

ISSN 2518-1491 (Online),
ISSN 2224-5286 (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Д.В.Сокольский атындағы «Жанармай,
катализ және электрохимия институты» АҚ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
АО «Институт топлива, катализа и
электрохимии им. Д.В. Сокольского»

NEWS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
JSC «D.V. Sokolsky institute of fuel, catalysis
and electrochemistry»

**SERIES
CHEMISTRY AND TECHNOLOGY**

1 (439)

JANUARY – FEBRUARY 2020

PUBLISHED SINCE JANUARY 1947

PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

NAS RK is pleased to announce that News of NAS RK. Series of chemistry and technologies scientific journal has been accepted for indexing in the Emerging Sources Citation Index, a new edition of Web of Science. Content in this index is under consideration by Clarivate Analytics to be accepted in the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index, and the Arts & Humanities Citation Index. The quality and depth of content Web of Science offers to researchers, authors, publishers, and institutions sets it apart from other research databases. The inclusion of News of NAS RK. Series of chemistry and technologies in the Emerging Sources Citation Index demonstrates our dedication to providing the most relevant and influential content of chemical sciences to our community.

Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясы "ҚР ҰҒА Хабарлары. Химия және технология сериясы" ғылыми журналының Web of Science-тің жаңаланған нұсқасы Emerging Sources Citation Index-те индекстелуге қабылданғанын хабарлайды. Бұл индекстелу барысында Clarivate Analytics компаниясы журналды одан әрі the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index және the Arts & Humanities Citation Index-ке қабылдау мәселесін қарастыруда. Web of Science зерттеушілер, авторлар, баспашылар мен мекемелерге контент тереңдігі мен сапасын ұсынады. ҚР ҰҒА Хабарлары. Химия және технология сериясы Emerging Sources Citation Index-ке енуі біздің қоғамдастық үшін ең өзекті және беделді химиялық ғылымдар бойынша контентке адалдығымызды білдіреді.

НАН РК сообщает, что научный журнал «Известия НАН РК. Серия химии и технологий» был принят для индексирования в Emerging Sources Citation Index, обновленной версии Web of Science. Содержание в этом индексировании находится в стадии рассмотрения компанией Clarivate Analytics для дальнейшего принятия журнала в the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index и the Arts & Humanities Citation Index. Web of Science предлагает качество и глубину контента для исследователей, авторов, издателей и учреждений. Включение Известия НАН РК в Emerging Sources Citation Index демонстрирует нашу приверженность к наиболее актуальному и влиятельному контенту по химическим наукам для нашего сообщества.

Б а с р е д а к т о р ы

х.ғ.д., проф., ҚР ҰҒА академигі

М.Ж. Жұрынов

Р е д а к ц и я а л қ а с ы:

Ағабеков В.Е. проф., академик (Белорус)
Волков С.В. проф., академик (Украина)
Воротынцев М.А. проф., академик (Ресей)
Газалиев А.М. проф., академик (Қазақстан)
Ергожин Е.Е. проф., академик (Қазақстан)
Жармағамбетова А.К. проф. (Қазақстан), бас ред. орынбасары
Жоробекова Ш.Ж. проф., академик (Қырғыстан)
Иткулова Ш.С. проф. (Қазақстан)
Манташян А.А. проф., академик (Армения)
Пралиев К.Д. проф., академик (Қазақстан)
Баешов А.Б. проф., академик (Қазақстан)
Бүркітбаев М.М. проф., академик (Қазақстан)
Джусипбеков У.Ж. проф. корр.-мүшесі (Қазақстан)
Молдахметов М.З. проф., академик (Қазақстан)
Мансуров З.А. проф. (Қазақстан)
Наурызбаев М.К. проф. (Қазақстан)
Рудик В. проф., академик (Молдова)
Рахимов К.Д. проф. академик (Қазақстан)
Стрельцов Е. проф. (Белорус)
Тәшімов Л.Т. проф., академик (Қазақстан)
Тодераш И. проф., академик (Молдова)
Халиков Д.Х. проф., академик (Тәжікстан)
Фарзалиев В. проф., академик (Әзірбайжан)

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Химия және технология сериясы».

[ISSN 2518-1491 \(Online\)](#)

[ISSN 2224-5286 \(Print\)](#)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» Республикалық қоғамдық бірлестігі (Алматы қ.)

Қазақстан республикасының Мәдениет пен ақпарат министрлігінің Ақпарат және мұрағат комитетінде 30.04.2010 ж. берілген №1089-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекенжайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28; 219, 220 бөл.; тел.: 272-13-19; 272-13-18,
<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arhiv>

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2020

Типографияның мекенжайы: «NurNaz GRACE», Алматы қ., Рысқұлов көш., 103.

Главный редактор

д.х.н., проф., академик НАН РК

М. Ж. Журинов

Редакционная коллегия:

Агабеков В.Е. проф., академик (Беларусь)
Волков С.В. проф., академик (Украина)
Воротынцев М.А. проф., академик (Россия)
Газалиев А.М. проф., академик (Казахстан)
Ергожин Е.Е. проф., академик (Казахстан)
Жармагамбетова А.К. проф. (Казахстан), зам. гл. ред.
Жоробекова Ш.Ж. проф., академик (Кыргызстан)
Иткулова Ш.С. проф. (Казахстан)
Манташян А.А. проф., академик (Армения)
Пралиев К.Д. проф., академик (Казахстан)
Баешов А.Б. проф., академик (Казахстан)
Буркитбаев М.М. проф., академик (Казахстан)
Джусипбеков У.Ж. проф. чл.-корр. (Казахстан)
Мулдахметов М.З. проф., академик (Казахстан)
Мансуров З.А. проф. (Казахстан)
Наурызбаев М.К. проф. (Казахстан)
Рудик В. проф., академик (Молдова)
Рахимов К.Д. проф. академик (Казахстан)
Стрельцов Е. проф. (Беларусь)
Ташимов Л.Т. проф., академик (Казахстан)
Тодераш И. проф., академик (Молдова)
Халиков Д.Х. проф., академик (Таджикистан)
Фарзалиев В. проф., академик (Азербайджан)

«Известия НАН РК. Серия химии и технологии».

[ISSN 2518-1491 \(Online\)](#)

[ISSN 2224-5286 \(Print\)](#)

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://chemistry-technology.kz/index.php/en/arhiv>

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2020

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: «NurNaz GRACE», г. Алматы, ул. Рыскулова, 103.

E d i t o r i n c h i e f

doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK
M.Zh. Zhurinov

E d i t o r i a l b o a r d:

Agabekov V.Ye. prof., academician (Belarus)
Volkov S.V. prof., academician (Ukraine)
Vorotyntsev M.A. prof., academician (Russia)
Gazaliyev A.M. prof., academician (Kazakhstan)
Yergozhin Ye.Ye. prof., academician (Kazakhstan)
Zharmagambetova A.K. prof. (Kazakhstan), deputy editor in chief
Zhorobekova Sh.Zh. prof., academician (Kyrgyzstan)
Itkulova Sh.S. prof. (Kazakhstan)
Mantashyan A.A. prof., academician (Armenia)
Praliyev K.D. prof., academician (Kazakhstan)
Bayeshov A.B. prof., academician (Kazakhstan)
Burkitbayev M.M. prof., academician (Kazakhstan)
Dzhusipbekov U.Zh. prof., corr. member (Kazakhstan)
Muldakhmetov M.Z. prof., academician (Kazakhstan)
Mansurov Z.A. prof. (Kazakhstan)
Nauryzbayev M.K. prof. (Kazakhstan)
Rudik V. prof., academician (Moldova)
Rakhimov K.D. prof., academician (Kazakhstan)
Streltsov Ye. prof. (Belarus)
Tashimov L.T. prof., academician (Kazakhstan)
Toderash I. prof., academician (Moldova)
Khalikov D.Kh. prof., academician (Tadjikistan)
Farzaliyev V. prof., academician (Azerbaijan)

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of chemistry and technology.

[ISSN 2518-1491 \(Online\)](#),

[ISSN 2224-5286 \(Print\)](#)

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://chemistry-technology.kz/index.php/en/arhiv>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2020

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: «NurNaz GRACE», 103, Ryskulov str, Almaty.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY

ISSN 2224-5286

<https://doi.org/10.32014/2020.2518-1491.8>

Volume 1, Number 439 (2020), 64 – 71

УДК 541.128.13;665. 644.26; 665.658.62

B.T. Tuktin¹, A.M. Temirova², G.T. Saidilda¹, A.A. Omarova²

¹JSC “D. V. Sokolskiy Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry”,

050010, Kunaev str. 142, Almaty, Kazakhstan;

²al-Farabi Kazakh National University

tuktin_balga@mail.ru

CONVERSION OF PROPANE-PROPYLENE FRACTION INTO AROMATIC HYDROCARBONS ON MODIFIED ZEOLITE CATALYSTS

Abstract. The process of transformation of propane-propylene fraction into aromatic hydrocarbons on zeolite-containing catalysts modified Zn, La, Cr, Zr and P was discovered. The process was carried out in an installation in a flow installation at atmospheric pressure with a temperature variation from 350 to 600°C and a volumetric feed rate of 150-1020 h⁻¹. The catalysts were prepared by impregnation of aluminum hydroxide and zeolite ZSM-5 with aqueous solutions of nitric acid salts of metals and phosphoric acid. The physical and chemical characteristics of the developed catalysts are studied. The BET method established that the surface of the developed catalysts fluctuates within 211.0-274.0 m² / g of the catalyst. Catalysts are predominantly mesoporous: pores with d ≈ 2.0-3.0 nm predominate.

It is shown that the developed modified zeolite-containing catalysts have high catalytic activity and selectivity in the process of processing the propane-propylene fraction into aromatic hydrocarbons. The predominant products formed during the processing of C2-C4 alkanes are toluene and benzene. It was found that the highest yield of aromatic hydrocarbons is 52.8% (550°C, 150 h⁻¹) on the catalyst Zn-La-P-Cr-ZSM-Al₂O₃ with a conversion rate of 100.0%, selectivity for aromatic compounds - 52.8%.

Modified zeolite-containing catalysts have multifunctional properties. The composition of liquefied petroleum gas processing products shows that the formation of aromatic hydrocarbons occurs in one stage as a result of cracking, dehydrogenation, oligomerization, dehydrocyclization, alkylation reactions.

Keywords: zeolite-containing catalysts, propane-propylene fraction, aromatic hydrocarbons.

INTRODUCTION

Kazakhstan has large reserves of light hydrocarbon raw materials: gas condensate, natural and petroleum gases, catalytic processing of which is very limited. Efficient processing of light hydrocarbon raw materials to obtain important products of petrochemical synthesis remains one of the important problems in petrochemistry. To date, light hydrocarbons are used as raw materials in only a small number of technological processes.

Catalytic processing of light hydrocarbons into practically important products is one of the ways aimed at their effective use. These products include olefins and aromatic hydrocarbons, important starting products in the basic organic synthesis industry. On their basis, plastics, synthetic fibers, resins, rubbers for various purposes, dyes, surfactants, pharmaceutical and agricultural products are obtained.

Currently, in the petrochemical and oil refining industry, zeolite-containing catalysts based on highly silica zeolites of the pentasil family are widely used, having a unique micro porous structure and acid-base properties, capable of converting light alkanes into valuable products of petrochemical synthesis. Zeolite-containing catalysts can efficiently process low molecular weight alkanes into aromatic hydrocarbons. At present, interest in high silica zeolites of pentasil type as catalysts for aromatization of low molecular weight hydrocarbons has grown [1-21].

Experimental part

In this paper, the process of processing propane-propylene fractions on zeolite-containing catalysts modified with zinc, phosphorus and metals of variable valence: Zn-La-ZSM-Al₂O₃, Zn-La-P-ZSM-Al₂O₃, Zn-La-Zr-ZSM-Al₂O₃, Zn-Zr-ZSM-Al₂O₃, Zn-La-P-Cr-ZSM-Al₂O₃. The catalysts were prepared by impregnation of a mixture of aluminum hydroxide and zeolite HZSM-5 with aqueous solutions of metal salts followed by drying at 150°C and calcination at 550°C. The catalysts were tested in the process of processing propane-propylene fractions in a flowing quartz reactor with a stationary catalyst bed at varying reaction temperature in the range 350-600°C and atmospheric pressure, volume velocity 150-1020 h⁻¹. The reaction products were analyzed on “Crystal-5000M” and “Agilent chromatographs”.

Results and discussion

When processing propane-propylene fraction on modified zeolite catalyst Zn-La-ZSM-Al₂O₃ (table 1), aromatic hydrocarbons and gaseous products are formed. Benzene, toluene, ethylbenzene, xylenes and C₈+ hydrocarbons are found in the liquid phase, and C₁-C₄ hydrocarbons are found in the gas phase. With an increase in the process temperature from 400 to 650°C, the conversion rate increases from 1.4 to 100.0%. The yield of aromatic hydrocarbons in these conditions increases from 8.9 to 29.2-28.9%. The maximum selectivity is observed at 600°C and is 29.2%. The quantitative composition of the resulting aromatic hydrocarbons depends significantly on the temperature of the process. Toluene yield in the range of 400 - 650°C varies extremely, reaching a maximum value at 450°C, and is 46.9%. The yield of benzene with increasing temperature increases from 4.1 (400°C) to 39.2% (650°C). The content of xylene in the liquid catalyzate-1,6-7,2%. The yield of ethylbenzene and C₅-C₆ hydrocarbons decreases with an increase in temperature in the range of 400-650°C from 24.8 to 4.8% and from 21.8 to 4.6 %, respectively. With increasing temperature, cracking increases with the formation of C₁-C₂ hydrocarbons: the amount of methane increases from 0.1 to 53.1%, ethane-from 1.0 to 44.2%.

Table 1 - Processing of propane-propylene fraction on catalyst Zn-La-ZSM-Al₂O₃

T, °C	400	450	500	550	600	650
Conversion, %	1,4	38,6	97,2	99,5	100	100
The yield of liquid phase, %	8,9	12,4	18,4	26,2	29,2	28,9
Select. ArC, C ₄ %	-	32,1	18,9	26,3	29,2	28,9
Liquid phase,%						
Benzene	4,1	10,1	16,5	20,7	32,2	39,2
Toluene	31,8	46,9	44,5	32,1	37,2	32,6
Ethylbenzene	24,8	22,2	21,0	8,8	6,6	4,8
Xylene	7,2	6,6	6,6	2,8	2,2	1,6
C ₅₋₆	21,8	1,5	0,3	27,2	9,1	4,6
C ₈₊	10,3	12,7	11,1	8,4	12,7	17,2

The process of processing propane-propylene fraction on the catalyst Zn-La-P-ZSM-Al₂O₃ was investigated. From the data presented in table 2, it can be seen that with an increase in temperature from 350 to 600°C, the conversion increases from 27.8 to 98.9%. With an increase in temperature from 350 to 550°C, the yield of aromatic hydrocarbons increases from 19.3 to 38.1%, but at a higher temperature (600°C), there is a decrease in the yield of ArC to 27.1%. In the interval 350-600°C toluene yield is 27.4-39.1%, and benzene-0.5-23.0%. The content of xylene in the liquid catalyzate - 1,6-4,3%. The yield of ethylbenzene decreases with temperature increase in the range of 400-600°C from 22.9 to 5.9%. The yield of C₅-C₆ hydrocarbons decreases with increasing temperature in the range 350-550°C from 37.2 to 17.0%, then increases to 32.0 (600°C). The maximum selectivity for ArC is observed at 500°C and is 54.0%. At higher temperatures, the ArC selectivity is slightly lower-38.7-27.4%. With increasing temperature, cracking with the formation of C₁-C₂ hydrocarbons is observed.

In the process of processing the propane-propylene fraction on the catalyst Zn-La-Zr-ZSM-Al₂O₃ with an increase in temperature from 350 to 600°C, the conversion increases from 7.0 to 100.0%. With an increase in temperature from 350 to 550°C, the yield of aromatic hydrocarbons increases from 4.6 to 28.8%, at 600°C there is a decrease in the yield of aromatic hydrocarbons to 23.2%. With increasing temperature, the selectivity of the formation of target products decreases: the maximum selectivity for

ArC is observed at 350°C and is 65.7%. At higher temperatures, ArC selectivity is lower. Toluene and ethylbenzene prevail in the liquid catalysate. Toluene yield grows from 14.4 to 43.9% in the range 350-550°C, at 600°C toluene yield is slightly lower-40.9%. The yield of ethylbenzene monotonically decreases from 24.0 to 10.6%. The amount of benzene in these conditions increases from 1.7 to 27.2%. The content of xylene ranges from 3.1 to 7.9%. With increasing temperature, cracking with the formation of C₁-C₂ hydrocarbons is observed (table 3).

Table 2 - Processing of propane-propylene fraction on catalyst Zn-La- P-ZSM-Al₂O₃

T, °C	350	400	450	500	550	600
Conversion, %	27,8	36,7	58,6	69,5	98,5	98,9
The yield of liquid phase, %	18,7	19,3	30,6	37,5	38,1	27,1
Select. ArC, %	18,8	52,6	52,2	54,0	38,7	27,4
Liquid phase, %						
Benzene	2,6	3,9	9,2	14,7	23,0	19,1
Toluene	27,4	27,9	31,9	39,1	34,3	28,2
Ethylbenzene	22,9	16,2	15,9	17,5	9,4	5,9
Xylene	4,3	3,8	3,9	4,2	2,5	1,6
C ₅₋₆	26,8	37,2	30,7	17,0	17,0	32,0
C ₈₊	16,0	11,0	8,4	7,5	13,8	13,2

Table 3 - Effect of temperature on the process of processing propane-propylene fraction Zn-La-Zr-ZSM-Al₂O₃

T, °C	350	400	450	500	550	600
Conversion, %	7,0	52,2	63,8	92,3	100	100
The yield of liquid phase, %	4,6	10,5	23,0	26,9	28,2	23,2
Select. ArC, %	65,7	20,1	24,5	29,1	28,2	23,2
состав жидкой фазы, % мас						
Benzene	1,7	4,7	9,7	13,6	21,9	27,2
Toluene	14,4	35,0	40,3	42,3	43,9	40,9
Ethylbenzene	24,0	27,7	23,1	21,5	15,0	10,6
Xylene	3,9	7,9	6,6	6,3	4,7	3,1
C ₅₋₆	15,8	3,1	7,2	3,1	0,2	1,4
C ₈₊	40,2	21,6	13,1	13,2	14,3	16,8

The influence of the bulk feed rate on the activity and selectivity of the catalyst Zn-La-Zr-ZSM-Al₂O₃ in the processing of propane-propylene fraction was studied (table 4). At 550°C and volume feed rate of 150 h⁻¹ conversion is 100%, yield of aromatic hydrocarbons-37,9%. With an increase in the volume feed rate of raw materials up to 825 h⁻¹ conversion does not change and is equal to 100%, but the output of the liquid phase is reduced to 10.8%. The qualitative and quantitative composition of the liquid catalysate does not change much when the volumetric feed rate of the raw material changes. The yield of benzene is in the range of 21.9 to 25.1%, of toluene, from 42.8 to 46.4%. The yield of ethylbenzene is in the range of 13,2 - 15,0%. The maximum selectivity of aromatic hydrocarbons formation reaches 37.9% at V=150 h⁻¹.

Table 4 - Effect of volumetric feed rate on the process of processing propane-propylene fraction on the catalyst Zn-La-Zr-ZSM-Al₂O₃

V, h ⁻¹	150	300	470	675	825
Conversion, %	100	100	97,9	100	100
The yield of liquid phase, %	37,9	28,2	19,4	11,3	10,8
Select. ArC, %	37,9	28,2	19,8	11,3	10,8
Liquid phase, %					
Benzene	23,4	21,9	25,1	23,7	24,9
Toluene	43,2	43,9	42,8	44,9	46,4
Ethylbenzene	13,3	15,0	13,6	14,9	15,0
Xylene	4,0	4,7	4,2	4,7	4,6
C ₅₋₆	2,4	0,2	1,3	0,9	0,2
C ₈₊	13,7	14,3	13,0	10,9	8,9

The stability of the modified zeolite-containing catalyst Zn-La-Zr-ZSM-Al₂O₃ in the process of processing gaseous hydrocarbons formed during catalytic cracking was studied. Studies were carried out at 550°C and V=300h⁻¹ (table 5). From the data presented in table 5, it can be seen that during 11 hours of operation of the catalyst, the conversion does not change and is 100%. The yield of the liquid phase in the first 5 hours of operation changes little-20.6-17.9%, then after 11 hours of operation, it decreases to 10,8%.

Under these conditions, the yield of benzene varies in the redistribution of 25.0 to 28.9%. The yield of toluene is higher than benzene – 40.9 - of 44.4%. The yield of ethylbenzene-10.9-13.0%, xylene-3.4-6.0%. C₁-C₄ hydrocarbons were found in the gas phase.

Table 5 - Stability of the modified zeolite-containing catalyst Zn-La-Zr-ZSM-Al₂O₃ in the process of processing propane-propylene fraction

Time, h	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Conversion, %	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
The yield of liquid phase, %	20,6	20,4	19,0	18,0	17,9	15,7	12,5	12,7	12,3	11,1	10,8
Select. ArC, C ₃ %	64,2	55,0	44,1	35,4	88,6	-	-	35,8	26,2	64,5	54,8
Select. ArC, C ₄ %	20,6	20,4	90,0	18,0	17,9	15,7	12,5	12,7	12,3	11,1	10,8
	Liquid phase, %										
Benzene	26,3	27,7	28,7	28,9	26,7	25,9	26,9	24,0	25,0	25,9	26,4
Toluene	42,7	40,9	42,2	41,3	42,9	42,0	43,3	43,2	40,4	44,4	44,2
Ethylbenzene	12,8	11,8	10,9	11,3	12,4	12,1	12,3	13,0	11,6	11,1	12,3
Xylene	4,1	3,7	3,4	3,6	3,9	4,7	3,9	6,0	3,6	4,3	3,9
C ₅₋₆	1,4	0,6	1,7	0,8	0,9	2,4	2,0	3,0	8,0	1,0	1,8
C ₈₊	12,7	15,3	13,1	14,1	13,2	12,9	11,6	10,8	11,4	12,3	11,4

When processing the propane-propylene fraction on the catalyst Zn-Zr-ZSM-Al₂O₃, the conversion rate increases from 6.3 to 100% with an increase in temperature from 400 to 600°C. From the data of table 6 it can be seen that the products of processing of propane-propylene fraction contain aromatic hydrocarbons, mainly benzene, toluene, ethylbenzene and xylenes. The total yield of aromatic hydrocarbons (ArC) increases from 8.8 (350°C) to 21.3% (600°C). Maximum ArC selectivity is 29.2% at 450°C. With an increase in temperature from 400 to 600°C, there is an increase in the content of benzene from 1.0 to 33.3%. Toluene yield varies, increasing from 30.2% (350°C) to 44.3% (500°C) and decreasing to 37.6% (600°C). The content of xylene is small-2,3-5,2%. Ethylbenzene yields vary from 30.3 (400°C) to 7.6% (600°C). Product composition the temperature in the gas phase indicates that as the temperature increases, the cracking direction increases with the formation of methane and ethane.

Table 6 - Processing of propane-propylene fraction on catalyst Zn -Zr -ZSM-Al₂O₃

T, °C	350	400	450	500	550	600
Conversion, %	-	6,3	68,8	95,5	100	100
The yield of liquid phase, %	8,8	10,8	20,1	21,8	20,6	21,3
Select. ArC, %	-	-	29,2	22,8	20,6	21,3
	Liquid phase, %					
Benzene	1,0	4,0	9,8	14,6	25,1	33,3
Toluene	36,2	31,2	41,7	44,3	43,4	37,6
Ethylbenzene	30,0	28,0	22,6	19,9	12,3	7,6
Xylene	2,8	5,2	3,6	2,3	3,8	2,5
C ₅₋₆	8,0	9,6	3,6	3,5	1,4	0,6
C ₈₊	22,0	22,0	18,7	15,4	14,0	18,4

Table 7 presents the results obtained during the processing of propane-propylene fraction on the catalyst Zn-La-P-Cr-ZSM-Al₂O₃ (KTK -15).

When processing propane-propylene fraction on the catalyst Zn-La-P-Cr-ZSM-Al₂O₃ at a volumetric rate of 350 h⁻¹ with a temperature increase from 400 to 600°C, an increase in the conversion rate from 85.2 % (450°C) to 100% at 600°C is observed (table 7). Under these conditions, the highest yield of aromatic

hydrocarbons is 34.5% at 550°C. the Selectivity for aromatic hydrocarbons for C3 is maximum at 400°C and is 64.3%, and for C₄ is maximum at 450°C-38.6%.

With increasing temperature, there is an increase in the yield of benzene and toluene from 4.3% (400°C) to 24.1% (550°C) and from 41.5% (400°C) to 44.1% (550°C), with a further increase in temperature to 600°C, the yield of these products decreases to 12.3 and 18.2%, respectively.

As with most of the catalysts studied (tables 1-6), on Zn-La-P-Cr-ZSM-Al₂O₃ in the range 400 - 600°C toluene yield is higher than benzene.

Yields of ethylbenzene and xylenes with increasing temperature decrease from 29.5 and 4.5% (400°C) to 4.1 and 1.0% (600°C), respectively. During processing of propane-propylene fraction on Zn-La-P-Cr-ZSM-Al₂O₃ cracking of alkanes with formation of methane and ethane is observed.

Table 7 - effect of temperature on the process of processing propane-propylene fraction on the catalyst Zn-La-P-Cr-ZSM-Al₂O₃

T, °C	400	450	500	550	600
Conversion, %		85,2	100	100	100
The yield of liquid phase, %	25,0	32,9	32,1	34,5	27,0
Select. ArC, %		38,6	32,1	34,5	27,0
Liquid phase, %					
Benzene	4,3	9,4	19,8	24,1	12,3
Toluene	41,5	35,1	40,3	44,1	18,2
Ethylbenzene	29,5	16,9	13,3	12,3	4,1
Xylene	4,5	3,1	2,8	3,0	1,0
C ₅₋₆	5,0	25,0	16,3	5,7	47,0
C ₈₊	15,2	10,5	7,5		17,4

At a temperature of 550°C, the effect of the volumetric feed rate on the processing of propane-propylene fraction on the catalyst Zn-La-P-Cr-ZSM-Al₂O₃ was studied (table 8). At 550°C and a volume feed rate of 150h⁻¹, the conversion of software is 100.0%, the output of ArC is 52.8% with selectivity-52.8%. With an increase in the volumetric feed rate to 1020 h⁻¹ conversion is reduced to 52.4%, the yield of aromatic hydrocarbons is reduced to 17.2%. Under these conditions, the yield of benzene varies from 30, 8 to 17.9%, toluene – from 40.5 to 47.4%, ethylbenzene - from 7.0 to 20.2%. The yield of xylene is in the range of 1.8 to 3.0%.

Table 8 - effect of volumetric feed rate on the process of processing propane-propylene fraction on the catalyst Zn-La-P-Cr-ZSM-Al₂O₃

T, °C	150	300	470	675	825	1020
Conversion, %	100	100	100	65,7	90,4	52,4
The yield of liquid phase, %	52,8	34,5	20,4	21,2	20,5	17,2
Select. ArC, %	52,8	34,5	20,4	32,3	22,6	32,8
Liquid phase, %						
Benzene	30,8	24,1	20,0	24,4	21,4	17,9
Toluene	40,5	44,1	46,0	42,5	43,4	47,4
Ethylbenzene	7,0	12,3	15,1	12,1	16,5	20,2
Xylene	1,9	3,0	2,4	1,8	1,8	2,2
C ₅₋₆	3,9	5,7	8,8	12,4	5,5	6,0
C ₈₊	15,9		7,7	6,8	11,4	

The developed modified zeolite-containing catalysts have high catalytic activity and selectivity in the process of processing the propane-propylene fraction into aromatic hydrocarbons. It was found that the highest yield of aromatic hydrocarbons is 52.8% (550°C, 150 h⁻¹) on the catalyst Zn-La-P-Cr-ZSM-Al₂O₃ with a conversion rate of 100.0%, selectivity for aromatic compounds-52.8%.

Physical and chemical characteristics of the developed catalysts were studied using various methods (EM, BET, TPD of ammonia). By the BET method it was established that the surface of the developed catalysts fluctuates within 211,0-274,0 m²/g of cat. Catalysts are predominantly mesoporous: pores with d

$\approx 2.0-3.0$ nm predominate. The total pore volume of catalysts depends little on their composition and does not exceed 0.13-0.21 ml/g of catalyst. According to electron microscopy data, there are active centers on the surface of catalysts, which include metals - components of the active phase and Lewis and Bronsted acid centers, the presence of which is mainly due to the presence of zeolite ZSM in the catalysts. The active phase particles on the surface of the developed catalysts are highly dispersed. Metals of the active phase are predominantly in the oxidized state, forming clusters on the surface-associates, dispersion, structure and condition of which is determined by the nature of the catalyst components.

The composition of the products formed during the processing of propane-propylene fraction on the developed modified zeolite-containing catalysts indicates that the synthesized catalysts have multifunctional properties. On the developed modified zeolite-containing catalysts, several reactions occur simultaneously and in parallel: cracking, dehydrogenation, isomerization, dehydrocyclization, alkylation.

Б.Т. Туктин¹, А.М. Темирова², Ғ.Т. Сайділді¹, А. А. Омарова²

¹ Д.В. Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты,
050010, Алматы, Қазақстан, Қонаевк-сі 142;

² Эль-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті

ПРОПАН-ПРОПИЛЕН ФРАКЦИЯСЫНАН МОДИФИЦИРЛЕНГЕН ЦЕОЛИТТИ КАТАЛИЗАТОРЛАРДА АРОМАТТЫ КӨМІРСУТЕКТЕР АЛУ

Аннотация. Zn, La, Sr Zr, және P модифицирленген цеолиті бар катализаторларда пропан-пропилен фракциясын өңдеп ароматты көмірсутектер алу процесі зерттелді. Процесс ағынды қондырғыда атмосфералық қысымда 350 – 600°C температурада және шикізатты берудің көлемдік жылдамдығы 150-1020 сағ⁻¹-де жүргізілді. Катализаторлар алюминий гидроксидін және ZSM-5 цеолитін металдардың азот қышқылы тұздарының және фосфор қышқылының судағы ерітінділерін сіңіру әдісімен дайындалды. Катализаторлардың физика-химиялық сипаттамалары зерттелді. БЭТ әдісімен катализаторлардың беті 211,0-274,0 м²/г мөлшерінде болатындығы анықталды. Катализаторлар негізінен мезокеуекті: басым кеуектер $d \approx 2,0-3,0$ нм.

Дайындалған модифицирленген құрамында цеолиті бар катализаторлардың ароматты көмірсутектерге пропан-пропилен фракциясын өңдеу процесінде жоғары каталитикалық белсенділікке және селективтілікке ие екендігі көрсетілді. C₂-C₄ алкандарды өңдеу кезінде пайда болатын басым өнімдер толуол және бензол болып табылады. Модифицирленген цеолитті катализаторда Zn-La-ZSM-Al₂O₃ пропан-пропилен фракциясын өңдеу кезінде ароматты көмірсутектер (АрК) және газ тәрізді өнімдер пайда болды.

Процесс температурасының 400-ден 650°C-қа дейін өскенде конверсия дәрежесі 1,4-тен 100,0%-ға дейін көтерілді. Бұл жағдайда ароматты көмірсутектердің шығымы 8,9-дан 29,2-28,9%-ға дейін өседі. АрК бойынша ең жоғары селективтілік 600°C-та байқалады және 29,2% құрайды. Түзілген ароматты көмірсутектердің сандық құрамы процесінің температурасына байланысты. 400-650°C аралығында толуолдың шығымы экстремальды түрде өзгереді, 450°C-та ең жоғарғы мәнге жетеді және 46,9% құрайды. Температураның өсуімен бензолдың шығымы 4,1 (400°C) бастап 39,2% (650°C) дейін артады. Сұйық катализаттағы ксилолдың мөлшері - 1,6-7,2%. Этилбензол мен C₅-C₆ көмірсутегінің шығымы температура 400-650°C аралығында өскенде тиісінше 24,8-ден 4,8%-ға дейін және 21,8-ден 4,6%-ға дейін төмендейді. Zn-La-P-ZSM-Al₂O₃ катализаторында пропан-пропилен фракциясын өңдеу процесі зерттелді. 2-кестеде ұсынылған деректерден температура 350-ден 600°C-қа дейін өсуімен конверсия 27,8-ден 98,9%-ға дейін артқанын көруге болады. Температураның 350-ден 550°C-қа дейін артуы кезінде ароматты көмірсутектердің шығымы 19,3-тен 38,1%-ға дейін өседі, бірақ жоғары температурада (600°C) АрК шығымының 27,1%-ға дейін төмендеуі байқалады. 350-600°C аралығында толуолдың шығымы 27,4-39,1%, ал бензолдың шығымы 0,5 - 23,0% құрайды. Сұйық катализаттағы ксилолдың мөлшері - 1,6-4,3%-ке тең. Этилбензолдың шығымы температураның 400 - 600°C аралығында артқанда 22,9-ден 5,9%-ға дейін төмендейді. C₅-C₆ көмірсутектерінің шығымы 37,2-ден 17,0%-ға дейін 350- 550°C аралығында температураның өскенде төмендейді де, содан кейін 32,0% (600°C) дейін артады. АрК бойынша ең жоғары селективтілік 500°C кезінде байқалады және 54,0% құрайды. Жоғары температураларда АрК бойынша селективтілік біршама төмен - 38,7-27,4%. Zn-La-Zr-ZSM-Al₂O₃ катализаторында пропан-пропилен фракциясын өңдеу процесінде температураның 350-ден 600°C-қа дейін өсуімен конверсия 7,0-ден 100,0%-ға дейін көтеріледі. Температураның 350-ден 550°C-қа дейін артуы кезінде ароматты көмірсутектердің шығымы 4,6-дан 28,2%-ға дейін өседі, 600°C кезінде ароматты көмірсутектердің шығымының 23,2% - ға дейін төмендеуі байқалады. Температура жоғарылағанда мақсатты өнімдердің түзілу селективтілігі төмендейді: АрК бойынша ең жоғары селективтілік 350°C кезінде байқалады және 65,7%-ды құрайды. Жоғары температураларда АрК

бойынша селективтілік төмен. Сұйық катализатта толуол мен этилбензол басым. Толуолдың шығымы 14,4 - тен 43,9% - ға дейін 350- 550°C аралығында өседі, 600°C-татуолдың шығымы біршаматөмен - 40,9%. Этилбензолдың мөлшері монотонды түрде 24,0-ден 10,6% - ға дейін төмендейді. Бұл жағдайда бензолдың шығымы 1,7-ден 27,2% - ға дейін өседі. Ксилол мөлшері – 3,1-7,9% аралығында ауытқиды.

Ароматты көмірсутектердің ең жоғары шығымы Zn-La-P-Cr-ZSM-Al₂O₃ катализаторында байқалып 52,8%-ға (550°C, 150 сағ⁻¹) тең болып конверсия дәрежесі 100%-ға жетеді. Модифицирленген цеолиті бар катализаторлар көп функционалды қасиеттерге ие. Пропан пропилен фракциясын өңдеу өнімдерінің құрамы ароматты көмірсутектердің түзілуі крекинг, дегидрлеу, олигомеризациялау, дегидроциклдеу, алкилдеу реакцияларының жүруі нәтижесінде бір сатыда жүретінін көрсетеді.

Түйін сөздер: катализатор, цеолит, пропан-пропилен фракциясы, ароматты көмірсутектер

Б.Т. Туктин¹, А.М. Темирова², Г.Т. Сайдилда², А. А. Омарова²

¹Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского, 050010,
Алматы, Казахстан, ул. Кунаева 142;

²Казахский национальный университет им. аль-Фараби

ПРЕВРАЩЕНИЕ ПРОПАН - ПРОПИЛЕНОВОЙ ФРАКЦИИ В АРОМАТИЧЕСКИЕ УГЛЕВОДОРОДЫ НА МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЦЕОЛИТНЫХ КАТАЛИЗАТОРАХ

Аннотация. Исследован процесс превращения пропан-пропиленовой фракции в ароматические углеводороды на цеолитсодержащих катализаторах модифицированных Zn, La, Sr Zr, и P. Процесс проводили в установке в проточной установке при атмосферном давлении при варьировании температуры от 350 до 600°C и объемной скорости подачи сырья 150-1020 ч⁻¹. Катализаторы готовили методом пропитки гидроксида алюминия и цеолита ZSM-5 водными растворами азотнокислых солей металлов и фосфорной кислоты. Изучены физико-химические характеристики разработанных катализаторов. Методом БЭТ установлено, что поверхность разработанных катализаторов колеблется в пределах 211,0-274,0 м²/г к-ра. Катализаторы преимущественно мезопористые: преобладают поры с $d \approx 2,0-3,0$ нм.

Показано, что разработанные модифицированные цеолитсодержащие катализаторы обладают высокой каталитической активностью и селективностью в процессе переработки пропан-пропиленовой фракции в ароматические углеводороды. Преобладающими продуктами, образующимся при переработке C₂-C₄ алканов, являются толуол и бензол.

При переработке пропан-пропиленовой фракции на модифицированном цеолитном катализаторе Zn-La-ZSM-Al₂O₃ образуются ароматические углеводороды (АрУ) и газообразные продукты. В жидкой фазе обнаружены бензол, толуол, этилбензол, ксилолы и C₈₊-углеводороды, а в газовой фазе содержатся C₁-C₄ углеводороды. С увеличением температуры процесса от 400 до 650°C степень конверсии повышается от 1,4 до 100,0%. Выход ароматических углеводородов в этих условиях растет от 8,9 до 29,2-28,9%. Максимальная селективность по АрУ наблюдается при 600°C и составляет 29,2%. Количественный состав образующихся ароматических углеводородов существенно зависит от температуры процесса. Выход толуола в интервале 400- 650°C меняется экстремально, достигая максимального значения при 450°C, и составляет 46,9%. Выход бензола с ростом температуры возрастает от 4,1 (400°C) до 39,2% (650 °C). Содержание ксилола в жидком катализате - 1,6-7,2%. Выход этилбензола и C₅-C₆ углеводородов снижается с ростом температуры в интервале 400- 650°C от 24,8 до 4,8% и от 21,8 до 4,6% соответственно

Исследован процесс переработки пропан-пропиленовой фракции на катализаторе Zn-La-P-ZSM-Al₂O₃ с ростом температуры от 350 до 600°C конверсия повышается с 27,8 до 98,9%. При увеличении температуры от 350 до 550 °C выход ароматических углеводородов растет от 19,3 до 38,1%, но при более высокой температуре (600 °C) наблюдается снижение выхода АрУ до 27,1%. В интервале 350 - 600°C выход толуола составляет 27,4-39,1%, а бензола - 0,5 - 23,0%. Содержание ксилола в жидком катализате - 1,6-4,3%. Выход этилбензола снижается с ростом температуры в интервале 400- 600°C от 22,9 до 5,9%. Выход C₅-C₆ углеводородов снижается с ростом температуры в интервале 350- 550°C от 37,2 до 17,0%, затем увеличивается до 32,0 (600 °C). Максимальная селективность по АрУ наблюдается при 500°C и составляет 54,0%. При более высоких температурах селективность по АрУ несколько ниже – 38,7-27,4%.

В процессе переработки пропан-пропиленовой фракции на катализаторе Zn-La- Zr -ZSM-Al₂O₃ с увеличением температуры от 350 до 600°C конверсия повышается с 7,0 до 100,0%. При повышении температуры от 350 до 550°C выход ароматических углеводородов растет от 4,6 до 28,8%, при 600°C наблюдается снижение выхода ароматических углеводородов до 23, 2%. Установлено, что наибольший выход ароматических углеводородов составляет 52,8% (550°C, 150 ч⁻¹) на катализаторе Zn-La-P-Cr-ZSM-Al₂O₃ при степени конверсии 100,0%. Модифицированные цеолитсодержащие катализаторы обладают

полифункциональными свойствами. Состав продуктов переработки пропан-пропиленовой фракции показывает, что образование ароматических углеводородов происходит в одну стадию в результате протекания реакций крекинга, дегидрирования, олигомеризации, дегидроциклизации, алкилирования

Ключевые слова: цеолитсодержащие катализаторы пропан-пропиленовая фракция ароматические углеводороды.

Information about the authors:

Tuktin Balga Tuktiyevich – Head of the sector of motor fuels, Doctor of Chemical Sciences, JSC “D.V.Sokolskiy Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry”, e-mail: tuktin_balga@mail.ru, w.tel. 8-727-2916826, tel. 8(702)641-35-97, <https://orcid.org/0000-0003-3670-4010>;

Temirova Aiman Maksatovna - PhD of petrochemistry, “al-Farabi Kazakh National University”, e-mail: aika179@mail.ru, tel. 8-701-392-9090, <https://orcid.org/0000-0002-7357-8204>;

Omarova Aizhan Auelkhanovna - Senior lecturer, PhD (chemistry) al-Fababi Kazakh National University, e-mail: aika_03_79@mail.ru, tel: 87762387210, <https://orcid.org/0000-0001-7167-3526>;

Saidilda Galymzhan Talgatuly - Lead Engineer of the Motor Fuel Sector, JSC “D.V.Sokolskiy Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry”, e-mail: galym711@mail.ru, w.tel. 8-727-2916826, tel. 8(775)126-42-14, <https://orcid.org/0000-0001-7468-7421>.

REFERENCES

- [1] Dergachev A.A., Lapidus A.L. Kataliticheskaya aromatizatsiya nizshikh alkanov [Zhurnal Ross. khim. obshchestva im.D.I.Mendeleyeva] 2005. LII 4:15-21. (In Russian).
- [2] Akhmetov A.F., Karatun O.N. Modifitsirovannyye pentasilsoverzhashchiye katalizatory dlya aromatizatsii uglevodorodnykh gazov [Khimiya i tekhnologiya topliv i masel] 2001, 5:33-36. (In Russian)
- [3] Lapidus A.L., Kozlov A.M., Khudyakov D.S., Dergachev A.A. Aromatizatsiya propan-butanovoy fraktsii na modifitsirovannom pentasile [Gazokhimiya] 2010, 6: 16-18. (In Russian).
- [4] Lapidus A.L., Dergachev A.A., Kostina V.A., Silakova A.A. Aromatizatsiya etana na galliyplatinovykh tseolitakh semeystva pentasila [Neftekhimiya] 2008, 48: 2:83-86. (In Russian).
- [5] Khasanova E.I., Nazmiyeva I.F., Ziyatdinov A.SH., Salakhov I.I., Kopylov A.YU. Izucheniye protsessa aromatizatsii propana na tseolitsoderzhashchem katalizatore s razlichnym otnosheniyem Si/Al7 [Neftekhimiya] 2012, 2:97-103. (In Russian).
- [6] Rasulov S.R., Mustafayeva G.R., Makhmudova L.A. Perspektivnyye katalizatory aromatizatsii propana [Neftekhimiya] 2012, 1:36-41. (In Russian).
- [7] Dedov A.G., Moiseyev I.I., Loktev A.S., Kuznetsov N.T., Ketsko V.A., Parkhomenko K.V., Kartashev I.YU. Kataliticheskiy sintez bazovykh neftekhimicheskikh produktov na osnove alkanov S1-S4 [Khimiya i tekhnologiya topliv i masel] 2005, 2:35-40. (In Russian).
- [8] Shiryazdanov R.R., Rakhimov M.N., Mansurov I.S. Osnovnyye problemy, osobennosti i perspektivy pererabotki neftezhavodskikh gazov [Neftekhimiya] 2010, 1: 32-35. (In Russian).
- [9] Mustafayeva G.R., Salimova N.A., Rasulov S.R. Tekhnologiya pererabotki gazov kataliticheskogo krekinga [Neftepererabotka i neftekhimiya] 2012, 5: 36-38. (In Russian).
- [10] Fal'kevich G.S., Rostanin N.N., Vilenskiy L.M., Inyayeva G.V., Nemira K.B., Nefedov B.K. Novyye tekhnologii «SAPRneftekhim» pererabotki uglevodorodnogo syr'ya s ispol'zovaniyem tseolitsoderzhashchikh katalizatorov. Soobshcheniye 1. Pererabotka poputnykh neftyanykh gazov, shirokikh fraktsiy legkikh uglevodorodov i otkhodyashchikh neftezhavodskikh parafinsoderzhashchikh gazov v aromatischeskiye uglevodorody [Kataliz v promyshlennosti] 2002, 2:44-50. (In Russian).
- [11] Lu H., You H. Aromatization reaction of liquefied petroleum gas [Petrol. Sci. and Technol] 2010, 28, 8: 816-825. (In Eng).
- [12] Megeed' A.A., Adzhiyev A.YU., Korsakov S.N., Sevost'yanova S.F. Aromatizatsiya nizshikh parafinov v protsesse arkon [Nef't, gaz i biznes] 2003, 3:55-57. (In Russian).
- [13] Yechevskiy G. Polucheniye aromatischeskikh uglevodorodov iz PNG i drugikh legkikh fraktsiy. [Neftegaz. tekhnol] 2012, 4: 92-96. (In Russian).
- [14] Minachov K.H.M., Dergachev A.A. Mekhanizm aromatizatsii nizshikh parafinov na pentasilakh [Uspekhi khimii]. 1990, 9:1522-1549. (In Russian).
- [15] Terent'yev A.I., Yurkin N.A., Khlytin A.L. Katalizatory na osnove elementaalyumosilikatov tseolitnoy struktury dlya neftepererabatyvayushchey promyshlennosti [Khim. tekhn]. 2012, 1: 34-37. (In Russian).
- [16] Viswandham N., Saxena S.k., Kumar M. The transformation of light paraffins to LPG and aromatics over a Ni/ZSM-5 catalyst [Petrol. Sci. and Technol]. 2011, 29, 4: 393-400. (In Eng).
- [17] Tuktin B., Zakumbayeva G.D., Smagulov R., Toktabayeva N.F. Kataliticheskoye prevrashcheniye szhizhennogo neftyanogo gaza v aromatischeskiye uglevodorody [Neftepererabotka i neftekhimiya]. 2008, 6:35-37(In Russian).
- [18] Stepanov V.G., Litvinenko N.G., Ione K.G. Prevrashcheniye alkanov S2-S4 na modifitsirovannom tsinkom tseolitakh tipa pentasila [Neftekhimiya]. 1992, 10:14-22. (In Russian).
- [19] Akhmetov A.F., Belousova O.YU., Kurmayev S.A. Vliyaniye soderzhaniya promotora na kislotnyye svoystva pentasilsoverzhashchikh katalizatorov v prevrashchenii uglevodorodov S3-S4 [Bashkirskiy khimicheskiy zhurnal]. 2007, 14, 5: 101. (In Russian).
- [20] Akhmetov A.F., Karatun O.N., Stabil'nost' pentasilsoverzhashchikh katalizatorov pri aromatizatsii butanovoy fraktsii [Khimiya i tekhnologiya topliv i masel]. 2002, 2:32-33. (In Russian).
- [21] Vosmerikov A.V., Yermakov A.Ye., Vosmerikova L.N., Fedushchak T.A., Ivanov G.V. Prevrashcheniye nizshikh alkanov v prisustvii nanochastits metallov, nanesennykh na tseolitnyuyu matritsu [Kinetika i kataliz]. 2004, 45, 2: 232-236 (In Russian).

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://chemistry-technology.kz/index.php/en/arhiv>

[ISSN 2518-1491 \(Online\)](#), [ISSN 2224-5286 \(Print\)](#)

Редакторы: *М. С. Ахметова, Г. Б. Халидуллаева, Д. С. Аленов*
Верстка на компьютере *А.М. Кульгинбаевой*

Подписано в печать 13.02.2020.

Формат 60x88¹/₈. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
7,8 п.л. Тираж 300. Заказ 1.