

нола ДФСС и формальдегида, содержащегося в надсмольной воде и дополнительно вводимого в реакционную массу в виде 37% раствора формалина, и модификатора (измельченные отходы производства и переработки слоистых пластиков), образуется древесно-полимерный термопластичный композит (ДТПК). Суммарная степень извлечения фенола на этой стадии составляет 99,6–99,7%.

Образующаяся парогазовая смесь на стадии сушки ДТПК и содержащая свободного фенола 400–550 мг/л, проходит через холодильник, конденсируется и собирается в сборнике конден-

сата, а далее направляется на стадию сорбции (катионит КУ-36). Элюат, образующийся при десорбции фенола с катионита раствором NaOH, подвергается процессу выпаривания с образованием технического продукта фенолята натрия, который может быть использован в основном производстве. Остаточное содержание свободного фенола в конденсатных водах составляет  $2 \cdot 10^{-2}$ – $6 \cdot 10^{-2}$  мг/л. Все стадии технологического процесса получения ДТПК осуществляются в одном аппарате, обеспечивающим интенсификацию массообменных и реакционных процессов в гетерогенных средах [2].

### Список литературы

1. Липунов И.Н., А.Ф. Никифоров, И.Г. Первова, Н. О. Толмачева // *Водное хозяйство России*, 2018. – №6. – С.101–111.
2. Липунов И.Н., Теплоухов А.С. Патент РФ №40011, МПК7 В 01 F 7/08. Смеситель.

## ХИМИЧЕСКАЯ ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА

Е.В. Ужегова, К.Р. Марупова, Ю.С. Инкина

Научный руководитель – к.х.н., старший преподаватель А.А. Троян

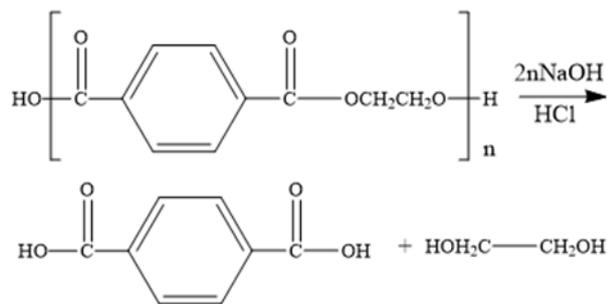
*Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30, uzhegova96@mail.ru*

Полиэтилентерефталат (ПЭТФ) имеет химическую структуру полиэфира, который получается при поликонденсации этиленгликоля с терефталевой кислотой. С каждым годом спрос на ПЭТФ повышается, в связи с этим увеличивается количество отходов. На сегодняшний день отходы ПЭТФ составляют более 30% от пластмассы, из которых 80% перерабатываются. В переработке вторичного ПЭТФ выделяют три основных направления: механические, химические и термические [2].

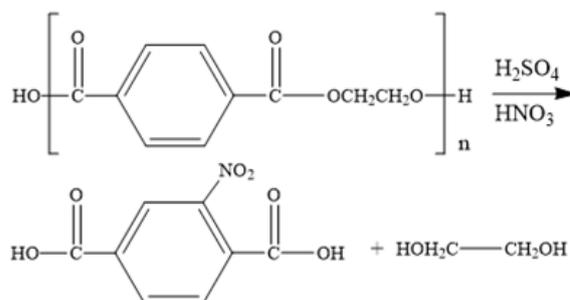
Химическая переработка сопровождается деполимеризацией цепочки ПЭТФ, при этом полимер может быть разложен либо на мономеры, либо на олигомеры и другие химические вещества. Это процесс наиболее затратный, чем механическая переработка и приводит к более высокой стоимости производства химически переработанного ПЭТФ по сравнению с исходным ПЭТФ. Поэтому химическая переработка должна осуществляться в широком масштабе, чтобы стать экономически целесообразной. По сравнению с другими методами рециркуляции химическая переработка является единственным методом, который соответствует принципам эко-

логичности, поскольку позволяет получать дополнительные ресурсы для производства ПЭТ. Коммерчески доступные технологии химической переработки содержат реакции гликолиза, гидролиза, метанолиза и аминоллиза [2].

Целью данной работы являлось изучение химического рециклинга ПЭТФ с помощью гидролиза. Экспериментальная часть исследования состояла в проведении реакций щелочного и кислотного гидролиза, представленных на рис. 1, 2. В качестве объекта исследования использовали ПЭТФ-бутылки, из которых получали флексы размером 1–3 мм. Щелочной гидролиз отходов ПЭТФ (рисунок) включал обработку полиэфира с помощью водного раствора гидроксида натрия, при температурах от 100 до 150 °С в течение нескольких часов. Для чего в реактор снабженный мешалкой и обратным холодильником загружали 5 г ПЭТФ-флексов, 20 мл воды и 4 г гидроксида натрия. В процессе гидролиза образовывалась натриевая соль терефталевой кислоты, и ТФК извлекали из раствора в виде осадка при добавлении минеральных кислот (соляной, серной). После осаждения ТФК промывали, сушили и анализировали выход.



**Рис. 1.** Схема реакции получения терефталевой кислоты и этиленгликоля щелочным гидролизом



**Рис. 2.** Схема реакции получения нитротерефталевой кислоты кислотным гидролизом

Кислотный гидролиз проводится с использованием смеси серной и азотной кислоты с получением нитротерефталевой кислоты. В реактор снабженный магнитной мешалкой, термометром и обратным холодильником загружали 8 г ПЭТФ-флексов, смесь 22 мл концентрированной серной кислоты и 5 мл концентрированной азотной. Реакцию продолжали при 60 °С в течение 1 ч. и при 80 °С в течение 10 ч. подряд. После реакции смесь охлаждали в ледяной бане до комнатной температуры. Полученный осадок

нитротерефталевой кислоты фильтровали, промывали дистиллированной водой и этанолом, сушили при 60 °С.

Проводя ряд реакций (по предложенным методикам), мы из ПЭТФ получали терефталевую кислоту, нитротерефталевую кислоту, этиленгликоль. О степени чистоты терефталевой и нитротерефталевой кислот судили по температурам плавления, которые соответствовали справочным данным. Все продукты реакций исследовали с помощью ИК- и ЯМР-спектроскопии.

### Список литературы

1. Митрофанов Р.Ю., Чистякова Ю.С., Севодин В.П. // *Твердые бытовые отходы*, 2006. – №6. – С.12–13.
2. M.-J. Li, et al. // *Chin. Chem. Lett.*, 2014. – 5p. – <http://dx.doi.org/10.1016/j.ccl.2014.09.022>.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ВЫЩЕЛАЧИВАНИЕ СЕРПЕНТИНИТОВОЙ РУДЫ

И.О. Усольцева<sup>1</sup>, Ю.В. Передерин<sup>1</sup>, Е.Г. Ахметгареева<sup>2</sup>, А.А. Каиржанов<sup>2</sup>  
 Научный руководитель – к.т.н., доцент Ю.В. Передерин

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
 634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина 30

<sup>2</sup>АО «Оренбургские минералы»  
 462781, Россия, Оренбургская область, г. Ясный, ул. Ленина, сира57@yandex.ru

В качестве объекта исследования при выполнении работы использовались побочные продукты производства киембаевского горно-обогатительного комбината «Оренбургские минералы», которые представляют собой серпентинитовую руду.

Возможность переработки серпентинита обусловлена его большим скоплением в качестве отходов производства, а, следовательно, огромное значение для развития экономики имеют исследования различных методов переработки

данного сырья.

Целью данной работы было проведение лабораторных исследований влияния температуры на степень выщелачивания сырья.

Для получения исходного продукта были проведены процедуры дробления, сепарации, фильтрации, сульфатизации немагнитной фракции.

В основе процесса лежит реакция:

