

УДК 620.197.6:678.049.91:532.72

Krasilnikova79@mail.ru

**ЗАМЕДЛИТЕЛИ ГОРЕНИЯ ДЛЯ ДРЕВЕСИНЫ НА ОСНОВЕ ПРОДУКТОВ  
ХИМИЧЕСКОЙ ДЕСТРУКЦИИ ПОЛИЭТИЛЕНТЕРЕФТАЛАТА****FIREPROOF STRUCTURES ON THE BASIS  
OF POLYETHYLENETEREPTHALATE DESTRUCTION PRODUCTS**

*Балакин В.М.,  
Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург,  
Красильникова М.А., Пазникова С.Н.,  
Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург  
Balakin V.M.  
The Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg  
Krasilnikova M.A., Paznikova S.N.,  
The Ural Institute of State Firefighting Service of Ministry  
of Russian Federation for Civil Defense, Yekaterinburg*

В работе изучена реакция аминолитиза полиэтилентерефталата с ди- и полиаминами. Методами ИК-спектроскопии, элементного анализа и газо-жидкостной хроматографии, совмещенной с масс-спектрометрией, установлена структура продуктов аминолитиза полиэтилентерефталата с ди- и полиаминами. Из продуктов аминолитиза получены фосфорсодержащие замедлители горения, изучена их огнезащитная эффективность для древесины.

*Ключевые слова:* огнезащитный состав для древесины, деструкция, полэтилентерефталат, ди- и полиамины.

We studied the reaction of aminolysis of PET with di-, polyamine. By IR-spectroscopy and elemental analysis established the structure of products aminolysis of PET di-, polyamine. Of the products obtained by aminolysis of phosphorus flame retardants, studied the effectiveness of their fire-retardant wood.

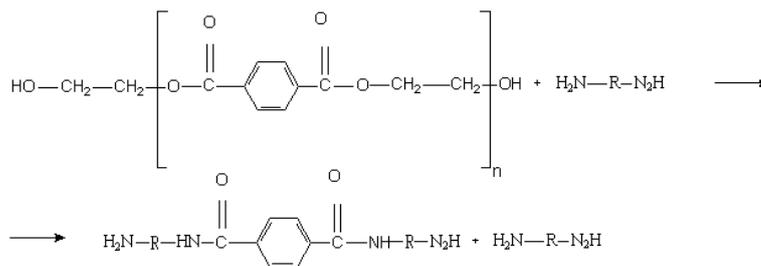
*Keywords:* fireproof structure for wood, destruction, polyethyleneterephthalate, di- and polyamines.

Древесина, как и любая органическая субстанция, является горючим материалом. Горение древесины – это, прежде всего, химический окислительно-восстановительный процесс, который сопровождается разложением материала, выделением тепла и образованием различных продуктов протекающих реакций [1]. В связи с этим актуальна проблема огнезащиты древесины.

В нашей работе рассмотрено получение огнезащитных составов (ОЗС) для древесины из продуктов аминолитиза полиэтилентерефталата (ПЭТФ) алифатическими ди- и полиаминами путем их фосфорилирования по реакции Кабачника –

Филдса [2]. В качестве алифатических аминов использованы этилендиамин (ЭДА), гексаметилендиамин (ГМДА), полиэтиленполиамин (ПЭПА). В качестве ПЭТФ использовались отходы производства ЗАО «Ада-Уралпласт», г. Екатеринбург. Молекулярная масса ПЭТФ, определённая вискозиметрическим методом [3], составила 82000 единиц.

Аминолитиз ПЭТФ проводили при соотношении ПЭТФ: амин 1:2 в диапазоне температур 90-160 °С в течении 2-5 часов. Продукты аминолитиза полиэтилентерефталата с аминами состоят из смеси диамида терефталевой кислоты (ТФК) и непрореагировавшего амина.



где H<sub>2</sub>N-R-N<sub>2</sub>H: H<sub>2</sub>N-(CH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>-N<sub>2</sub>H- ЭДА; (I)  
 H<sub>2</sub>N-(CH<sub>2</sub>)<sub>6</sub>-N<sub>2</sub>H- ГМДА ; (II)  
 H<sub>2</sub>N-(CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-NH)<sub>n</sub>-H- ПЭПА; (III)

Полученные продукты аминолита ПЭТФ с ЭДА и ГМДА промывали соляной кислотой (17 %) от непрореагировавшего амина, а затем дистиллированной водой до

нейтральной реакции и высушивали при 90 °С до постоянной массы. Полученный осадок был проанализирован методами элементного анализа, ИК-спектроскопии в диапазоне от 500 до 3000 см<sup>-1</sup> и газожидкостной хроматографии (рисунок 1).

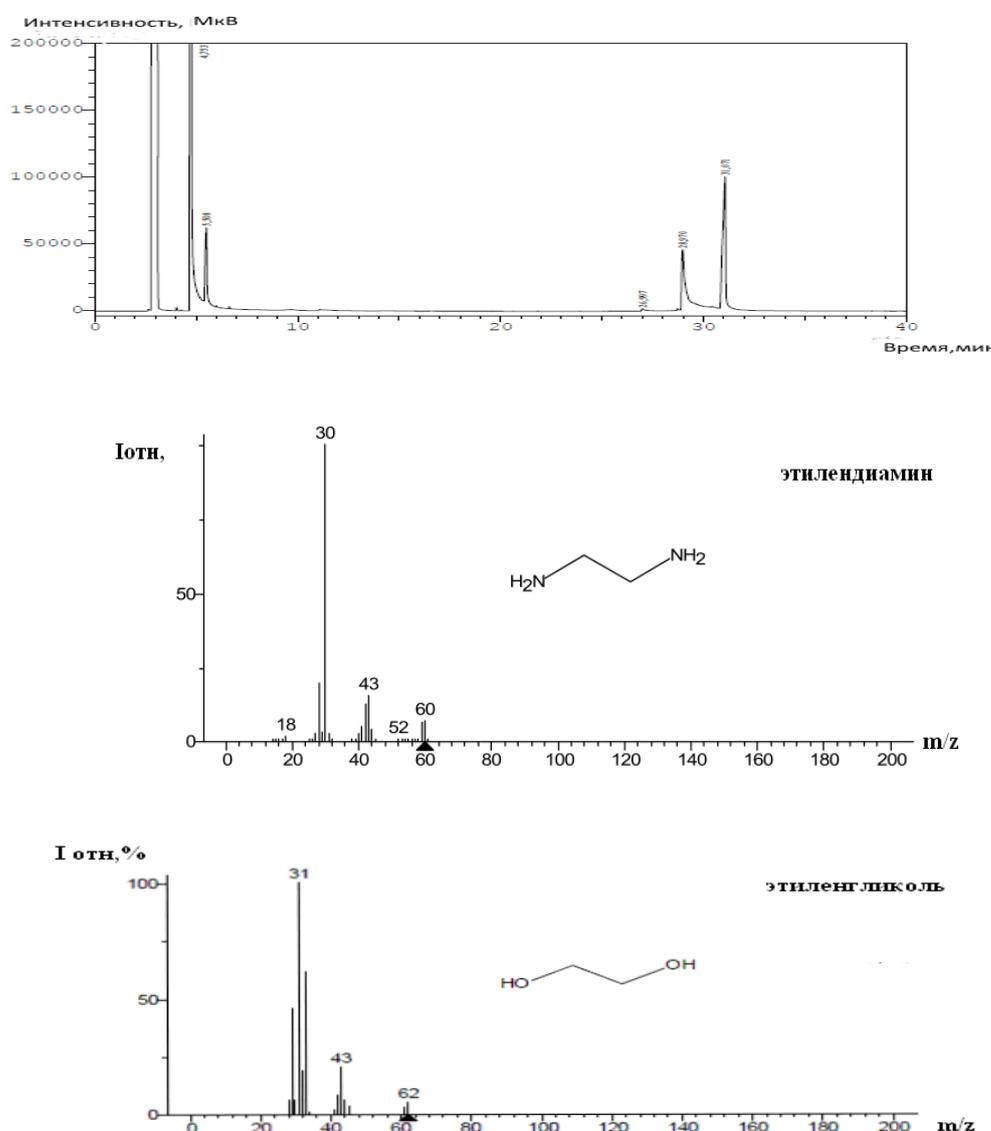


Рис. 1. Данные газожидкостной хроматографии продукта взаимодействия ПЭТФ этилендиамином

Таким образом, на основе данных ИК-спектрологии, элементного анализа и газожидкостной хроматографии, совмещенной с масс-спектрометрией осадков, выделенных из продуктов аминолитиза ПЭТФ этилендиамином, гексаметилендиамином и диэтилентриамином можно сделать вывод, что при аминолитизе идет полная деструкция ПЭТФ, приводящая к образованию соответствующих диамидов ТФК.

Продукты аминолитиза ПЭТФ и аминов, представляющие смесь диамидов

ТФК и непрореагировавших аминов, были использованы для получения фосфорсодержащих огнезащитных составов (ОЗС). Продукты аминолитиза подвергались обработке формальдегидом, соляной и фосфористыми кислотами при температуре 90 °С в течение 2 часов. В этих условиях происходило образование производных диамидов ТФК и избытка диаминов, содержащих группировки α-аминометиленфосфоновых кислот [2].

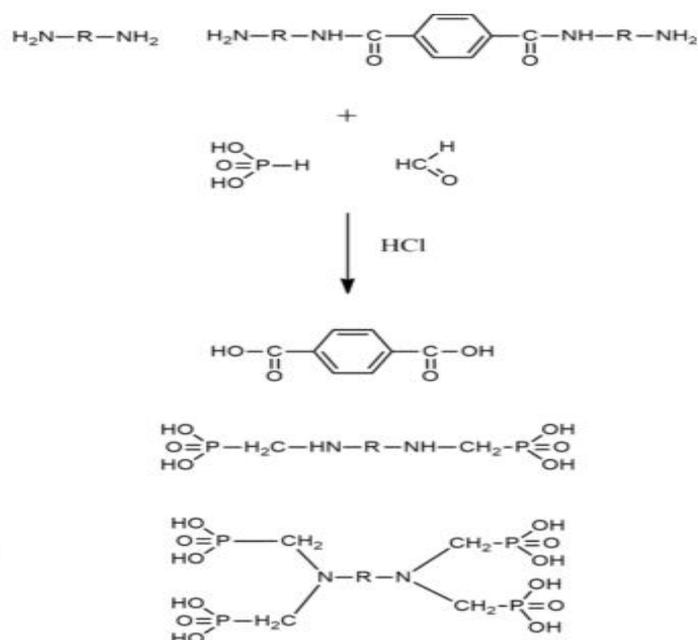


Рис. 2. Схема получения огнезащитного состава

Полученные водные растворы аминометиленфосфоновых кислот были нейтрализованы водным раствором аммиака до значения рН=7

Таблица 1. Физические свойства огнезащитных составов

Огнезащитный состав	ОЗС ПЭТФ-ЭДА	ОЗС ПЭТФ-ПЭПА	ОЗС ПЭТФ-ГМДА
Внешний вид	Жидкость светло-желтого цвета	Жидкость коричневого цвета	Жидкость светло-желтого цвета
Массовая доля сухого остатка, %	46,8	58,3	40,6
Плотность, г/м <sup>3</sup>	1,129	1,33	1,098
Условная вязкость, с	11	12	10
рН	7	7	7

Из литературы известно, что аммонийные соли  $\alpha$ -метилфосфоновых кислот являются эффективными замедлителями горения древесины [4-6].

Для определения группы огнезащитной эффективности полученных

ОЗС применялся метод, описанный в ГОСТ Р 53292-2009 [7], с использованием установки ОТМ (огневая труба модифицированная) на образцах древесины сосны размерами 150\*60\*30 мм. Результаты испытаний приведены на рисунке 3.

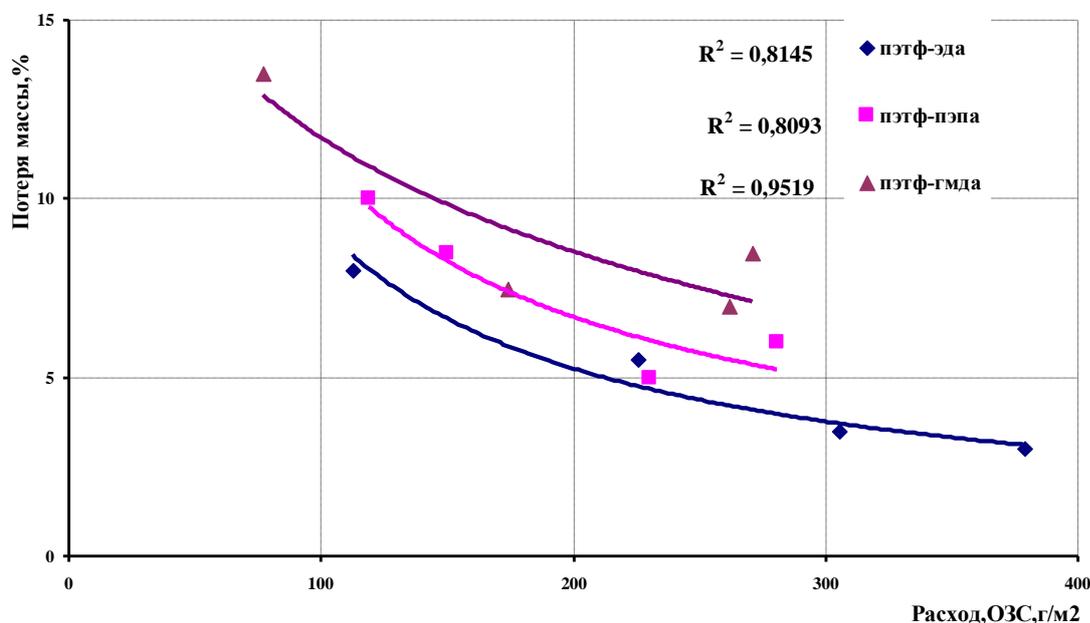


Рис. 3. Зависимость потери массы образцов древесины размером 150\*60\*30 мм от расхода ОЗС

Из рисунка видно, что все полученные ОЗС обладают высокой эффективностью. Для ОЗС на основе ПЭПА имеет наибольшую огнезащитную эффективность при расходе 150 г/м<sup>2</sup>, потеря массы составляет менее 10 %.

Таким образом, изучена реакция химической деструкции

полиэтилентерефталата алифатическими аминами (этилендиамином, гексаметилендиамином, полиэтиленполиамином). На основе продуктов аминлиза получены азотфосфорсодержащие огнезащитные составы, обладающие высокой огнезащитной эффективностью для древесины.

#### Литература

1. Асеева Р.М., Серков Б.Б., Сивенков А.Б. Горение древесины и ее пожароопасные свойства. Монография. Москва, 2010. – С. 8-9.
2. Черкасов Р.А., Галкин В.И. Реакция Кабачника – Филдса: синтетический потенциал и проблема механизма // Успехи химии. – 1998. – 67(10). – С. 940-968.
3. Рафиков С.Р., Павлова С. А., Твердохлебова И.И. Методы определения молекулярных весов и полидисперсности высокомолекулярных соединений. –М.: АН СССР, 1963. – 337с.
4. Балакин В.М., Красильникова М.А. Азотфосфорсодержащие огнезащитные составы на основе продуктов деструкции полиэтилентерефталата алифатическими ди- и полиаминами // Известия Волгоградского государственного технического университета, 2015, №7(164). – С. 162-165.
5. Балакин В.М., Таланкин В.С., Литвинец Ю.И. Исследование аминметилфосфонатов в качестве антипиренов для древесных плит // Технология древесных плит и пластиков: Межвузовский сборник. – Свердловск: УПИ, 1983. – С. 76-79.
6. Балакин В.М., Таланкин В.С., Литвинец Ю.И. Возможность использования алкиламинометилфосфонатов в качестве антипиренов для древесных плит // Технология древесных плит и пластиков: Межвузовский сборник. – Свердловск: УПИ, 1985. – С.75-79.
7. ГОСТ Р 53292-2009 Средства огнезащитные для древесины. Метод определения огнезащитных свойств.

**References**

1. Aseeva R.M., Serkov B.B., Sivenkov A.B. Gorenje drevesiny i ee požaroopasnye svojstva. Monografija. Moskva 2010. - P. 8-9.
2. R.A. Cherkasov, V.I. Galkin Reakcija Kabachnika-Fildsa: sinteticheskij potencial i problema mehanizma // Uspehi himii.-1998.-67(10). p.940-968.
3. Rafikov S.R., Pavlova S.A., Tverdohlebova I.I. Metody opredelenija molekuljarnyh vesov i polidispersnosti vysokomolekuljarnyh soedinenij – M.: AN SSSR, 1963. – 337 p.
4. Balakin V.M., Krasil'nikova M.A. Azotfosforsoderzhashhie ogneshhitnye sostavy na osnove produktov destrukcii polijetilentereftalata alifaticeskimi di-i poliaminami // Izvestija Volgogradskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta, 2015, №7(164).- P. 162-165.
5. Balakin V.M., V.S. Talankin, Ju.I. Litvinec Issledovanie aminometilenfosfonatov v kachestve antipirenov dlja drevesnyh plit // Tehnologija drevesnyh plit i plastikov: Mezhvuzovskij sbornik.-Sverdlovsk: UPI, 1983.- P. 76-79.
6. Balakin V.M. V.S. Talankin, Ju.I. Litvinec Vozmožnost' ispol'zovanija alkilaminometilenfosfonatov v kachestve antipirenov dlja drevesnyh plit // Tehnologija drevesnyh plit i plastikov: Mezhvuzovskij sbornik.-Sverdlovsk: UPI, 1985.- P. 75-79.
7. GOST R 53292-2009 Sredstva ogneshhitnye dlja drevesiny. Metod opredelenija ogneshhitnyh svojstv.