

УМНЫЕ БИОПЛАСТИКИ: НОВАЯ ЭКОНОМИКА УСТОЙЧИВЫХ МАТЕРИАЛОВ

И. В. Болдырева

*студент, Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, г. Горки, Беларусь,
innaboldyreva6@gmail.com*

Научный руководитель О. В. Ржеуцкая

*старший преподаватель, Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, г. Горки,
Беларусь, rzheutskayaol@mail.ru*

Статья посвящена умным биопластикам – инновационной альтернативе традиционным PET и PVC. Рассматривается, как такие материалы, как PEF и PHA, не только решают экологические проблемы, но и трансформируют экономику, создавая новые рынки и цепочки стоимости в рамках циркулярной биоэкономики. Особое внимание уделяется тому, как «умные» функции упаковки обеспечивают прямую финансовую выгоду. Анализируются экономические вызовы и перспективы коммерциализации данных технологий.

Ключевые слова: Умные биопластики, биопластики, Биополимеры, PET (полиэтилентерефталат), PVC (поливинилхлорид), традиционные пластики, биоразлагаемость, возобновляемое сырье, биосовместимость, интеллектуальная упаковка, циркулярная экономика, биоэкономика, Экономика замкнутого цикла.

SMART BIOPLASTICS: THE NEW ECONOMY OF SUSTAINABLE MATERIALS

I. V. Boldyreva

student, Belarusian State Agricultural Academy, Gorki, Belarus, innaboldyreva6@gmail.com

Supervisor O. V. Rzheutskaya

senior lecturer, Belarusian State Agricultural Academy, Gorki, Belarus, rzheutskayaol@mail.ru

This article explores smart bioplastics – innovative alternatives to traditional PET and PVC. It examines how materials such as PEF and PHA not only address environmental challenges but also transform the economy, creating new markets and value chains within a circular bioeconomy. Particular attention is paid to how smart packaging features generate direct financial benefits. The economic challenges and prospects for commercializing these technologies are analyzed.

Keywords: Smart bioplastics, bioplastics, biopolymers, PET (polyethylene terephthalate), PVC (polyvinyl chloride), traditional plastics, biodegradability, renewable raw materials, biocompatibility, intelligent packaging, circular economy, bioeconomy, closed-loop economy.

PET и PVC – столпы индустриальной эпохи, чье доминирование основано на низкой стоимости нефтесырья и отработанных, масштабированных производствах. Однако их «низкая цена» на кассе – иллюзия, не учитывающая экстерналий – скрытых затрат, которые ложатся на общество.

Бюджеты городов по всему миру тратят огромные средства на сбор, захоронение и сжигание пластиковых отходов, что ведет к пластиковому загрязнению, которое наносит прямой

урон рыболовству (повреждение судов, снижение уловов) и туризму (очистка пляжей, потеря привлекательности курортов).

Все больше потребителей и инвесторов отдают предпочтение устойчивым компаниям. Бренды, ассоциируемые с пластиковым загрязнением, несут репутационные и, как следствие, финансовые потери.

Экономический ответ на эти вызовы означает переход к циркулярной биоэкономике, где умные биопластики играют ключевую роль. Они создают стоимость из возобновляемого сырья, сокращают зависимость от волатильных цен на нефть и открывают пути для инновационных бизнес-моделей.

Полиэтилентерефталат (PET) – термопластик, наиболее распространённый представитель класса полиэфиров, известен под разными фирменными названиями. Продукт поликонденсации этиленгликоля с терефталевой кислотой; твёрдое, бесцветное, прозрачное вещество в аморфном состоянии и белое, непрозрачное в кристаллическом состоянии. Замена этого пластика крайне необходима, можно предложить несколько видов пластика.

1. Полилактид (PLA) [3]. Создание аграрно-промышленных кластеров.

Производство PLA стимулирует не только химическую отрасль, но и сельское хозяйство. Возникают новые цепочки стоимости: выращивание технических культур (кукуруза, сахарный тростник) -> биорефинерное производство молочной кислоты -> полимеризация. Это создает рабочие места в сельских регионах и снижает зависимость от импорта нефти. Хотя текущая стоимость PLA выше, чем у PET, она быстро снижается по мере масштабирования производства и совершенствования технологий. Для многих брендов премиум-сегмента эта надбавка окупается маркетинговыми преимуществами и соответствием ESG-критериям (экология, социальная политика, корпоративное управление), что критически важно для привлечения инвестиций.

2. Полиэтиленфураноат (PEF).

PEF – это не просто замена, а продукт с премиальными свойствами. Его барьерные свойства позволяют производить более легкую и тонкую упаковку, что напрямую снижает логистические и материальные затраты. Компании, которые первыми внедряют PEF, получают значительное конкурентное преимущество на рынке пищевой упаковки и бутилированных напитков. Экономика здесь строится не на цене сырья, а на инновационной ренте – возможности продавать более функциональный продукт и диктовать цены на новом рынке.

3. Био-PET (Bio-PET) – это стратегия низкорискового перехода.

Bio-PET – это экономически обоснованный «первый шаг» для крупных производителей. Он не требует капитальной перестройки производственных линий, что сохраняет инвестиции в существующую инфраструктуру. Это позволяет компаниям немедленно снизить углеродный след своей продукции и тестировать рынок, диверсифицируя источники сырья. Его развитие напрямую зависит от экономики сахарного тростника и других источников био-этанола.

Нужно выделить пластик PVC – бесцветная, прозрачная пластмасса, термопластичный полимер винилхлорида. Отличается химической стойкостью к щелочам, минеральным маслам, многим кислотам и растворителям. В чистом виде не поддерживает горение на воздухе, но огнестойкость пластмасс на его основе зависит от использованных добавок.

Замена PVC означает доступ к премиальным рынкам и снижение экологических рисков.

Полигидроксиалканоаты (PHA) [2]. Экономика нишевых рынков с высокой добавленной стоимостью. Высокая стоимость производства PHA (пока что) делает его неконкурентным для массового строительства. Однако он идеально подходит для рынков, где цена отходит на второй план перед функцией и безопасностью. Рынок биоразлагаемых имплантатов и систем доставки лекарств оценивается в миллиарды долларов. PHA открывает доступ к этому высокомаржинальному сегменту. Продукция, позиционируемая как «на 100 % биоразлагаемая», может использовать PHA для подтверждения своих экологических заявлений, что оправдывает более высокую розничную цену.

Программируемая биоразлагаемость РНА-пленок позволяет фермерам экономить на затратах на сбор и утилизацию обычной пленки, создавая экономический стимул для перехода.

Экономика РНА стимулирует инвестиции в белую (промышленную) биотехнологию – сектор с огромным потенциалом роста.

Интеллектуальные свойства биопластиков трансформируют их из пассивного материала в активный компонент бизнес-модели [1].

1. Интеллектуальная упаковка с индикаторами свежести может спасти ритейлеров и производителей от миллиардных убытков вследствие порчи продуктов. Снижение продовольственных потерь – это прямая финансовая выгода.

2. Упаковка, которая «сообщает» о состоянии продукта, повышает доверие потребителя и позволяет брендам обоснованно устанавливать более высокие цены.

3. Биопластики с программируемым сроком службы позволяют внедрять модели аренды или сервиса для временных изделий (например, сельскохозяйственная пленка, одноразовая посуда для мероприятий), где производитель сохраняет ответственность за материал, стимулируя его к созданию более качественных и эффективных продуктов.

Переход от PVC и PET не лишен препятствий, требующих экономических решений:

Строительство биорефинеров требует огромных первоначальных инвестиций. Здесь необходимы государственно-частное партнерство, зеленые облигации и венчурные инвестиции.

Пока цены на нефть остаются относительно низкими, биопластики проигрывают в цене. Решение – введение углеродного налога или системы торговли квотами на выбросы, что делает экологическую цену традиционных пластиков видимой.

Для компостируемых биопластиков необходимо создавать отдельную инфраструктуру сбора и переработки, что требует кооперации между муниципалитетами и перерабатывающими компаниями.

Умные биопластики – это не узкотехнологическая тема, а макроэкономический тренд. Они представляют собой переход от экономики, основанной на истощаемых ресурсах и экстернальных издержках, к экономике, основанной на возобновляемом знании и циркулярности. Страны и компании, которые уже сегодня инвестируют в исследования, развитие производственных мощностей и рыночные ниши для этих материалов, закладывают основу для своего долгосрочного конкурентного преимущества в мире, где устойчивость будет не просто лозунгом, а главным критерием экономического успеха.

Библиографические ссылки

1. Андрианова Е. П., Тимофеев В. П. Перспективы развития биоразлагаемых полимеров в контексте устойчивого развития и циркулярной экономики // Пластические массы. 2021. № 5-6. С. 44–49.

2. Громов С. Л., Бабак Т. А. Полигидроксиалканоаты (РНА): микробный синтез, свойства и области применения // Биотехнология. 2022. Т. 18, № 2. С. 8–22.

3. Ермаков С. В., Иванова Л. П., Петров А. С. Полилактид (PLA) и его композиты: модификация, свойства, применение // Высокомолекулярные соединения. Серия Б. 2020. Т. 62, № 3. С. 179–194.