

пользованием растворителей и катализаторов, что удорожает процесс и затрудняет очистку продуктов, либо с использованием фракции C_5 и малеинового ангидрида. В последнем случае процесс не является селективным, а также используется токсичное и дорогостоящее вещество – малеиновый ангидрид. Способом, исключая недостатки вышеперечисленных методов, является селективное получения диэфиров норборнен-2,3-дикарбоновой кислоты путем взаимодействия ЦПД, содержащегося во фракции C_5 , с диэфирами фумаровой кислоты.

Первым этапом данной работы является получение диизопропилового эфира фумаровой кислоты. Для этого в круглодонную колбу, снабженную мешалкой, загружаем фумаровую кислоту, изопропиловый спирт, серную кислоту в качестве катализатора и помещаем смесь на водяную баню. Колбу с обратным холодильником, сверху которого размещена хлоркальциевая трубка, нагреваем в течение трех часов при температуре кипения спирта.

После окончания реакции смесь охлаждаем в течение 48 часов при температуре $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ и от-

деляем фильтрованием осадок – непрореагировавшую фумаровую кислоту. Отставшую смесь нейтрализуем насыщенным раствором соды до нейтральной реакции ($\text{pH} = 7$). Из органической фазы удаляем избыток спирта простой перегонкой и после чего проводим идентификацию полученного продукта с использованием ИК-спектроскопии.

Следующий этап – получение экзо,экзо-2,3-диизопропил-5-норборнен-2,3-дикарбоксилата. Для этого в круглодонную колбу, снабженную обратным холодильником, помещаем на водяную баню и загружаем 2 г (0,01 моль) диизопропилфумарата. К нему постепенно прикапываем 0,823 мл (0,01 моль) ЦПД. После прекращения прикапывания и выделения тепла (15 минут) реакционную массу выдерживаем 30 минут при комнатной температуре и нагреваем до $31\text{--}32\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 40 минут. После охлаждения до комнатной температуры выливаем массу в чашку Петри для испарения непрореагировавшего вещества. Полученную реакционную смесь исследовали с использованием ИК-спектроскопии.

Список литературы

1. Лакеев С. Н., Ишалина О. В., Ганеев А. Э., Майданова И. О. // Башкирский химический журнал, 2018. – Т. 25. – № 4. – С. 95.
2. Норборнендикарбоксилатный пластификатор на основе C_5 -фракции, выделенной из жидких продуктов пиролиза // Экологичная нефтехимия URL: <https://lakeevsn.ru/tekhnologii/plastifikatory/norbornendikarboksilatnyy-plastifikator-na-osnove-s5-fraktsii-vydelennoy-iz-zhidkikh-produktov-pirol/> (дата обращения: 26.02.2023).
3. Мухина Т. Н., Барабанов Л. Н., Бабаи С. Е., Меньщиков В. А., Аврех Г. Л. Пиролиз углеводородного сырья. – М.: Химия, 1987. – 240 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПИРОЛИЗА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЦЕННЫХ МОНОМЕРОВ

В. А. Шведов

Научные руководители – к.х.н., доцент Л. С. Сорока; к.х.н., доцент А. А. Ляпков

Национальный исследовательский Томский политехнический университет
г. Томск, проспект Ленина, 43, vas109@tpu.ru

Утилизация и переработка вторичных продуктов процессов органического синтеза – одна из важнейших экологических проблем современных предприятий. При этом развитие технологии синтеза как органических, так и неорганических веществ постоянно развиваются в сторону снижения образования побочных продуктов, сточных вод и других отходов, негативно влияющих на окружающую среду.

Пиролизные установки занимают лидирующую позицию при получении ценных мономеров: этилена и пропилена. При этом в ходе термического разложения органических веществ происходит образования целого ряда вторичных продуктов. Некоторые из них, с увеличением мощности пиролизных установок, стали выделять как высоко маржинальные продукты или использовать как промежуточное сырье в дру-

гих синтезах. Другие отправляют на сжигание, при этом выработают энергию, необходимую, в том числе, и для проведения процесса пиролиза. Но несмотря на это, до сих пор остаются продукты пиролиза, которые требуют дополнительного подхода для использования. Например, жидкие продукты пиролиза, извлечение из которых ценных продуктов до сих пор является неэффективным и дорогостоящим процессом, что, как правило, связано с малыми концентрациями ценных веществ. Хотя в состав жидких продуктов пиролиза входят диеновые, парафиновые, ароматические и другие ценные углеводороды. Мощности пиролизных установок с ростом потребности в низших олефинах будет увеличиваться, а значит будет расти и спрос на экономически выгодную и безопасную переработку жидких продуктов пиролиза [1, 3].

Чтобы снизить затраты на извлечение ценных продуктов, в данной работе предлагается проводить синтез мономеров непосредственно в среде фракции C5, полученной из жидких продуктов пиролиза. Во фракции присутствуют циклопентадиеновые соединения, которые при взаимодействии, например, с эфирами фумаровой кислоты по реакции Дильса-Альдера образуют мономеры норборненового ряда – ценные мономеры, используемые в метатезисной полимеризации [2].

Первым этапом данной работы является получение диизобутилового эфира фумаровой кислоты. Для этого в круглодонную колбу, снабженную мешалкой, загружаем фумаровую кислоту, изобутиловый спирт, серную кислоту в качестве

катализатора и помещаем смесь на водяную баню. Колбу с обратным холодильником, сверху которого размещена хлоркальциевая трубка, нагреваем в течение трех часов при температуре кипения спирта.

После окончания реакции смесь охлаждаем в течение 48 часов при температуре -18°C и отделяем фильтрованием осадок – непрореагировавшую фумаровую кислоту. Отставшую смесь нейтрализуем насыщенным раствором соды до нейтральной реакции ($\text{pH} = 7$). Из органической фазы удаляем избыток спирта изобутилового спирта простой перегонкой и после чего проводим идентификацию полученного продукта с использованием ИК-спектроскопии.

Следующий этап – получение экзо,экзо-2,3-диизобутил-5-норборнен-2,3-дикарбоксилата. Для этого в круглодонную колбу, снабженную обратным холодильником, помещаем на водяную баню и загружаем 0,01 моль диизобутилфумарата. К нему постепенно прикапываем 0,823 мл (0,01 моль) ЦПД. После прекращения прикапывания и выделения тепла (15 минут) реакционную массу выдерживаем 30 минут при комнатной температуре и нагреваем до $31-32^{\circ}\text{C}$ в течение 120 минут. После охлаждения до комнатной температуры выливаем массу в чашку Петри для испарения непрореагировавшего вещества. Полученную реакционную смесь исследовали с использованием ИК-спектроскопии.

Далее в работе планируется исследование состава продуктов реакции, определение наличие изомеров и проведение метатезисной полимеризации полученных мономеров.

Список литературы

1. Беренц А. Д., Воль-Энштейн А. Б., Мухина Т. Н., Аврех Г. Л. *Переработка жидких продуктов пиролиза*. – М.: Химия, 1985. – 216 с.
2. Норборнендикарбоксилатный пластификатор на основе C5-фракции, выделенной из жидких продуктов пиролиза // *Экологичная нефтехимия* URL: <https://lakeevsn.ru/tekhnologii/plastifikatory/>

norbornendikarboksilatnyy-plastifikator-na-osnove-s5-fraktsii-vydelennoy-iz-zhidkikh-produktov-pirol/ (дата обращения: 26.02.2023).

3. Мухина Т. Н., Барабанов Л. Н., Бабаиш С. Е., Меньщиков В. А., Аврех Г. Л. *Пиролиз углеводородного сырья*. – М.: Химия, 1987. – 240 с.