

## ПРОИЗВОДСТВО БИОРАЗЛАГАЕМОГО ПОЛИМЕРА ПОЛИЛАКТИДА

Е.В. Левченко, студентка,  
levchenko.ew@gmail.com

Н.Л. Чернышева, канд. техн. наук, доцент,  
lecherny@mail.ru

ФГБОУ ВО «Калининградский государственный  
технический университет»

Статья посвящена такой важной проблеме биотехнологии, как развитие производства полилактидов из возобновляемого сырья. Обозначены их место и роль в области биополимеров. Рассмотрена технология получения полилактида методом полимеризации лактида с раскрытием цикла. Проанализированы проблемы развития производства полилактидов. Представлены предприятия, занимающиеся производством биополимеров в России, и определены направления развития исследований по этим полимерам.

*полилактид, ПЛА, технология получения, свойства, применение*

Обеспечение формирования в России производств биodeградируемых полимеров является одной из задач «Комплексной программы развития биотехнологий в РФ на период до 2020 года». Данная программа предусматривает разработку, освоение производства и коммерциализацию биоразлагаемых материалов, биопластиков или биополимеров. Применение биоразлагаемых полимеров наиболее актуально для решения глобальной экологической проблемы утилизации отходов. В последние годы они все активнее проникают на рынок медицинских изделий. По прогнозам ведущих мировых производителей полимерной продукции, не менее 30% мирового производства полимеров может быть замещено пластиками, получаемыми из возобновляемого сырья [1].

Наиболее перспективными биополимерами, сырьем для которых служат микробиологически получаемые мономеры, являются полилактиды (рис. 1) – биоразлагаемые, биосовместимые, термопластичные полиэфиры молочной кислоты. Они легко перерабатываются в волокна, пленки и другие изделия, материалы с температурами плавления 180–220 °С [2].

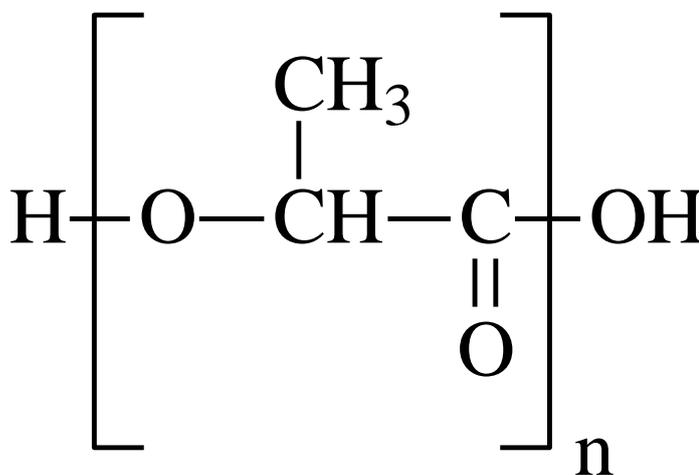


Рисунок 1 – Структура полилактида

Полилактид относится к разрушаемым полимерам, для него характерны высокие скорости разрушения в биологических средах. Установлено, что полилактиды разрушаются как в аэробных, так и в анаэробных условиях, а скорость этого процесса определяет температура. Значение биodeградируемых полимеров в последнее время возросло еще и потому, что они могут быть получены на основе растительных ресурсов, возобновляемых как минимум раз в год. Для их производства можно использовать полисахариды, которые извлекают не только из растений, но и из других источников, в том числе из бытовых отходов. Производство полилактида, а также волокон и пленок из него требует меньше энергии, и при этом попадание углекислого газа в атмосферу вдвое меньше по сравнению с производством традиционных полимеров. Свойства полилактидного полимера, его температурные характеристики сравнительно близки к полипропилену и поликапроамиду (найлон, капрон), а также полиэтилентерефталату, соответственно, процессы получения полилактидных волокон и нитей, а также применяемое оборудование для формования, близки к получению полипропиленовых и поликапроамидных волокон и нитей. Волокна устойчивы к атмосферным и другим эксплуатационным воздействиям, а в ряде случаев даже превосходят другие синтетические волокна [2–4].

Помимо гомополимеров лактида синтезируются и их сополимеры, обладающие лучшими характеристиками, нежели чистый полилактид. Например, при сополимеризации лактида с гликолидом повышается теплостойкость, механическая прочность и уменьшается срок биоразрушения, что делает привлекательнее этот вид полимерного сырья для его промышленного применения. Причем варьирование соотношения мономеров существенно влияет на свойства получаемого полимера. Полилактид вполне можно рассматривать, как полимерный материал широкого спектра применения наряду с другими синтетическими. Пленки и пластики на основе полилактида применяют в качестве тары и упаковки медицинских и гигиенических изделий, в пищевой промышленности, изделий электроники и т.п., а также пленки – в сельском хозяйстве, пластики – как конструкционные материалы. Важным аспектом применения полилактидов является создание материалов для медицины (лекарственные формы, трансплантаты). Также полилактид является наилучшим материалом для печати работ на 3D принтере [2, 3, 5].

Мономером полилактида является молочная кислота. Ее получают микробиологической ферментацией сахаров, которые предварительно получают гидролизом и экстракцией из растительных продуктов: крахмал (маисовый, кукурузный, картофельный, злаковый) или меласса, получаемая при производстве сахара из сахарной свеклы или сахарного тростника. Молочная кислота весьма гигроскопична, поэтому обычно вместо нее используют лактиды [2, 6].

Существуют различные методы получения полилактида, но наиболее часто для его синтеза применяется способ полимеризации с раскрытием цикла, поскольку позволяет получить высокомолекулярный полилактид, а также различные сополимеры на его основе, за относительно короткий срок времени и дополнительных энерго- и трудозатрат [5, 6]. Схема получения полилактида этим методом представлена на рис. 2. Технологическая схема получения – на рис. 3. Для синтеза полилактида из молочной кислоты требуется реализации нескольких стадий: олигомеризация молочной кислоты; деполимеризация олигомеров с получением лактида; очистка лактида; полимеризация лактида путем раскрытия цикла с применением катализатора – карбоксилаты или алкоголяты олова (II). Этот процесс практически безотходен, основная масса отходов возникает при производстве молочной кислоты (биомасса после ферментации при получении глюкозы), которые утилизируются без затруднений [2, 5]. Стоимость представленного на технологической схеме (рис. 3) оборудования составляет в среднем 37 310 220 рублей. Затраты на оборудование довольно большие, вследствие чего цена за биополимер тоже высока. Эта одна из причин сдерживания широкого внедрения полилактида как замены традиционных полимеров.

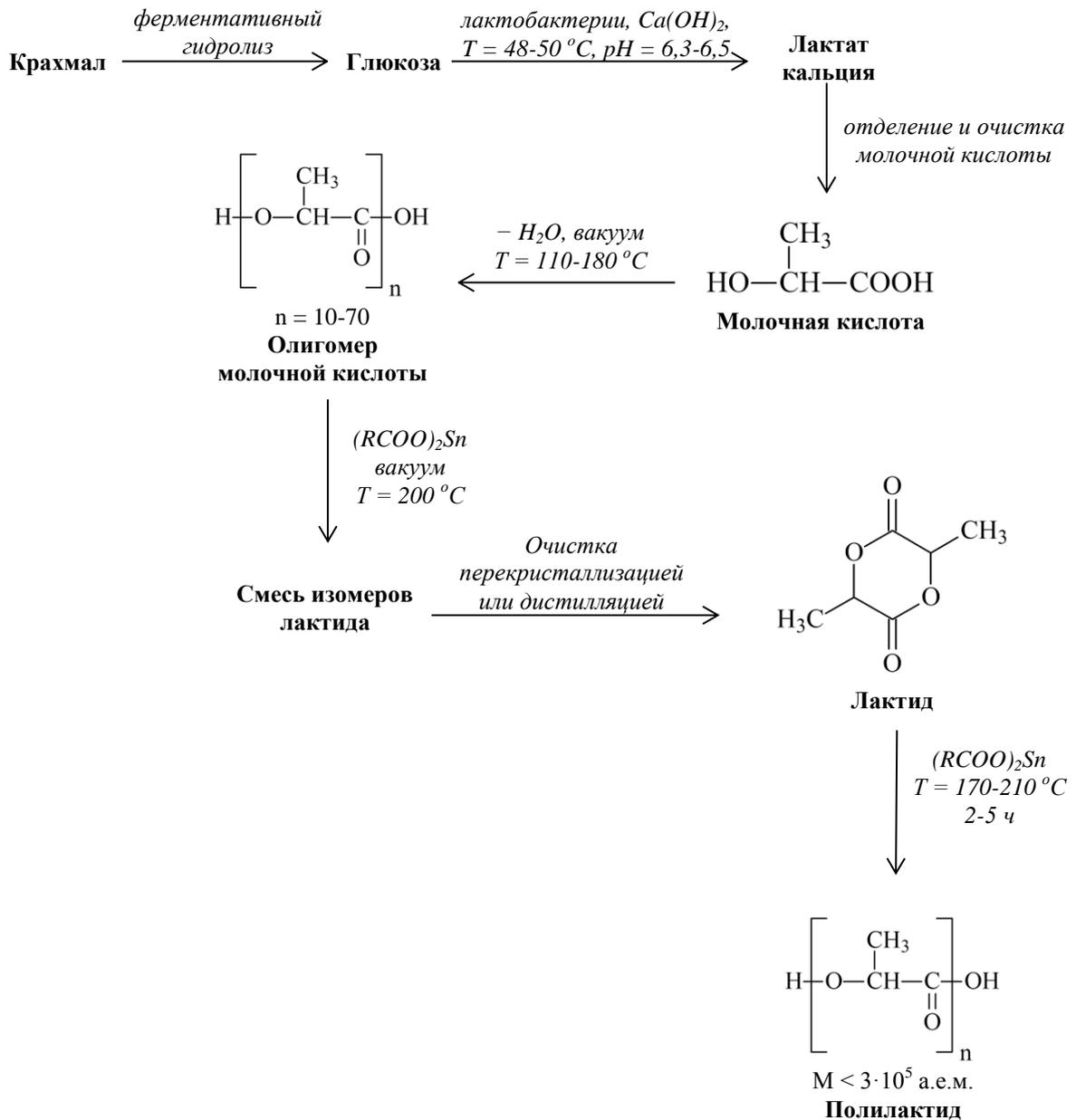


Рисунок 2 – Схема получения полилактида из растительного сырья

Несмотря на бурное развитие производства биополимеров в мире, в России это происходит не так стремительно. На данный момент активно ведутся исследования по упрощению и улучшению технологии синтеза полилактида, а также разрабатываются проекты предприятий по их производству (компания «Ренова»). Российская компания «ОптиКом» организовала в Московской области собственное производство лотков из жмыха пшеницы, биоразлагаемые пакеты выпускают ЗАО «ТИКО-Пластик» и ЗАО «ПАГОДА». ООО «Артпласт» в 2010 г. приступило к выпуску биоразлагаемой упаковки, ООО «Биакспен» запустило в производство биоразрушаемые упаковки из крахмалсодержащего сырья (картофеля, кукурузы и других биоматериалов). Российский рынок биоразлагаемой упаковки, по данным маркетинговой компании Research.Techart, достигает 6.5 тыс. т [7].

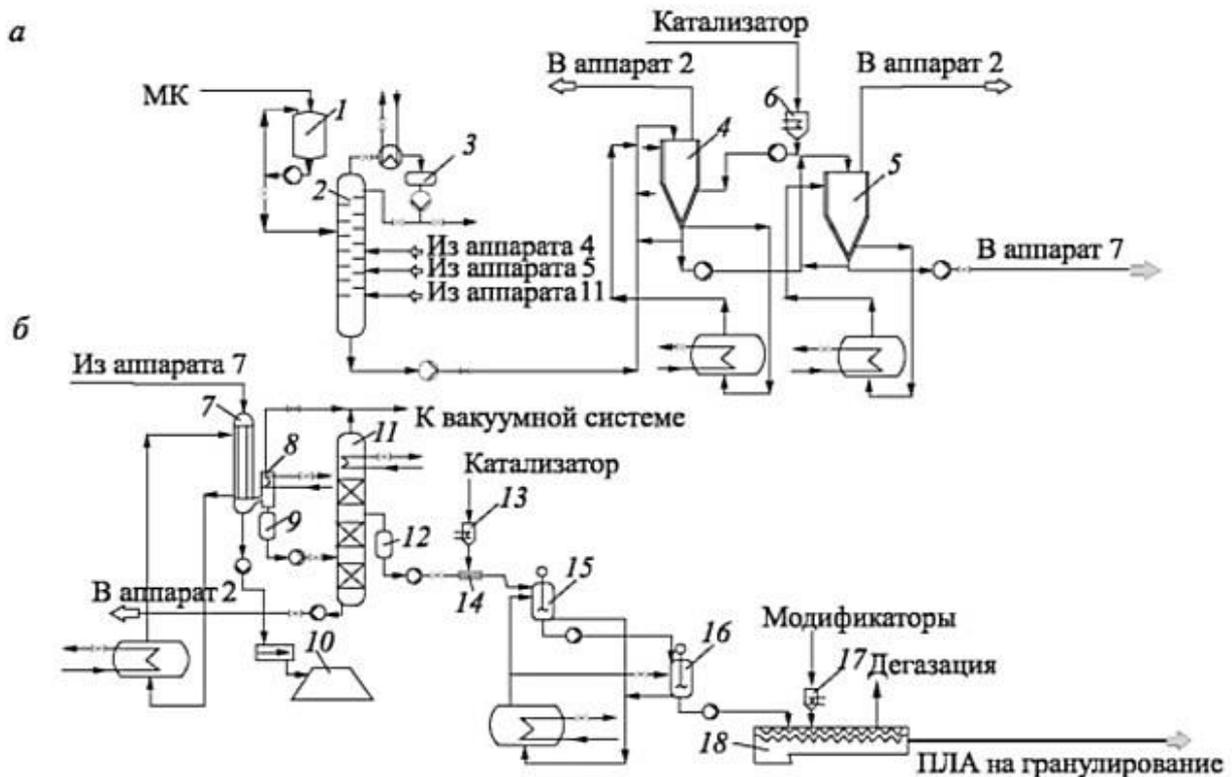


Рисунок 3 – Технологическая схема получения полилактида (ПЛА):

- а – начало процесса; б – окончание процесса; 1 – емкость, в которую поступает молочная кислота (МК); 2 – колонна, в которой происходит упаривание и частичная олигомеризация МК; 3 – конденсатор; 4, 5 – аппараты для поликонденсации МК; 6, 13 – емкости с катализатором; 7 – деполимеризатор; 8 – приемник; 9 – емкость сбора лактида; 10 – сборник шлама; 11 – ректификационная колонна; 12 – емкость хранения; 14 – статический смеситель; 15, 16 – реакторы полимеризации; 17 – емкость с модификаторами; 18 – реакционный экструдер

Полилактиды являются перспективными биополимерами, имеющими широкий спектр применения. Но при этом себестоимость этих биополимеров велика, что затормаживает их внедрение как полимера бытового и технического назначения. В настоящий момент ведутся различные исследования, направленные на улучшение их свойств, упрощение и удешевление технологии синтеза.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Комплексная программа развития биотехнологий в Российской Федерации на период до 2020 года (утв. Правительством РФ 24.04.2012 № 1853п-П8).
2. Процессы и оборудование производства волокнистых и пленочных материалов / И.Н. Жмыхов [и др.]. – Минск: Вышэйшая школа, 2013. – 592 с.
3. Волова, Т.Г. Современные биоматериалы: мировые тренды, место и роль микробных полигидроксиалканоатов / Т. Г. Волова // Журнал Сибирского федерального университета. Биология. – 2014. – Т. 2, № 7. – С. 103–133.
4. Перепелкин, К.Е. Волокна и пленки из микробных полимеров / К.Е. Перепелкин // Химия и жизнь. – 2007. – № 2. С. 18–21.

5. Шляхтин, А.В. Влияние среды на реакционную способность мономеров в синтезе полилактидов и сополимеров акрилонитрила: дис. ... канд. хим. наук: 02.00.03, 02.00.06 / МГУ; Шляхтин Андрей Владимирович. – Москва, 2014. – 118 с.

6. Глотова, В.Н. Усовершенствование технологии синтеза и очистки лактида: дис. ... канд. техн. наук: 05.17.04 / ТПУ; Глотова Валентина Николаевна. – Томск, 2016. – 129 с.

7. Касьянов, Г.И. Биоразрушаемая упаковка для пищевых продуктов / Г.И. Касьянов // Вестник науки и образования Северо-Запада России. – 2015. – Т. 1, № 1. – С. 1–8.

## PRODUCTION OF BIODEGRADABLE POLYMER POLYLACTIDE

E.V. Levchenko, student,  
levchenko.ew@gmail.com

N.L. Chernysheva, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor,  
lecherny@mail.ru,  
Kaliningrad State Technical University

The article is devoted to the important issue of biotechnology, as the development of production of polylactide from renewable raw materials. It is indicated their place and role in the area of biopolymers. It is dealt with the technology of producing polylactide by ring opening polymerization of lactide. It is analyzed the problems of production of polylactide. It is presented enterprise, which engages in the production of biopolymers in Russia. And it is designated areas of research for the development of these polymers.

*polylactide, PLA, technology of production, properties, applications*