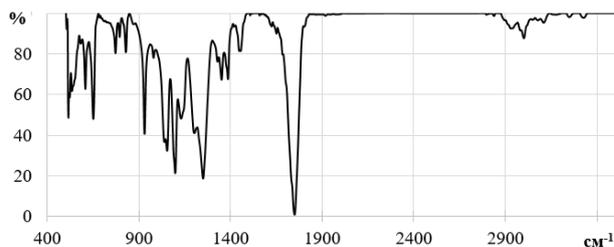


**Таблица 1.** Параметры синтеза лактида из молочной кислоты

Стадия	Температура, °С	Давление, мБар	Время, ч
Концентрирования	150	1 000	0,3
Конденсации	150–180	100	2
Деполимеризации	170–210	10	0,5

ты проводили на установке прямой перегонки под вакуумом (10 мБар). Очистку полученного лактида-сырца проводили методом перекристаллизации из этилацетата. Условия проведения эксперимента приведены в таблице 1.

Молекулярную массу олигомера определяли методом концевых групп. Структуру лактида анализировали посредством ИК-спектроскопии. Чистоту мономера оценивали с помощью газовой хроматографии. Лактид – вещество, которое может существовать в виде двух оптических изомеров: *L*-лактид и *D*-лактид, однако также известны формы *мезо*-лактида и рацемической смеси *L*, *D*-лактидов. В зависимости от конфигурации, вещество обладает различной температурой плавления ( $T_{пл}$ ), так  $T_{пл}$  для *L*- и *D*-изомеров составляет 96 °С, рацемата – 125 °С, *мезо*-формы – 54 °С.

**Рис. 1.** ИК-спектр лактида

Проведенные исследования показали, что полученный нами мономер, температура плавления которого лежит в диапазоне 107–110 °С, представляет собой смесь мономеров: индивидуальных *L*- и *D*-форм и рацемической смеси. В условиях эксперимента выход лактида-сырца составил 37% (масс.), а чистого лактида в пересчете на лактид-сырец – 22% (масс.). Структура полученного мономера представлена на рисунке 1.

Полоса поглощения в области 3 000–2 900 см<sup>-1</sup> свидетельствует о наличии в образце связи С–Н, интенсивная полоса поглощения в области 1 700 см<sup>-1</sup> свидетельствует о наличии связи С=О, наличие полос в области 1 450–600 см<sup>-1</sup> характеризуют связь С–О–.

Хроматографический анализ показал, что помимо лактидов в полученном образце также присутствуют и другие производные: молочная кислота, *мезо*-лактид и незначительные примеси олигомеров молочной кислоты.

## СИНТЕЗ ЭФИРОВ МОЛОЧНОЙ КИСЛОТЫ

Е.Я. Полетыкина, А. Зиновьев

Научный руководитель – к.х.н., доцент В.Т. Новиков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, e.y.poletykina@gmail.com

Эфиры являются важным и распространённым классом химических веществ, так как этот класс соединений активно используют в парфюмерии, фармацевтике, медицинской отрасли, а также для получения пластификаторов, растворителей и многое другое.

Не смотря на активное использование различных растворителей их производство опасно, так как приводит к загрязнению окружающей среды продуктами нефтехимии. К таким отходам относятся органические растворители (хлоралифатические, ароматические и хлорароматические углеводороды, кетоны, эфиры и др.), представляющие собой легколетучие и токсичные вещества, способные при захоронении

или сжигании образовывать высокотоксичные вещества. Отсюда возникла необходимость разработки производства «зеленых» растворителей, способных заменить токсичные [1].

«Зеленые» химические вещества способны свести к минимуму воздействие на окружающую среду при использовании их в химическом производстве. Идеальный зеленый растворитель должен иметь низкое давление паров, высокую температуру кипения, должен быть нетоксичным и подлежать биологическому разложению, иметь возможность растворения во многих химических соединениях и быть получен из возобновляемых источников [2].

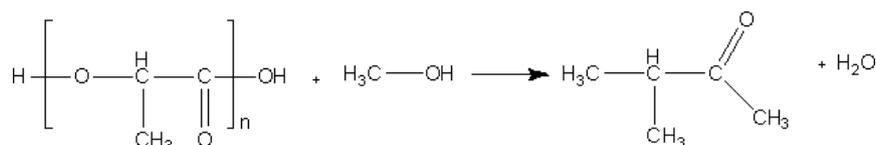


Рис. 1. Получение метилового эфира молочной кислоты

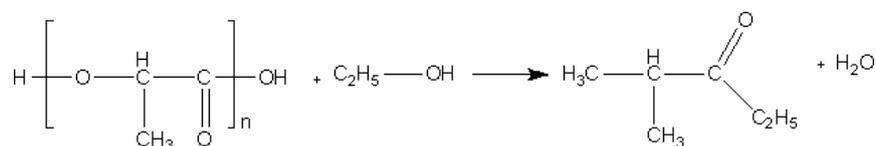


Рис. 2. Получение этилового эфира молочной кислоты

Эфиры молочной кислоты как раз относятся к «зеленым» растворителям. Они производятся из возобновляемых ресурсов, не токсичны для окружающей среды и человека.

Основными веществами для получения эфиров молочной кислоты служат: молочная кислота, олигомеры молочной кислоты, лактид, полилактид.

Использование молочной кислоты в качестве сырья затруднительно, так как молочная кислота содержит большое количество воды, которая оказывает негативное влияние на равновесие реакции. Процесс этерификации становится более длительным и требуется отгонка воды. Этих недостатков нет при использовании в качестве исходного сырья олигомеров молочной кислоты. Олигомеры и другие вещества используют сухими.

В качестве катализаторов в промышленности используют серную кислоту, её использова-

ние ведёт к загрязнению окружающей среды из-за образования сточных вод. Из-за этого возник спрос на более экологически безопасные катализаторы, например силикагель, который в итоге не образует сточных вод.

Наиболее привлекающими свое внимание считаются метиловый, этиловый и н-бутиловый эфиры. Они используются в фармацевтической и косметической промышленности и как растворители для лаков [3]. Метиловый и этиловый эфиры водорастворимые, а бутиловый эфир молочной кислоты малорастворим.

В работе проводилась этерификация олигомеров молочной кислоты с различными спиртами, в качестве катализатора использовался силикагель. Олигомер подготавливали перед синтезом осушкой.

Ниже представлены реакции получения метилового и этилового эфира молочной кислоты:

### Список литературы

1. Sheldon R.A. *Green solvents for sustainable organic synthesis: state of the art* // *Green Chemistry*, 2005. – №5. – P.267–278.
2. Diaz-Alvarez A.E., Francos J., Lastra-Barreira B., Crochet P., V. Cadierno. *Glycerol and derived solvents: new sustainable reaction media for organic synthesis* // *Chemical Communications*, 2011. – №22. – P.47.
3. *Ullmann's Encyclopedia of Chemical Technology. Lactic Acid.* // VCH Publishers, 2005. – P.37–45.
4. Грандберг И.И. *Органическая химия: учебник для академического бакалавриата / И.И. Грандберг, Н.Л. Нам.* // Издательство Юрайт, Москва, 2018. – 608 с.