

**Таблица 1.** Полученные результаты

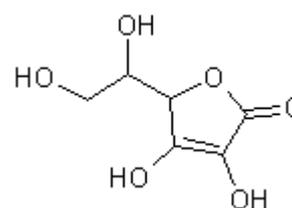
Наименование продукта	Содержание аскорбиновой кислоты (мг/100 г) Титриметрия	Содержание аскорбиновой кислоты (мг/100 г) Вольтамперометрия	Содержание Аскорбиновой кислоты (мг/100 г) Литературные данные
Апельсин	3,76	19,02	50–60
Лимон	6,50	36,24	40–50
Грейпфрут	1,42	16,12	45
Вишня	10,35	Не обнаружена	8–12
Брусника	6,77	7,21	15–20
Брусника кип.	–	2,36	
Апельсин кип.	–	5,14	
Лимон кип.	–	9,84	

перометрии.

Титриметрический анализ основан на титровании содержащейся во фруктах и ягодах аскорбиновой кислоты 0,05 н раствором йода до изменения окраски раствора после прибавления лишней капли титранта.

Метод вольтамперометрии основан на измерении тока в зависимости от потенциала, подаваемого на поверхность индикаторного электрода при протекании электрохимической реакции.

**Выводы.** Проведенные исследования показали, что в цитрусовых и ягодах, купленных нами, содержание аскорбиновой кислоты не такое высокое, как описывается в литературных источниках. Возможно, это связано с тем, что сейчас цитрусовые и ягоды являются несезон-

**Рис. 1.**

ными, и поэтому содержание витамина С так отличается. Так же мы вскипятили выжатые соки и убедились, что при тепловой обработке содержание витамина С (аскорбиновой кислоты) уменьшается, поэтому лучше употреблять в пищу свежевыжатые соки, а также свежие фрукты, овощи и т.д.

### Список литературы

1. Авакумов В.М. *Современное учение о витаминах.* – М.: Химия, 1991. – 214с.
2. Гессен А. *Аскорбиновая кислота и ее практическое применение.* – Л.: 1953. – 9с.
3. Романовский В.Е., Синькова Е.А., *Витамины и витаминотерапия. Серия «Медицина для вас».* – Ростов н/д: «Феникс», 2000. – 320с.
4. Шилов П.И., Яковлев Т.Н. *Справочник по витаминам.* – М., 1960.
5. Кролевец А.А. *Витамины с пользой для здоровья // Химия в школе, 2008. – №3. – 8–15с.*

## ПЕРЕРАБОТКА ВТОРИЧНОГО ПОЛИМЕРНОГО СЫРЬЯ НА ОСНОВЕ ПОЛИЛАКТИДА

Е.В. Киселёв<sup>1</sup>

Научный руководитель – к.х.н., доцент Т.Н. Волгина<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Муниципальное бюджетное образовательное учреждение лицей при ТПУ 634028, Россия, г. Томск, ул. Аркадия Иванова 4

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, Kisevgen99@yandex.ru

Одна из главных экологических проблем современного мира – огромное количество полимерных отходов, в том числе, биоразлагаемых.

Поэтому развитие различных технологий их переработки очень важно. Полилактид – биоразлагаемый полимер, используемый для про-

**Таблица 1.** Влияние концентрации катализатора на выход лактида-сырца ( $\beta_{л-с}$ ), лактида ( $\beta_{л}$ ) и чистоту лактида

Концентрация Sn(Oct) <sub>2</sub> , % мас.	0,9	0,99	1,6
$\beta_{л-с}$ , %	92	86	90
$\beta_{л}$ , %	25	28	30
T <sub>пл</sub> , °C	95–97	94–96	94–95

**Таблица 2.** Влияние состава полимерной смеси на выход лактида-сырца ( $\beta_{л-с}$ ), лактида ( $\beta_{л}$ ) и чистоту лактида

Полимерная смесь	$\beta_{л-с}$ , %	$\beta_{л}$ , %	T <sub>пл</sub> , °C
I	90	30	94–95
II	81	22	90–100
III	64	15	110–114

**Таблица 3.** Характеристики поглощения света функциональными группами, полученных соединений в ИК-области

Группа	–ОН	–СН–	–С=О	–СН <sub>3</sub>	–СН–	–С–О–	–С–С–
Диапазон частот, см <sup>-1</sup>	3550, 1047	2950	1759, 1268	1450	1380	1194, 1130, 1093	926, 868

изводства изделий с коротким сроком службы (пищевая упаковка, различная тара), а также в медицине (хирургические нити). В промышленности полилактид получают поликонденсацией молочной кислоты, которую, в свою очередь, получают из ежегодно возобновляемых ресурсов, таких как кукуруза и сахарный тростник. Данный процесс сложный, многостадийный и дорогостоящий. Поэтому переработка использованных или некачественных изделий из полилактида позволит сократить количество технологических операций и уменьшить стоимость данного полимера.

Целью настоящей работы является выбор концентрации катализатора (октоата олова) процесса деполимеризации полилактида, обеспечивающей максимальный выход мономера с высокой степенью чистоты.

В качестве объекта исследования использовали изделия, полученные из полилактида (I) и его смесей с неорганическими пигментами (II), которые получали смешением в расплаве и далее подвергали горячему прессованию, и прутки для 3D печати (III) с поперечным сечением в среднем около 1 мм, полученный экструзионным методом. Процесс деполимеризации проводили на лабораторной установке для вакуумной перегонки в течении 30 минут при температуре – 200–250 °C и давлении 30 мбар. Полимеризацию проводили в течении 5–6 часов при давлении 10–600 мбар и температуре 120–180 °C. Выделение полимера проводили путем переосажде-

ния в этаноле. Идентификацию полученного мономера и полимера проводили с помощью ИК-спектроскопии. Эффективность процесса оценивали, определяя выход лактида-сырца и чистоту лактида, чистоту мономера – по температуре плавления.

Исследования показали (табл. 1, 2), что оптимальным количеством катализатора Sn(Oct)<sub>2</sub> для разложения полилактида до L- или D-мономера является 1,6% от исходной массы полимера. При данном значении катализатора полимерные смеси также легко деструктируют, однако при этом получается смесь L- и D-изомеров лактида (табл. 2).

Об этом свидетельствуют данные температур плавления, которые превышают значения T<sub>пл</sub> для индивидуальных мономеров на 5–10 °C. Следовательно, любое высокотермическое воздействие на полимер приводит к изменению его первоначальной структуры, что в дальнейшем сказывается на строении продуктов его деструкции. Несмотря на это, из данной смеси изомеров лактида можно синтезировать полимер с молекулярной массой более 500000. Согласно [1] полученный нами полилактид, имеющий температуру плавления 160 °C, представляет собой сополимер L-/D,L полилактида, где содержание L-мономера составляет 95%. Факт получения лактида и полилактида подтверждается данными ИК-спектроскопии (табл. 3) и литературными данными [2].

## Список литературы

1. Гужова А.А. *Электретные композиционные материалы на основе полилактида / Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Казань, 2016. – 132с.*
2. *Garlotta D. A Literature Review of Poly(Lactic Acid) / Journal of Polymers and the Environment, 2001. – Vol.9. – №2. – P.63–84.*

## СРАВНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ СИНТЕЗА ЛАКТИДА

П.И. Кокорина<sup>1</sup>, Е.И. Пащук<sup>1</sup>, А.Е. Лукьянов<sup>2</sup>  
 Научный руководитель – аспирант А.Е. Лукьянов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Муниципальное бюджетное образовательное учреждение лицей при ТПУ  
 634028, Россия, г. Томск, ул. Аркадия Иванова 4

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, a.e.lukianov@gmail.com

Уже сейчас можно с уверенностью говорить, что в будущем биоразлагаемые полимеры на основе растительного сырья вытеснят классические пластики, такие как полиэтилен, полипропилен и т.п. Одним из распространённых биоразлагаемых пластиков является полилактид. Данный полимер приобрел большую популярность за-за своих химических и биологических свойств. Он применяется в изготовлении экологической разлагаемой упаковки, лекарственной оболочке, изделий медицинского назначения (нитей, имплантатов) и т.п. [1]. Существует несколько способов синтеза полилактида. Через азеотропную полимеризацию, полимеризацию олигомера молочной кислоты и полимеризацию димера молочной кислоты с раскрытием кольца лактида [2].

В данной работе были рассмотрены технологии синтеза лактида. Поэтому в ходе работы были выбраны методы синтеза лактида из молочной кислоты и их сравнение. В ходе эксперимента L-молочную 80% кислоту подвергали концентрированию и поликонденсации при температуре 160 °С, вакууме 50 мбар и времени 4 часа на роторно-пленочном испарителе. У получившегося олигомера молочной кислоты брали образцы для анализов на ИК спектры, динамическую вязкость, а также рассчитывали выход олигомера молочной кислоты. После проводили деполимеризацию олигомера с получением лактида-сырца содержащего в себе примеси (молочной кислоты, мезо-лактида, воды). Деполимеризацию проводили под вакуумом 20 мбар с подачей азота, температура реакционной смеси 260–280 °С. Полученный лактид-сырец отфильтровывали от жидкой фракции с помощью вакуумного насоса и измеряли температура плавления

лактида-сырца. После чего, лактид-сырец дважды очищали методом перекристаллизации в безводном этаноле. Дальше очищенный лактид сушили в эксикаторе под вакуумом. После осушки у лактида измеряли температура плавления. При достижении справочной температуры плавления лактида, рассчитывали конечный выход лактида.

Поликонденсацию и деполимеризацию проводил как молочной кислоты без содержания катализаторов, так и с оксидом цинка как часто используемым катализатором в данной технологии синтеза лактида. В таблице 1 представлены данные по деполимеризации олигомера молочной кислоты при одинаковых параметрах синтеза.

**Таблица 1.** Результаты деполимеризации олигомера МК

Деполимеризация МК	Выход лактида, %	Tпл лактида, °С
Без всего	59,5	72–73
С оксидом цинка	80,9	86–87

Проанализировав полученные данные можно сказать, что использование оксида цинка на стадии деполимеризации олигомера молочной кислоты, выход лактида увеличивается на 20%, а температур лактида сырья на 14–17 °С выше. После деполимеризации лактид дважды перекристаллизовывали в безводном растворе этанола. Результаты перекристаллизации представлены в таблице 2.

Выход лактида после двух перекристаллизаций с использованием оксида цинка составил 33%, а температура плавления лактида без всего так и не достигла справочной.