

ISSN 2224-5286

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

NEWS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

**ХИМИЯ ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯ
СЕРИЯСЫ**



**СЕРИЯ
ХИМИИ И ТЕХНОЛОГИИ**



**SERIES
CHEMISTRY AND TECHNOLOGY**

1 (415)

**ҚАҢТАР – АҚПАҢ 2016 ж.
ЯНВАРЬ – ФЕВРАЛЬ 2016 г.
JANUARY – FEBRUARY 2016**

**1947 ЖЫЛДЫҢ ҚАҢТАР АЙЫНАН ШЫҒА БАСТАҒАН
ИЗДАЕТСЯ С ЯНВАРЯ 1947 ГОДА
PUBLISHED SINCE JANUARY 1947**

**ЖЫЛЫНА 6 РЕТ ШЫҒАДЫ
ВЫХОДИТ 6 РАЗ В ГОД
PUBLISHED 6 TIMES A YEAR**

**АЛМАТЫ, ҚР ҰҒА
АЛМАТЫ, НАН РК
ALMATY, NAS RK**

Б а с р е д а к т о р

ҚР ҰҒА академигі
М. Ж. Жұрынов

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Әдекенов С.М.**; хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Ғазалиев А.М.**; хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Ерғожин Е.Е.** (бас редактордың орынбасары); хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Пірәлиев К.Д.**; хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Баешов А.Б.**; хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Бүркітбаев М.М.**; хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Жүсіпбеков У.Ж.**; хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Итжанова Х.И.**; хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Молдахметов М.З.**, техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Мырхалықов Ж.У.**; мед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Рахымов К.Д.**; хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Сатаев М.И.**; хим. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Тәшімов Л.Т.**; хим. ғ. докторы, проф. **Мансұров З.А.**; техн. ғ. докторы, проф. **Наурызбаев М.К.**

Р е д а к ц и я к е ң е с і:

Беларусь Республикасының ҰҒА академигі **Агабеков В.Е.** (Беларусь); Украинаның ҰҒА академигі **Волков С.В.** (Украина); Қырғыз Республикасының ҰҒА академигі **Жоробекова Ш.Ж.** (Қырғызстан); Армения Республикасының ҰҒА академигі **Мангашян А.А.** (Армения); Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Туртэ К.** (Молдова); Әзірбайжан ҰҒА академигі **Фарзалиев В.** (Әзірбайжан); Тәжікстан Республикасының ҰҒА академигі **Халиков Д.Х.** (Тәжікстан); хим. ғ. докторы, проф. **Нараев В.Н.** (Ресей Федерациясы); философия ғ. докторы, профессор **Полина Прокопович** (Ұлыбритания); хим. ғ. докторы, профессор **Марек Сикорски** (Польша)

Главный редактор

академик НАН РК

М. Ж. Журинов

Редакционная коллегия:

доктор хим. наук, проф., академик НАН РК **С.М. Адекенов**; доктор хим. наук, проф., академик НАН РК **А.М. Газалиев**; доктор хим. наук, проф., академик НАН РК **Е.Е. Ергожин** (заместитель главного редактора); доктор хим. наук, проф., академик НАН РК **К.Д. Пралиев**; доктор хим. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **А.Б. Башов**; доктор хим. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.М. Буркитбаев**; доктор хим. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **У.Ж. Джусипбеков**; доктор хим. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Х.И. Итжанова**; доктор хим. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.З. Мулдахметов**; доктор техн. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Ж.У. Мырхалыков**; доктор мед. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **К.Д. Рахимов**; доктор хим. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.И. Сатаев**; доктор хим. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Л.Т. Ташимов**; доктор хим. наук, проф. **З.А. Мансуров**; доктор техн. наук, проф. **М.К. Наурызбаев**

Редакционный совет:

академик НАН Республики Беларусь **В.Е. Агабеков** (Беларусь); академик НАН Украины **С.В. Волков** (Украина); академик НАН Кыргызской Республики **Ш.Ж. Жоробекова** (Кыргызстан); академик НАН Республики Армения **А.А. Манташян** (Армения); академик НАН Республики Молдова **К. Туртэ** (Молдова); академик НАН Азербайджанской Республики **В. Фарзалиев** (Азербайджан); академик НАН Республики Таджикистан **Д.Х. Халиков** (Таджикистан); доктор хим. наук, проф. **В.Н. Нараев** (Россия); доктор философии, профессор **Полина Прокопович** (Великобритания); доктор хим. наук, профессор **Марек Сикорски** (Польша)

«Известия НАН РК. Серия химии и технологии». ISSN 2224-5286

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №10893-Ж, выданное 30.04.2010 г.

Периодичность: 6 раз в год

Тираж: 300 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, ком. 219, 220, тел. 272-13-19, 272-13-18,
<http://nauka-nanrk.kz/chemistry-technology.kz>

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2016

Адрес редакции: 050100, г. Алматы, ул. Кунаева, 142,
Институт органического катализа и электрохимии им. Д. В. Сокольского,
каб. 310, тел. 291-62-80, факс 291-57-22, e-mail:orgcat@nursat.kz

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75

Editor in chief

M. Zh. Zhurinov,
academician of NAS RK

Editorial board:

S.M. Adekenov, dr. chem. sc., prof., academician of NAS RK; **A.M. Gazaliev**, dr. chem. sc., prof., academician of NAS RK; **Ye.Ye. Yergozhin**, dr. chem. sc., prof., academician of NAS RK (deputy editor); **K.D. Praliyev**, dr. chem. sc., prof., academician of NAS RK; **A.B. Bayeshov**, dr. chem. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.M. Burkhitbayev**, dr. chem. sc., prof., corr. member of NAS RK; **U.Zh. Zhusipbekov**, dr. chem. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Kh.I. Itzhanova**, dr. chem. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.Z. Muldakhmetov**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Zh.U. Myrkhalykov**, dr. eng. sc., prof., corr. member of NAS RK; **K.D. Rakhimov**, dr. med. sc., prof., corr. member of NAS RK; **M.I. Satayev**, dr. chem. sc., prof., corr. member of NAS RK; **L.T. Tashimov**, dr. chem. sc., prof., corr. member of NAS RK; **Z.A. Mansurov**, dr. chem. sc., prof.; **M.K. Nauryzbayev**, dr. eng. sc., prof.

Editorial staff:

V.Ye. Agabekov, NAS Belarus academician (Belarus); **S.V. Volkov**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **Sh.Zh. Zhorobekov**, NAS Kyrgyzstan academician (Kyrgyzstan); **A.A. Mantashyan**, NAS Armenia academician (Armenia); **K. Turte**, NAS Moldova academician (Moldova); **V. Farzaliyev**, NAS Azerbaijan academician (Azerbaijan); **D.Kh. Khalikov**, NAS Tajikistan academician (Tajikistan); **V.N. Narayev**, dr. chem. sc., prof. (Russia); **Pauline Prokopovich**, dr. phylos., prof. (UK); **Marek Sikorski**, dr. chem. sc., prof. (Poland)

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of chemistry and technology.
ISSN 2224-5286

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of Information and Archives of the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan N 10893-Ж, issued 30.04.2010

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 300 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, 220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,
<http://nauka-nanrk.kz/chemistry-technology.kz>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2016

Editorial address: Institute of Organic Catalysis and Electrochemistry named after D. V. Sokolsky
142, Kunayev str., of. 310, Almaty, 050100, tel. 291-62-80, fax 291-57-22,
e-mail: orgcat@nursat.kz

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

N E W S

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY

ISSN 2224-5286

Volume 1, Number 415 (2016), 18 – 25

**PROVISIONAL ULTRASONIC TREATMENT AND
RADIATION EXPOSURE OF CARBON-CONTAINING INDUSTRIAL
AND DOMESTIC WASTES TO THE HYDROGENATION
THERMOCATALYTIC PROCESSING**

Zh. Kh. Tashmukhambetova^{1,2}, E. A. Aubakirov^{1,2}, K. E. Burkhanbekov^{1,2*}, G. B. Makanova¹

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,

²SRI for New Chemical Technologies and Materials, Almaty, Kazakhstan.

*E-mail: burhanbekov@mail.ru

Key words: rubber, plastic, ultrasound, radiation, hydrogenation.

Abstract. This paper represents the results of studies of the influence of non-traditional provisional preparation methods of industrial and domestic carbon containing wastes (tires and plastics) by ultrasound treatment and radiation exposure to the hydrogenation thermocatalytic processing. Ultrasonic treatment of industrial and domestic wastes was carried out in a laboratory ultrasonic multifunctional complex in the range of intensity $I = 1-5 \text{ W /cm}^2$ and $\tau = 50-150 \text{ s}$ time. According to the sonication results of the test mixture at room temperature doesn't give a

clear pattern for the exit of gaseous and liquid products and was defined a slightly dependence on the cavitation intensity and time of processing. The total yield of distillate liquid was within 54,4-61,0 wt.% and the yield of gases 11,7-17,6 wt.%. Radiation treatment of the samples was carried out on a linear electron accelerator, in an inert medium at a density of $2 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ electron flux and the dose ranged from 100 to 500 kGy. The conclusion follows that the irradiation of rubber and plastic in the investigated intervals has not give an effect on the yield of light distillates of catalytic hydrogenation process. Just, slightly increased the output of the gas fraction, about 4-5 wt.%. The hydrocarbon compound of gas composition was determined by gas chromatography with mass spectrometric detection.

УДК 678.5: 502,171

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ОБРАБОТКА И РАДИАЦИОННОЕ ОБЛУЧЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННО-БЫТОВЫХ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ К ГИДРОГЕНИЗАЦИОННОЙ ТЕРМОКАТАЛИТИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ

Ж. Х. Ташмухамбетова^{1,2}, Е. А. Аубакиров^{1,2},
К. Е. Бурханбеков^{1,2*}, Г. Б. Маканова¹

¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан,

²НИИ новых химических технологий и материалов, Алматы, Казахстан

Ключевые слова: резина, пластмасса, ультразвук, облучение, гидрогенизация.

Аннотация. В работе представлены результаты исследования влияния нетрадиционных методов подготовки сырья к гидрогенизационной термокаталитической переработке промышленно-бытовых отходов (автошины и пластмассы) предварительной обработкой ультразвуком и радиационным облучением. Ультразвуковая обработка промышленно-бытовых отходов проводилась в многофункциональном лабораторном ультразвуковом комплексе в интервале значений интенсивности $I = 1-5 \text{ Вт}/\text{см}^2$ и при $\tau = 50-150 \text{ с}$ времени. По результатам ультразвуковой обработки исследуемой смеси при комнатной температуре не дает четкой закономерности по выходу газообразных и жидких продуктов и мало зависит от интенсивности и времени кавитационной обработки. Суммарный выход жидкого дистиллята составил 54,4-61,0 масс.%, а выход газов 11,7-17,6 масс.%. Радиационная обработка исследуемых образцов осуществлялась на линейном ускорителе электронов в инертной среде с плотностью потока электронов $2 \text{ мкА}/\text{см}^2$ и доза варьировалась в пределах от 100 до 500 кГр. Показано, что облучение резин и пластмасс в исследуемых интервалах существенного влияния на выход светлых дистиллятов в процессе гидрогенизационной каталитической переработки не оказывает. Незначительно увеличился выход газовой фракции, примерно на 4-5 масс.%. Углеводородный состав газа определялся методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием.

Введение. В настоящее время в мире ежегодно накапливается большое количество изношенных автомобильных шин, резиносодержащих отходов, отходов пластмасс и полимерных материалов. Они относятся к трудно биоразлагаемым и неструктурным отходам и представляют большую потенциальную опасность для окружающей среды [1-5].

В связи с этим необходимо разработать эффективные способы утилизации изношенных автомобильных шин, резиносодержащих отходов, отходов пластмасс и полимерных материалов, что позволит одновременно решить проблему вторичного их использования, охраны окружающей среды и производства дополнительных видов источников энергии, потому что изношенные автомобильные шины и отходы пластмасс являются ценным вторичным сырьем, хорошо сохраняющимся в количественном и в качественном отношении, и экономически выгодным продуктом, имеющим высокий потенциал переработки [6-11].

Одним из таких направлений является их термическая и термокаталитическая деструкции в углеводородные фракции, которые после соответствующей обработки могут быть использованы в качестве высококачественного моторного топлива [12-16].

Предварительная обработка автошины и пластмассы известными физико-химическими способами может оказывать существенное влияние на изменение их структуры и углеводородного

состава, а в ряде случаев и реакционной способности, что позволяет усовершенствовать технологии переработки отходов и повысить селективность относительно получаемого спектра продуктов.

В работе исследована предварительная ультразвуковая обработка и радиационное облучение отходов автошин и пластмасс, а также дальнейшая их термокаталитическая переработка с пастообразователем, которая является источником водорода и связующим компонентом для сырья и катализатора [17, 18].

Экспериментальная часть

Опыты проводили на установке периодического действия под давлением 0,5 МПа и температуре 450 °С в режиме непрерывного перемешивания. Продолжительность опыта 15 мин. Соотношение пастообразователя (ПО) и отходов равен – 1 : 1 [19].

В качестве сырья использовали смесь «резина-пластмасса» состава 1 : 1 с размером частиц от 2,0 до 6,0 мм. В качестве катализатора процесса был использован композитный катализатор на основе отхода ферросплавного производства (ОФП) и природного цеолита месторождения Тайжуген, обогащенного геландитом-клиноптилолитом в соотношений 40 : 60 в объеме 2% от массы сырья [20]. Как источник водорода и связующий компонент для сырья и катализатора был взят пастообразователь на основе тяжелого остатка дистилляции нефти месторождения «Кумколь» с температурой начала кипения выше 500 °С [18].

Ультразвуковую обработку проводили в multifunctionальном лабораторном ультразвуковом комплексе МЛУК-3/22-ОЛ.

Радиационную обработку образцов осуществляли на линейном ускорителе электронов ЭЛУ-6 с энергией 6 МэВ в инертной среде.

Анализ газовой смеси проводили на газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием Agilent 6890N/5973N.

Результаты и обсуждение

Параметры ультразвуковой обработки варьировали в интервале значений интенсивности – $I = 1-5 \text{ Вт/см}^2$, $\tau = 50-150 \text{ с}$ времени. Ультразвуковая обработка существенного влияния на дисперсность и структурные изменения органической части резины и пластмассы, как следует из приведенных в таблице 1 значений, не оказывает. Ранее нами было определено, что обработка ультразвуком резиновой крошки со степенью дисперсности 0,6-0,8 мм в воде практически не оказывает существенного влияния на выход жидкого продукта и его фракционный состав при оптимальных условиях проведения процесса ($T = 400 \text{ }^\circ\text{C}$, ПО-резина = 1 : 1, катализатор – ОФП-цеолит = 60 : 40 (2% масс.), $P = 0,5 \text{ МПа}$, $\tau = 60 \text{ мин}$ [19]).

Таблица 1 – Выход жидких продуктов переработки обработанных ультразвуком отходов автошин и пластмасс

I , Вт/см ²	t , с	$V_{\text{газа}}$, масс. %	ЖФ, $T_{\text{кип.}}$ до 180 °С масс. %	ЖФ, $T_{\text{кип.}}$ 180-250 °С масс. %	ЖФ, $T_{\text{кип.}}$ 250-320 °С масс. %	$m_{\text{сух.ост.}}$ масс. %	Потери масс. %
1	50	17,60	18,60	18,70	19,80	17,43	7,87
	100	16,63	20,00	23,10	14,90	11,45	13,92
	150	16,30	18,40	19,90	21,60	12,89	10,91
3	50	11,70	15,20	25,10	14,10	19,36	14,54
	100	14,20	18,70	14,80	22,90	17,53	11,87
	150	13,42	20,80	17,30	19,80	16,47	12,21
5	50	14,92	24,40	22,60	10,12	19,50	8,46
	100	17,40	18,60	26,90	13,50	11,72	11,88
	150	15,70	23,00	27,60	10,40	13,81	9,49

Ультразвуковая обработка пластмассовой крошки, измельченной до степени дисперсности 2,0, 4,0, 6,0 мм в воде в исследуемых режимах, оказалась практически нецелесообразной, поскольку кавитационного воздействия на столь прочный, жирный и адгезионноустойчивый материал, практически, не происходило. Поэтому для исследования влияния кавитационной обработки на состав и выход продуктов гидрогенизационной термокаталитической переработки использовали смесь резина-пластмасса состава 1 : 1 с размером частиц от 2,0 до 6,0 мм.

Как следует из приведенных в таблице 1 значений, обработка исследуемой смеси автошин и пластмасс при $I = 1, 3, 5 \text{ Вт/см}^2$ в интервале значений времени обработки 50, 100, 150 сек при комнатной температуре не дает четкой закономерности по выходу газообразных и жидких продуктов, а также по выходу легких до $180 \text{ }^\circ\text{C}$, средних $180\text{-}250 \text{ }^\circ\text{C}$ и тяжелых дистиллятов $250\text{-}320 \text{ }^\circ\text{C}$.

Суммарный выход жидкого дистиллята колеблется в пределах 54,4-61,0 масс.% (рисунок 1). Выход газов 11,7-17,6 масс.% и, как видно из таблицы 1, мало зависит от интенсивности и времени кавитационной обработки.

Как известно, эффект кавитации сопровождается микровзрывами, ультразвуком, а также механическими срезами и соударениями при воздействии сотен режущих пар,двигающихся навстречу друг другу с высокой линейной скоростью. Величина этой скорости составляет несколько десятков метров в секунду, что дает возможность разрезать диспергируемое вещество на мельчайшие микрочастицы сотнями тысяч микроимпульсов.

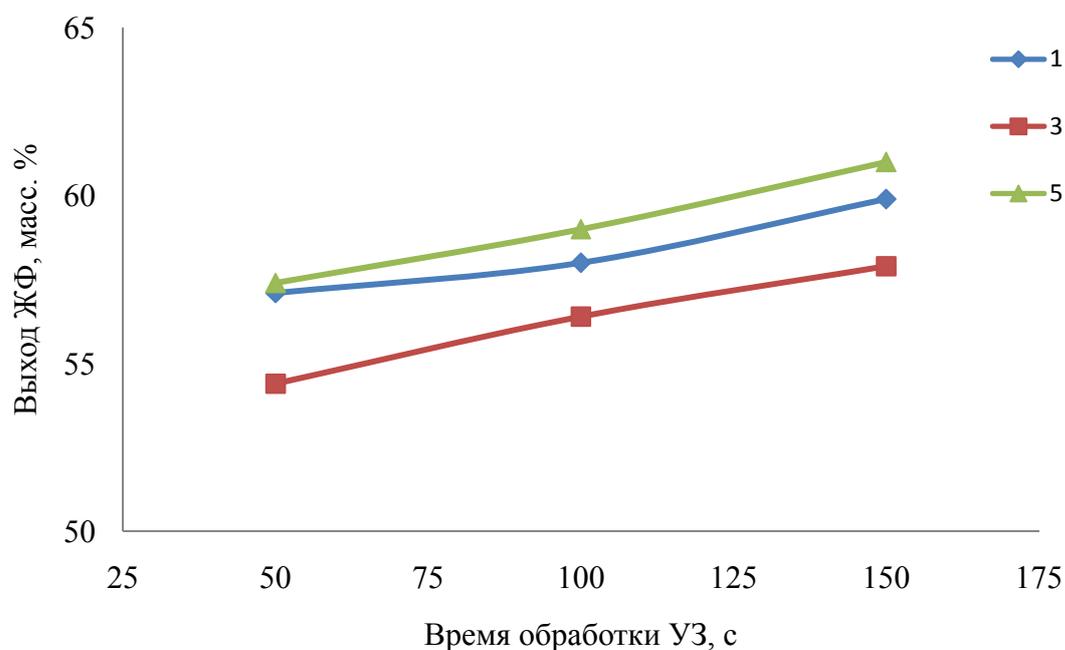


Рисунок 1 – Зависимость выхода жидкой фракции (ЖФ) от интенсивности ультразвука (I) и времени обработки (τ).

$I = 1, 3, 5 \text{ (Вт/см}^2\text{)}; \tau = 50, 100, 150 \text{ (с)}$

Поскольку в основном происходят изменения в структуре резин, обусловленные многофакторным энергетическим воздействием в виде импульса, сопровождающиеся механическим разрывом ассоциативных связей молекул каучуков и вулканизационной серы, а также гидродинамическим воздействием путем сдвига напряжения в жидкости, кавитационная обработка водой должна способствовать отделению металлокорда, сажи и серы и др. наполнителей от органической части, что в свою очередь должно обусловить более легкое ее превращение в жидкие и преимущественно газообразные продукты. Установлено, что наиболее оптимальными по выходу жидкого продукта являются отходы резин и пластмасс, обработанные ультразвуком при $I = 5 \text{ Вт/см}^2, \tau = 150 \text{ сек}$ – 61,0 масс.% жидких фракций.

Нами также было исследовано влияние радиационного облучения отходов резин и пластмасс на выход и состав жидких продуктов в процессе их гидрогенизационной термокаталитической переработки. Облучение проводили потоком электронов с плотностью 2 мкА/см^2 при варьировании дозы облучения от 100 до 500 кГр.

Как видно из рисунка 2, суммарный выход жидкой фракции из предварительно облученной смеси резина-пластмасса изменяется в пределах 32,18-53,39 масс.%. Следует отметить, что в диапазоне облучения 100 и 300 кГр наблюдаются соответственно высокие выходы жидкой фракции. Оптимальный выход бензиновой фракции наблюдается при дозе облучения 500 кГр, а по дизельному топливу при дозе облучения 300 кГр.

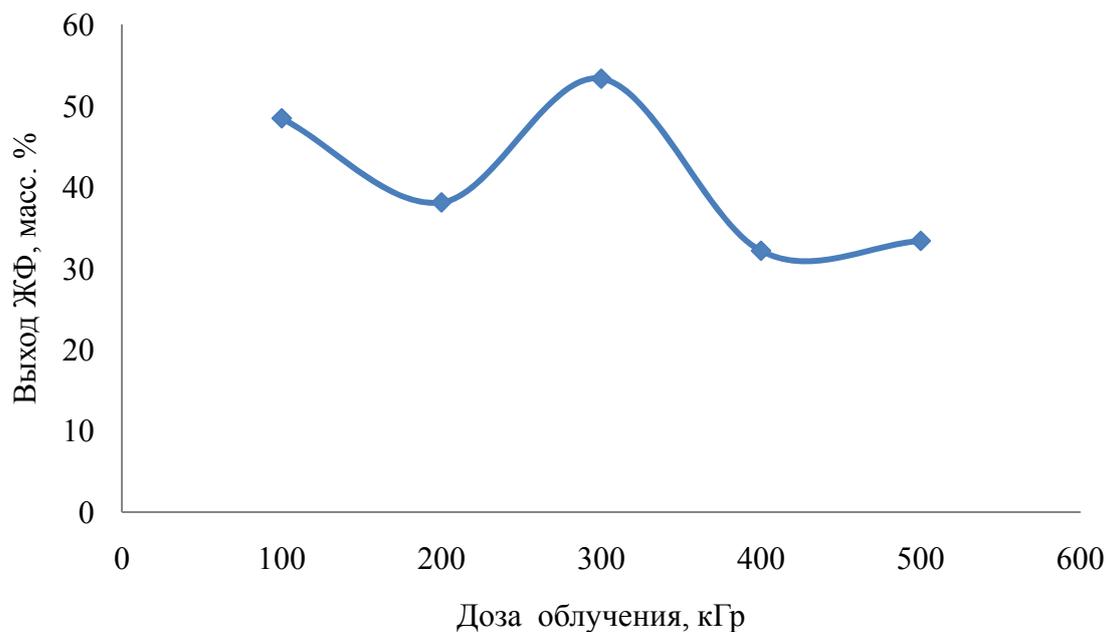


Рисунок 2 – Зависимость выхода жидкой фракции (ЖФ) от дозы облучения

Следует отметить, что при гидрогенизационной термокаталитической переработке необлученных смесей отходов резины и пластмассы в заданных условиях оптимальный выход жидкой фракции составил 65,97 масс.%. Отсюда следует вывод о том, что облучение резин и пластмасс в исследуемых интервалах существенного влияния на выход светлых дистиллятов в процессе гидрогенизационной каталитической переработки не оказывает. Незначительно увеличился выход газовой фракции, примерно на 4-5 масс.%. Это согласуется с литературными данными о том, что предварительное радиационное облучение углеродсодержащего сырья на основе резины и пластмасс существенно увеличивает выход газов. В процессе облучения происходит деструктивное расщепление связей в каучуках и полимерном корде, приводящее к дальнейшему более легкому терморасщеплению молекул под воздействием высокой температуры до углеводородных газов состава C_1-C_4 , оксидов углерода, а также сопровождается образованием серасодержащих газов. Скорее всего, это может быть обусловлено преобладанием термолиза над каталитическим крекингом и гидрогенизационными превращениями образовавшихся коротких молекул. В составе сухого продукта присутствуют преимущественно компоненты корда, металлы, сажа, минеральные добавки, сера и др. Существенный вклад в образование жидкого продукта вносит гудрон как связующее, источник водорода и реагент.

Анализ углеводородного газа по составу методом газожидкостной хроматографии позволил установить присутствие нормальных и изопарафинов состава C_1-C_4 , олефинов и диенов, газоконденсата состава C_4-C_5 , H_2 , CO , CO_2 , H_2S (рисунок 3, таблица 2).

Заключение. По результатам ультразвуковой обработки исследуемой смеси при комнатной температуре не дает четкой закономерности по выходу газообразных и жидких продуктов и мало зависит от интенсивности и времени кавитационной обработки. Установлено,

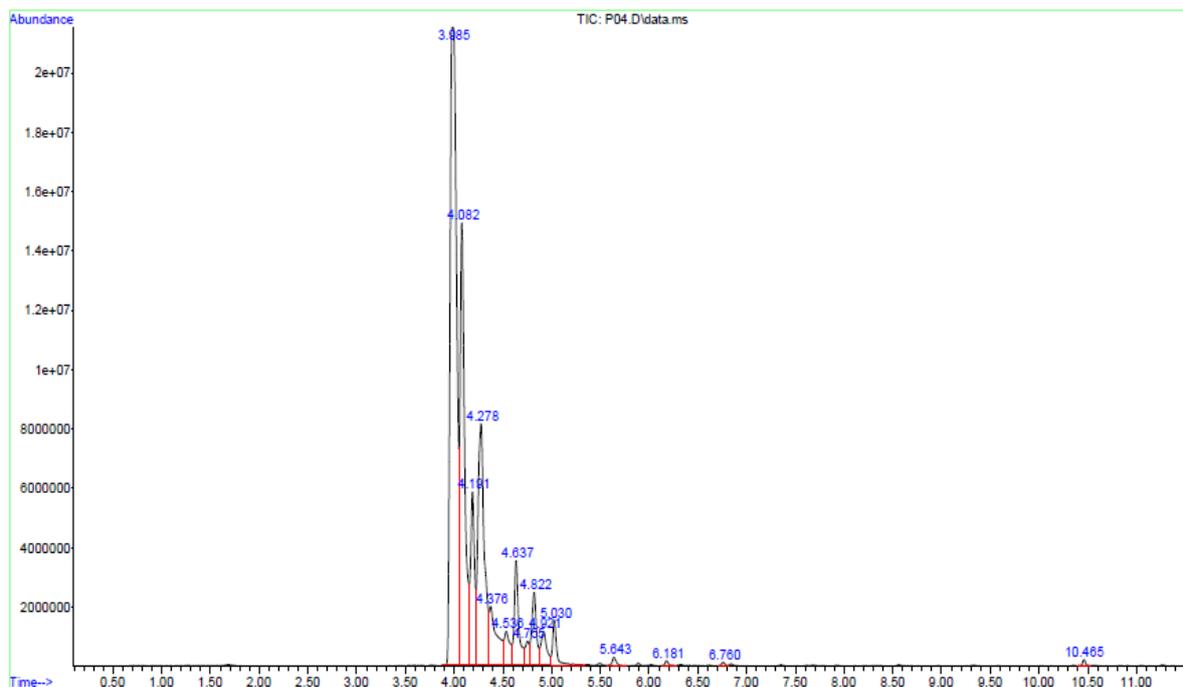


Рисунок 3 – Хроматограмма газовой фракции

Таблица 2 – Фракционный состав газовой фракции переработки отходов резин и пластмасс

н-парафины – 37,96 мас.%	изо-парафины – 4,81 мас.%	олефины – 15,64 мас.%	диены – 41,33 мас.%	др. – 0,26%
гексан	2-метилпентан	пентен-1	пентадиен-1,4	CO
пентан	2-метилбутан	пропилен-1	пропадиен-1,2	CO ₂
бутан		2-метилбутен-1		H ₂
пропан				H ₂ S
метан				N ₂

что наиболее оптимальными по выходу жидкого продукта являются отходы резин и пластмасс, обработанные ультразвуком при $I = 5 \text{ Вт/см}^2$, $\tau = 150 \text{ с}$ – 61,0 масс.% жидких фракций.

Также предварительные исследования по радиационной облучений отходов резины и пластмасс показало снижение выхода жидких фракций на 8-10 масс.% и повышение газообразований на 4-5 масс %.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Adetoyese Oyedun, Ka-Leung Lam, Malte Fittkau, Chi-Wai Hui Optimisation of particle size in waste tyre pyrolysis. Fuel 2012, 95, 417-424.
- [2] Suat Uçar, Selhan Karagöz, Jale Yanik, Mehmet Saglam, Mithat Yuksel Copyrolysis of scrap tires with waste lubricant oil. Fuel Processing Technology 2005, 87, 53-58.
- [3] Wang H, Xu H, Xuan X. Review of waste tire reuse and recycling in China-current situation, problems and countermeasures. Adv. Nat. Sci. 2009; 2(1).
- [4] Andras Angyal, Norbert Miskolczi, Laszlo Bartha. Petrochemical feedstock by thermal cracking of plastic waste // J. Anal. Appl. Pyrolysis. - 2007. - №36. - P. 175.
- [5] Rymys M., Januszewicz K., Lewandowski W. M., Klugmann-Radziemska E. Ecological Chemistry and Engineering S. 2013, 20(1), 93-107.
- [6] Ana-Maria Al-Lal, David Bolonio, Alberto Llamas, Magin Lapuerta, Laureano. Desulfurization of pyrolysis fuels obtained from waste: Lube oils, tires and plastics. Fuel 2015, 150, 208-216.
- [7] Amir Hooshmand Ahoor, Navid Zandi-Atashbar Fuel production based on catalytic pyrolysis of waste tires as an optimized model. Energy Conversion and Management 2014, 87, 653-669.
- [8] Yi Fang, Maosheng ZhanU, Ying Wang The status of recycling of waste rubber. Materials and Design 2001, 22, 123-127.

- [9] Mohammad Nahid Siddiqui Conversion of hazardous plastic wastes into useful chemical products. *Journal of Hazardous Materials* 2009, 167, 728-735.
- [10] N. Miskolczi, A. Angyal, L. Bartha, I. Valkai Fuels by pyrolysis of waste plastics from agricultural and packaging sectors in a pilot scale reactor. *Fuel Processing Technology* 2009, 90, 1032-1040.
- [11] Wei-Chiang Huang, Mao-Suan Huang, Chiung-Fang Huang, Chien- Chung Chen, Keng-Liang Ou Thermochemical conversion of polymer wastes into hydrocarbon fuels over various fluidizing cracking catalysts. *Fuel* 2010, 89, 2305-2316.
- [12] Williams P. T., Brindle, A. J. Fluidised Bed Catalytic Pyrolysis of Scrap Tyres: Influence of Catalyst: Tyre Ratio and Catalyst Temperature. *Waste Management and Research*, 2002, vol. 20, no. 6, p. 546.
- [13] S. Boxiong, W. Chunfei, L. Cai, G. Binbin, W. Rui Pyrolysis of waste tyres: the influence of USY catalyst/tyre ratio on products, *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis* 2007, 78, 243-249.
- [14] Корнеев И.С., Хлопов Д.С., Сучков Ю.П., Швец В.Ф., Козловский Р.А., Юхнов Н.М., Данилов И.В., Стребков Ю.С. Термическая и термокаталитическая переработка отходов полиолефинов полимерных материалов в моторное топливо // Химическая промышленность сегодня. - 2010. - № 6. - С. 19-29.
- [15] Mohammad Nahid Siddiqui, Halim Hamid Redhwi Pyrolysis of mixed plastics for the recovery of useful products. *Fuel Processing Technology* 2009, 90, 545-552.
- [16] E. G. Fuentes-Ordóñez, J. A. Salbidegoitia, M. P. Gonzalez-Marcos, J. L. Ayastuy, M. A. Gutierrez-Ortiz, J. R. Gonzalez-Velasco Pt/ITQ-6 zeolite as a bifunctional catalyst for hydrocracking of waste plastics containing polystyrene. *J Mater Cycles Waste Manag* 17, 2015, 465-475.
- [17] Saeng-arayakul P., Jitkarnka S. An Attempt on Using a Regenerated Commercial NiMoS/Al₂O₃ as a Catalyst for Waste Tyre Pyrolysis. *Chemical Engineering Transactions* 2013, vol. 35.
- [18] A. E. Aubakirov, K. E. Burkhanbekov, E. B. Serikov Secondary catalytic recycling of used automobile tires. *Materials IX-international scientific-practical conference "Strategiczne Pytania Swiatowej Nauki-2013"*, 07-15 lutego 2013 roku, Przemysl, Polska, pp. 54-57.
- [19] Ermek A., Zheneta T., Zhaksuntay K., Kairat B. Thermal catalytic recycling of plastic wastes. *Applied Mechanics and Materials* 2014, 618, pp. 136-139.
- [20] Kairbekov Zh.K., Aubakirov E.A., Tashmukhambetova Zh.Kh., Fayzullaeva M.F., Shomanova Zh.K., Burkhanbekov K.E. Catalytic Hydrogenation of Rubber Wastes // *Bulletin of the KazNU, chemical series, № 1(77a)*, 2015. - С. 90-95.

REFERENCES

- [1] Adetoyese Oyedun, Ka-Leung Lam, Malte Fittkau, Chi-Wai Hui. *Fuel*, **2012**, 95, 417-424. (in Eng.).
- [2] Suat Uçar, Selhan Karagöz, Jale Yanik, Mehmet Saglam, Mithat Yuksel. *Fuel Processing Technology*, **2005**, 87, 53-58. (in Eng.).
- [3] Wang H, Xu H, Xuan X. *Adv. Nat. Sci.*, **2009**, 2(1). (in Eng.).
- [4] Andras Angyal, Norbert Miskolczi, Laszlo Bartha. *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, **2007**, 36, 175 p. (in Eng.).
- [5] Ryms M., Januszewicz K., Lewandowski W. M., Klugmann-Radziemska E. *Ecological Chemistry and Engineering S*, **2013**, 20(1), 93-107. (in Eng.).
- [6] Ana-Maria Al-Lal, David Bolonio, Alberto Llamas, Magin Lapuerta, Laureano. *Fuel*, **2015**, 150, 208-216. (in Eng.).
- [7] Amir Hooshmand Ahoor, Navid Zandi-Atashbar. *Energy Conversion and Management*, **2014**, 87, 653-669. (in Eng.).
- [8] Yi Fang, Maosheng ZhanU, Ying Wang. *Materials and Design*, **2001**, 22, 123-127. (in Eng.).
- [9] Mohammad Nahid Siddiqui. *Journal of Hazardous Materials*, **2009**, 167, 728-735. (in Eng.).
- [10] N. Miskolczi, A. Angyal, L. Bartha, I. Valkai. *Fuel Processing Technology*, **2009**, 90, 1032-1040. (in Eng.).
- [11] Wei-Chiang Huang, Mao-Suan Huang, Chiung-Fang Huang, Chien- Chung Chen, Keng-Liang Ou. *Fuel*, **2010**, 89, 2305-2316. (in Eng.).
- [12] Williams P. T., Brindle A. J. *Waste Management and Research*, **2002**, 20(6), 546 p. (in Eng.).
- [13] S. Boxiong, W. Chunfei, L. Cai, G. Binbin, W. Rui. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, **2007**, 78, 243-249. (in Eng.).
- [14] Korneev I.S., Khlopov D.S., Suchkov Yu.P., Shvets V.F., Kozlowski R.A., Yukhnov N.M., Danilov I.V., Strebkov Yu.S. Thermal and catalytic thermal processing of waste polyolefin plastics in motor fuel // *Chemical industry today*. - 2010. - № 6. - p. 19-29. (in Russ.).
- [15] Mohammad Nahid Siddiqui, Halim Hamid Redhwi. *Fuel Processing Technology*, **2009**, 90, 545-552. (in Eng.).
- [16] E. G. Fuentes-Ordóñez, J. A. Salbidegoitia, M. P. Gonzalez-Marcos, J. L. Ayastuy, M. A. Gutierrez-Ortiz, J. R. Gonzalez-Velasco. *J Mater Cycles Waste Manag*, **2015**, 17, 465-475.
- [17] Saeng-arayakul P., Jitkarnka S. *Chemical Engineering Transactions*, **2013**, 35. (in Eng.).
- [18] A. E. Aubakirov, K. E. Burkhanbekov, E. B. Serikov. *Materials IX-international scientific-practical conference "Strategiczne Pytania Swiatowej Nauki-2013"*, **2013**, 54-57. (in Eng.).
- [19] Ermek A., Zheneta T., Zhaksuntay K., Kairat B. *Applied Mechanics and Materials*, **2014**, 618, 136-139. (in Eng.).
- [20] Kairbekov Zh.K., Aubakirov E.A., Tashmukhambetova Zh.Kh., Fayzullaeva M.F., Shomanova Zh.K., Burkhanbekov K.E. *Bulletin of the KazNU*, **2015**, 1(77a), 90-95. (in Eng.).

**ӨНДІРІСТІ-ТҰРМЫСТЫҚ КӨМІРТЕК ҚҰРАМДЫ ҚАЛДЫҚТАРДЫ
ГИДРОГЕНИЗАЦИЯЛЫҚ ТЕРМОКАТАЛИТИКАЛЫҚ ҚАЙТА ӨНДЕУ ҮШІН
АЛДЫН АЛА УЛЬТРАДЫБЫСТЫ ӨНДЕУ МЕН РАДИАЦИЯЛЫҚ СӘУЛЕЛЕНДІРУ**

Ж. Х. Ташмухамбетова^{1,2}, Е. А. Аубакиров^{1,2}, К. Е. Бурханбеков^{1,2}, Г. Б. Маканова¹

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,

²Жаңа химиялық технологиялар және материалдар ҒЗИ, Алматы, Қазақстан

Тірек сөздер: резина, пластмасса, ультрадыбыс, сәулелендіру, гидрогенизация.

Аннотация. Жұмыста өндірісті-тұрмыстық қалдықтарды (автошина мен пластмасса) гидрогенизациялық термокаталитикалық қайта өңдеу үшін, олардың алдын ала ультрадыбысты өңделуі мен радиациялық сәулелендіруінің зерттеу нәтижелері көрсетілген. Өндірісті-тұрмыстық қалдықтарды ультрадыбысты сәулелендіру көпфункционалды лабораториялық ультрадыбысты комплексте, интенсивтілігі $I = 1-5 \text{ Вт/см}^2$ интервалында және $\tau = 50-150$ сек уақыт аралығында жүргізілді. Зерттеу нысандарын бөлме температурасында ультрадыбысты өңдеуінің нәтижелері бойынша, газ бен сұйық заттарымыздың шығымы бойынша ешқандай нақты заңдылықтар бермеді және кавитациялық өңдеудің интенсивтілігі мен уақытқа аз байланысты екені анықталды. Сұйық дистиллятымыздың жалпы шығымы 54,4-61,0 масс.% аралығында, ал газдардың шығымы 11,7-17,6 масс.% аралығында болды. Зерттеу қалдықтарын радиациялық сәулелендіру электрондарды сызқты үдемелеткіш қондырғысында, электрон ағындарының тығыздығы 2 мкА/см^2 тең инертті ортада және 100 до 500 кГр сәулелендіру мөлшерінде жүргізілді. Радиациялық сәулелендіру зерттеу жұмыстарының қорытындысы бойынша, резина мен пластмассаларды зерттелетін радиациялық мөлшерлерде сәулелендіру, қалдықтардың гидрогенизациялық каталитикалық өңдеуінде сұйық өнімдер шығымына айтарлықтай әсерін тигізбеді. Тек, газ шығымы 4-5 масс.% аралығында ұлғайды. Газдың көмірсутектік құрамы масс-спектрометрлі детекторы бар газды хроматографияда анықталды.

Поступила 03.12.2015г.

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

www.nauka-nanrk.kz

<http://www.chemistry-technology.kz/index.php/ru/>

Редакторы: *М. С. Ахметова, Т. А. Апендиев*
Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 02.02.2016.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
6,75 п.л. Тираж 300. Заказ 1.