PBAT выделяется очень высокой пластичностью и гибкостью, однако имеет плохую жесткость, низкую прозрачность.

Global production capacities of bioplastics in 2019 (by market segment)



Source: European Bioplastics, nova-Institute (2019) More information: www.european-bioplastics.org/market and www.bio-based.eu/markets

Рис. 3. Структура рынка биополимеров по отраслям использования

Pic. 3. Biopolymer market structure by segment

Он полностью биоразлагаем при компостировании, а пленки на основе PBAT обладают противомикробными свойствами.

При этом для производства гибкой упаковки в основном используются биополимеры на основе крахмала, био-PE, и PBAT. Для жесткой упаковки в основном используют био-PET, PLA и так же био-PE (рис. 5).

Global production capacities of bioplastics 2019
(by material type)

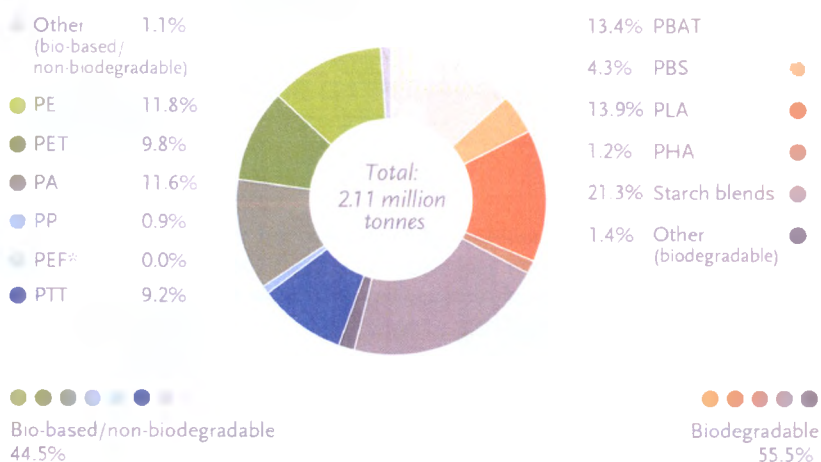
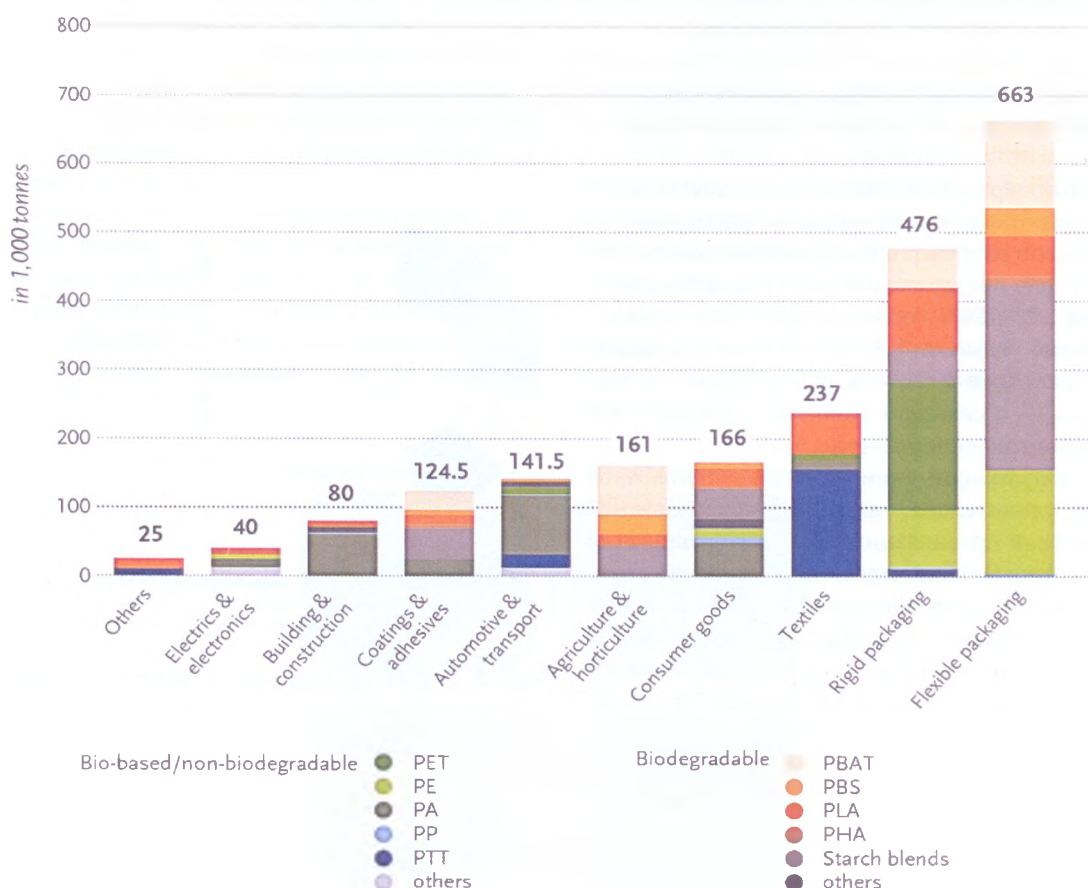


Рис. 4. Мировые производственные мощности разных видов биопластиков в 2019 году [3]–[4]

Fig. 4. Global production capacity of bioplastics 2019 (by material type)

Global production capacities of bioplastics 2019 (by market segment)



Source: European Bioplastics, nova-Institute (2019). More information: www.european-bioplastics.org/market and www.bio-based.eu/markets

Рис. 5. Мировые производственные мощности биополимеров по сегментам рынка в 2019 году [3]

Fig. 5. Global production capacity of bioplastics 2019 (by market segment)

Крупнейшими производителями биополимеров являются компании Nature Works (США), BASF, Novamont (Европа), Mitsubishi Chemicals (Япония). Общий объем производства биополимеров составил примерно 2,11 млн тонн в 2019 году, а к 2024 прогнозируется увеличение объема производства до 2,426 млн тонн. При этом объем земель, занятых под выращивание сырья для получения биопластиков, составил в 2019 году порядка 0,8 млн га [4]–[5].

Тормозящими факторами в вопросе использования биополимеров является их стоимость (в 2–5 раз превышающая стоимость синтетических полимеров), конкуренция со стороны предприятий, производящих синтетические полимеры (и являющихся крупными налогоплательщиками), недостаточная поддержка для развития производства биополимеров на государственном уровне в ряде стран, а также более низкие физико-механические показатели некоторых видов биополимеров по сравнению с синтетическими.

Несмотря на некоторые сложности в вопросе использования биопластиков и биопленок в упаковочной отрасли, их рынок активно развивается, и еще одним инициатором такого развития выступает директива ЕС 2019/904 Е ЕС «О сокращении влияния некоторых пластиковых продуктов на окружающую среду», начавшая действовать в 2021 году.

Также новыми интересными решениями в упаковочной сфере являются биоупаковки на основе кожуры фруктов (FRUITLEATHER), панцирей ракообразных (Crust Foam), на основе грибного мицелия (Magical mushroom, BioFab, Grown. bio, Paradise packaging, Mushroom® Packaging), отходов рыбной промышленности — чешуи и кожи рыб (MarinaTex, England), водорослевые упаковки (Evoware и др.), бумажная упаковка на основе целлюлозного волокна однолетних растений (Creapaper), большинство из которых уже являются брендовыми товарами на рынке.

Список литературы. References

1. European Bioplastics Association. URL: <https://www.european-bioplastics.org/market>.
2. Siracusa, V., Blanco, I. Bio-Polyethylene (Bio-PE), Bio-Polypropylene (Bio-PP) and Bio-Poly (ethylene terephthalate) (Bio-PET): Recent Developments in Bio-Based Polymers Analogous to Petroleum-Derived Ones for Packaging and Engineering Applications // *Polymers*. 2020. 12 (8). 1641.
3. European-bioplastics, nova-institute 2019. URL: [European bioplastics.org /market](https://www.european-bioplastics.org/market).
4. FAO stats 2019. URL: <http://www.fao.org/3/ca6463en/ca6463en.pdf>.
5. Institute for bioplastics and biocomposites. *Biopolymers facts and statistics* // Hochschule Hannover EDITION 6. 2019. 25 p.

V. N. Sunait, E. O. Basyrova

Saint-Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191 186 Russia, Saint-Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

REVIEW OF PACKAGING BIOMATERIALS

Classification of biopolymers, biopolymers market and the largest manufacturers presented in article; biopolymers that are used in the packaging industry (for the production of flexible and rigid packaging) are presented in more detail, as well as an overview of alternative packaging materials based on mushroom mycelium, fish waste and fruit peels.

Keywords: biopolymers, packaging material, biodegradable materials.