

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

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**

5 (425)

**ҚЫРКУЙЕК – ҚАЗАН 2017 Ж.
СЕНТЯБРЬ – ОКТЯБРЬ 2017 Г.
SEPTEMBER – OCTOBER 2017**

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 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)
Итқулова 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 бөл., 220, тел.: 272-13-19, 272-13-18,
www.nauka-nanrk.kz/chemistry-technology.kz

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2017

Типографияның мекенжайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Муратбаева көш., 75.

Г л а в н ы й р е д а к т о р
д.х.н., проф., академик НАН РК **М. Ж. Журинов**

Р е д а к ц и о н н а я к о л л е г и я:

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://nauka-nanrk.kz/chemistry-technology.kz>

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2017

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

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://nauka-nanrk.kz/chemistry-technology.kz>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2017

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

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY

ISSN 2224-5286

Volume 5, Number 425 (2017), 127 – 134

Tuktin BT, Shapovalova L.B., Kubasheva A.Zh., Egizbaeva R.I.

Institute of Fuels, Catalysis and Electrochemistry. DV Sokolsky, Almaty, Kazakhstan

E-mail: tuktin_balga@mail.ru**PROCESSING OF ASSOCIATED PETROLEUM GAS
ON MODIFIED ZEOLITECONTAINING KPM-CATALYSTS**

Abstract: In this paper, we present the results of a study of the processing of sulfur-containing associated petroleum gas on new zeolite-containing catalysts modified with metals of variable valence. The influence of the nature of the components of the active phase of the catalyst and the conditions of the process on the conversion of sulfur-containing associated petroleum gas and the composition of the resulting compounds was studied. During processing of associated petroleum gas, gaseous and liquid products form on the synthesized catalysts. In the liquid phase, aromatic compounds (benzene, toluene, ethylbenzene, xylenes, naphthalene, phenanthrene) are found, and in the gas phase C₁-C₄ hydrocarbons are contained. When processing associated petroleum gas on KPM catalysts, an increase in the conversion to 100% is observed with an increase in temperature from 450 to 750°C. Under these conditions, the yield of toluene is much higher than that of benzene and xylene. In reaction products, naphthalene and phenanthrene prevail. When carrying out a non-oxidative conversion of associated petroleum gas on a KPM catalyst, the amount of sulfur-containing compounds is significantly reduced compared to the feed gas. At elevated temperatures (more than 500°C), carbonylsulphide and methylmercaptan are not available for the processing of associated petroleum gas.

The developed catalysts of the KPM group allow simultaneous deep desulfurization and obtain aromatic hydrocarbons.

Key words: associated petroleum gas, aromatic hydrocarbons, catalyst, zeolite, sulfur-containing compounds.

Б.Т. Туктин, Л.Б. Шаповалова, А.Ж. Кубашева, Р.И. Егизбаева

АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», Алматы, Казахстан

**ПЕРЕРАБОТКА ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА
НА МОДИФИЦИРОВАННЫХ ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩИХ
КАТАЛИЗАТОРАХ КПМ**

Аннотация. В данной работе представлены результаты исследования процесса переработки серосодержащего попутного нефтяного газа на новых цеолитсодержащих катализаторах, модифицированных металлами переменной валентности. Исследовано влияние природы компонентов активной фазы катализатора и условий проведения процесса на конверсию серосодержащего попутного нефтяного газа и состав образующихся соединений. При переработке попутного нефтяного газа на синтезированных катализаторах образуются газообразные и жидкие продукты. В жидкой фазе обнаружены ароматические соединения (бензол, толуол, этилбензол, ксилолы, нафталин, фенантрен), а в газовой фазе содержатся C₁-C₄ углеводороды. При переработке попутного нефтяного газа на катализаторах КПМ с ростом температуры от 450 до 750°C наблюдается увеличение степени конверсии до 100%. В этих условиях выход толуола значительно выше, чем бензола и ксилола. В катализате преобладают нафталин и фенантрен. При проведении неокислительной конверсии попутного нефтяного газа на катализаторе КПМ количество серосодержащих соединений по сравнению с исходным газом существенно понижается. При повышенных температурах (более 500°C) карбонилсульфид и метилмеркаптан продуктах переработки попутного нефтяного газа отсутствуют.

Разработанные катализаторы группы КПМ позволяют одновременно проводить глубокую сероочистку и получать ароматические углеводороды.

Ключевые слова: попутный нефтяной газ, ароматические углеводороды, катализатор, цеолит, серосодержащие соединения.

Введение

Эффективная переработка природного и попутного нефтяного газов остается одной из давних проблем в катализе. В последние годы рассматриваются различные маршруты, как прямые, так и косвенные конверсии природного и попутный нефтяного газов в продукты нефтехимического синтеза. Природный и попутный нефтяной газы (ПНГ) будут приобретать все большее значение в качестве источника сырья для нефтехимического синтеза [1-4].

Рациональное использование легких алканов, входящих в состав природного, попутного и нефтезаводских газов, является актуальной задачей. Алканы C_1-C_4 , содержащиеся в этих газах, могут быть превращены в ароматические углеводороды в присутствии цеолитсодержащих катализаторов. Ароматические углеводороды являются важным сырьем для многих нефтехимических процессов. Однако, до настоящего времени значительная часть легких углеводородных газов используется в качестве технологического и бытового топлива или сжигается на факелах, нанося ощутимый вред экологической обстановке [1-20].

В настоящее время в нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности широко применяются цеолитсодержащие катализаторы на основе высококремнеземных цеолитов семейства пентасил, обладающие уникальной микропористой структурой и кислотно-основными свойствами, способные превращать легкие алканы в ценные продукты нефтехимического синтеза. Исследования каталитических превращений легких алканов ведутся во многих странах мира. При этом направление процесса переработки и выход продуктов, в основном, зависят от природы, условий приготовления катализатора и проведения реакции [1-20].

В данной работе представлены результаты исследования процесса переработки серосодержащего попутного нефтяного газа (ПНГ) на цеолитсодержащих катализаторах, модифицированных металлами переменной валентности. Исследовано влияние природы компонентов активной фазы катализатора и условий проведения процесса на конверсию ПНГ и состав образующихся соединений.

Экспериментальная часть

Приготовление модифицированных цеолитсодержащих катализаторов осуществили методом пропитки смеси цеолита и гидроксида алюминия водными растворами солей модифицирующих металлов. После формования проводилась сушка при $150^{\circ}C$ и прокаливание при $550^{\circ}C$. Исследование каталитической активности осуществляли в проточных установках со стационарным слоем катализатора. Катализаторы испытаны в процессе переработки попутного нефтяного газа при варьировании температуры реакции в интервале $450-750^{\circ}C$ и объемной скорости подачи $100-300 \text{ ч}^{-1}$. Состав исходного сырья и продуктов реакций определяли хроматографическим методом.

Результаты и обсуждение

При переработке попутного нефтяного газа на синтезированных катализаторах образуются газообразные и жидкие продукты. В жидкой фазе обнаружены ароматические соединения (бензол, толуол, этилбензол, ксилолы, нафталин, фенантрен), а в газовой фазе содержатся C_1-C_4 углеводороды.

При переработке попутного нефтяного газа на катализаторе КПМ-14 при объемной скорости 200 ч^{-1} с ростом температуры от 450 до $600^{\circ}C$ наблюдается увеличение степени конверсии по C_3 с $95,7$ до 100% . С повышением температуры наблюдается рост выхода бензола с $13,6\%$ ($450^{\circ}C$) до $20,1\%$ ($600^{\circ}C$), содержание толуола возрастает с $25,5\%$ ($450^{\circ}C$) до $32,7\%$ ($550^{\circ}C$), а при $600^{\circ}C$ понижается до $30,9\%$. Выход этилбензола с ростом температуры уменьшается от $38,7$ до $15,1\%$ (таблица 1). При повышении температуры наблюдается крекинг алканов с образованием метана и этана: от $15,1$ до $38,1\%$ и от $18,8$ до $29,3\%$ соответственно. Помимо метана и этана, образуется этилен ($2,7-13,5\%$). После переработки ПНГ при $450-550^{\circ}C$ серосодержащие соединения не обнаружены.

При исследовании влияния объемной скорости подачи сырья на активность катализатора КПМ-14 в процессе переработки серосодержащего попутного газа при $550^{\circ}C$ установлено, что при $100 - 300 \text{ ч}^{-1}$ конверсия по C_3 составляет $100 - 97,3\%$ (таблица 2).

Таблица 1 - Влияние температуры на процесс переработки ПНГ на катализаторе КПМ-14

Продукты	исходный газ	Температура процесса, °С			
		450	500	550	600
состав газовой фазы, %					
Метан	6,5	15,1	26,8	44,7	38,1
Этан	7,3	18,8	29,5	38,2	29,3
Этилен	-	9,1	11,4	13,5	2,7
Пропан	32,9	51,7	28,2	1,9	сл
Пропилен	4,3	3,5	4,1	1,7	сл
Изобутан	15,6	сл	-	-	сл
Бутан	26,1	1,8	сл	-	-
С ₄ -олефины	7,3	сл	сл	сл	-
содержание серосодержащих соединений, мг/м ³					
Карбонилсульфид	0,030	отс	отс	отс	отс
Метилмеркаптан	0,254	отс	отс	отс	отс
состав жидкой фазы, %					
Бензол		13,6	18,6	19,1	20,1
Толуол		25,5	25,0	32,0	30,9
Этилбензол		38,7	24,6	17,1	15,1
Ксилол		-	-	0,9	0,8
С ₈₊ -углеводороды		5,2	1,7	0,9	сл
Нафталин		11,4	23,9	28,3	32,9
Фенантрин		5,6	6,2	1,7	2,0
конверсия, %					
Конверсия С ₃		-	14,3	94,2	99,9
Конверсия С ₄		95,7	100	100	100

Таблица 2 - Влияние объемной скорости подачи сырья на процесс превращения попутного нефтяного газа на катализаторе КПМ-14

Продукты	Состав исходного газа	Скорость подачи сырья, ч ⁻¹		
		100	200	300
состав газовой фазы, %				
Метан	6,5	44,7	43,9	42,0
Этан	7,3	38,2	35,2	35,8
Этилен	-	21,5	20,9	15,9
Пропан	32,9	1,9	сл	5,0
Пропилен	4,3	1,7	сл	1,3
Изобутан	15,6	-	-	-
Бутан	26,1	-	-	-
С ₄ -олефины	7,3	-	сл	-
содержание серосодержащих соединений, мг/м ³				
Карбонилсульфид	0,030	отс	отс	отс
Метилмеркаптан	0,254	отс	отс	отс
состав жидкой фазы, %				
Бензол		34,9	29,1	21,3
Толуол		23,6	32,0	38,0
Этилбензол		2,5	7,1	8,2
Ксилол		0,5	0,9	1,3
С ₈₊ -углев.		0,4	0,9	1,1
Нафталин		38,1	28,3	25,9
Фенантрин		-	1,7	4,2
Конверсия, %				
Конверсия С ₃		100	99,6	97,3
Конверсия С ₄		100	100	100

Выход бензола при $V=100\text{ч}^{-1}$ равен 34,9%, а при $V=300\text{ч}^{-1}$ – 21,3%. В этих условиях выход толуола растет от 23,6 до 38,0%, этилбензола – от 2,5 до 8,2%. Выход ксилола практически не зависит от скорости подачи сырья и колеблется в пределах 0,5-1,3%. С увеличением объемной скорости подачи попутного газа несколько снижается доля крекинговых процессов, серосодержащие соединения не обнаружены.

При переработке ПНГ на катализаторе КПМ-19 при 200ч^{-1} и с увеличением температуры от 450 до 750°C конверсия по C_3 повышается от 92,6 до 100% (таблица 3). В интервале $450-750^\circ\text{C}$ выход толуола значительно выше, чем бензола. Выход толуола в этих условиях составляет 24,6-82,3%, а бензола - 0,3 - 16,9%. Содержание ксилола в жидком катализате не превышает 0,8% (при 550°C). Выход этилбензола увеличивается с ростом температуры в интервале $450-550^\circ\text{C}$ от 28,7 до 37,7%, при дальнейшем повышении температуры опыта этилбензол практически не образуется. Содержание нафталина в интервале $450-750^\circ\text{C}$ меняется экстремально: максимальное количество нафталина 36,4% образуется при 600°C . Выход фенантрена снижается от 15,7 до 2,0% при изменении температуры опыта от 450 до 550°C . При более высоких температурах опыта фенантрен не образуется.

Таблица 3 - Влияние температуры на процесс превращения ПНГ на катализаторе КПМ-19

Продукты	Исход газ	Температура процесса, $^\circ\text{C}$						
		450	500	550	600	650	700	750
состав газовой фазы, %								
Метан	5,7	10,6	23,9	42,9	98,6	93,8	92,9	92,2
Этан	3,0	15,0	38,1	37,8	1,4	3,1	2,4	2,4
Этилен	-	10,4	9,6	2,5	-	3,1	4,7	5,4
Пропан	25,2	51,9	23,0	1,0	-	-	-	-
Пропилен	4,1	6,5	3,6	сл	-	сл	-	-
Изобутан	22,5	2,2	0,4	-	-	-	-	-
Бутан	33,1	1,9	1,4	-	-	-	-	-
C_4 -олефины	6,4	1,5	-	-	-	-	-	-
содержание серосодержащих соединений, мг/м^3								
Карбонилсульфид	0,259			0,095	отс	отс	отс	отс
Метилмеркаптан	0,374			отс	отс	отс	отс	отс
состав жидкой фазы, %								
Бензол		12,0	16,9	10,6	10,0	4,9	0,7	0,3
Толуол		24,6	27,0	30,0	52,6	58,0	82,3	82,0
Этилбензол		28,7	32,9	37,6	-	-	-	-
Ксилолы		-	-	0,8	-	-	-	-
C_{8+} -углеводороды		3,7	3,5	3,1	-	-	-	-
Нафталин		15,3	14,4	15,9	37,4	37,1	17,0	17,7
Фенантрен		15,7	5,3	2,0	-	-	-	-
конверсия, %								
Конверсия C_3		-	13,9	96,0	100	100	100	100
Конверсия C_4		92,6	96,9	100	100	100	100	100

С увеличением температуры процесса усиливается крекинг с образованием C_1 - C_2 углеводородов. При переработке попутного нефтяного газа на катализаторе КПМ-19 снижается количество серосодержащих соединений: карбонилсульфида от 0,259 до 0,095 мг/м^3 , метилмеркаптан не обнаружен.

Изучено влияние объемной скорости подачи сырья на активность и селективность катализатора КПМ-19 в процессе переработки ПНГ (таблица 4). Так, при 550°C и объемной скорости подачи сырья 100ч^{-1} конверсия по C_3 составляет 100%. С увеличением объемной скорости подачи сырья до 400ч^{-1} конверсия понижается до 96,9%. Качественный и количественный состав жидкого катализата существенно зависит от объемной скорости подачи сырья. Выход бензола растет с увеличением скорости подачи сырья в интервале $100-400\text{ч}^{-1}$ от 17,4 до 21,7-20,2%, при одновременном снижении выхода толуола от 59,8 до 41,6%. Выход этилбензола максимален при объемной скорости 200ч^{-1} и составляет 37,6%, выход нафталина растет от 16,1 до 22,1% в интервале $V=100-300\text{ч}^{-1}$ и понижается до 17,4% при $V=400\text{ч}^{-1}$.

Таблица 4 - Влияние объемной скорости подачи сырья на процесс превращения попутного нефтяного газа на катализаторе КПМ-19

Продукты	Исходный газ	Скорость подачи сырья, ч ⁻¹			
		100	200	300	400
состав газовой фазы, %					
Метан	5,7	39,0	42,9	23,6	20,5
Этан	3,0	44,5	52,3	33,5	22,3
Этилен	-	14,3	3,4	27,8	21,4
Пропан	25,2	0,8	1,4	8,9	22,1
Пропилен	4,1	1,4	сл	6,2	10,8
Изобутан	22,5	-	-	-	-
Бутан	33,1	-	-	-	1,7
С ₄ -олефины	6,4	-	-	-	1,2
содержание серосодержащих соединений, мг/м ³					
Карбонилсульфид	0,259		0,095	0,048	0,035
Метилмеркаптан	0,374		отс	отс	отс
состав жидкой фазы, %					
Бензол		17,4	10,6	21,7	20,2
Толуол		59,8	30,0	37,1	41,6
Этилбензол		5,6	37,6	14,7	14,9
Ксилолы		сл	0,8	-	2,3
С ₈₊ -углев.		1,1	3,1	0,9	1,1
Нафталин		16,1	15,9	22,1	17,4
Фенантрен		-	2,0	3,5	2,5
конверсия, %					
Конверсия С ₃		96,8	96,0	64,7	12,3
Конверсия С ₃		100	100	100	96,9

Таблица 5 - Влияние температуры на процесс превращения ПНГ на катализаторе КПМ-20

Продукты	Исходный газ	Температура процесса, °С						
		450	500	550	600	650	700	750
состав газовой фазы, %								
Метан	7,3	15,8	25,9	69,7	97,8	96,5	98,4	95,0
Этан	8,3	18,4	29,8	30,2	2,2	3,5	1,6	2,1
Этилен	-	9,3	14,6	0,1	-	-	-	2,9
Пропан	25,5	51,0	26,2	-	-	-	-	-
Пропилен	9,4	3,4	3,5	-	-	-	-	-
Изобутан	20,1	0,6	-	-	-	-	-	-
Бутан	26,7	0,9	-	-	-	-	-	-
С ₄ -олефины	2,7	0,6	-	-	-	-	-	-
содержание серосодержащих соединений, мг/м ³								
Карбонил-сульфид	0,478			0,011	отс	отс	отс	отс
Метилмеркаптан	0,153			отс	отс	отс	отс	отс
состав жидкой фазы, %								
Бензол		9,8	7,9	0,2	2,7	сл	-	-
Толуол		22,7	13,6	31,5	41,1	28,2	3,6	0,8
Этилбензол		21,6	21,8	1,0	0,3	-	-	-
Ксилолы		7,1	5,8	-	-	-	-	-
С ₈₊ -углев.		0,7	0,6	-	-	-	-	-
Нафталин, фенантрен		38,1	50,3	67,3	55,9	71,8	96,4	99,2
Конверсия С ₃		-	-	100	100	100	100	100

При переработке попутного нефтяного газа на КПМ-20 при 200 ч^{-1} степень конверсии по C_3 в интервале $450 - 750^\circ\text{C}$ равна 100% (таблица 5). При варьировании температуры в интервале $450 - 750^\circ\text{C}$ выход толуола растет от 22,7 (450°C) до 41,5% при 500°C , затем снижается до 0,8% (750°C). Количество этилбензола при $450 - 500^\circ\text{C}$ практически одинаково - 21,6-21,8%. При более высоких температурах выход его резко снижается. Содержание бензола и ксилола в катализате невелико и равно 0,2-9,8% и 5,8-7,1% соответственно. В этих условиях в продуктах реакции преобладают нафталин и фенантрен, при 450°C их содержание в катализате составляет 38,1%, при 750°C – 99,2%.

При проведении неокислительной конверсии попутного нефтяного газа на катализаторе КПМ-20 количество серосодержащих соединений по сравнению с исходным газом понижается. Например, при 550°C уменьшается содержание карбонилсульфида от 0,478 до 0,011 $\text{мг}/\text{м}^3$, метилмеркаптан не обнаружен.

При переработке попутного нефтяного газа на катализаторе КПМ-20 при 550°C и объемной скорости подачи сырья 100 ч^{-1} конверсия C_3 составляет 100% (таблица 6). С увеличением объемной скорости до 300 ч^{-1} конверсия несколько понижается и составляет 94,9%. В этих условиях выход бензола, этилбензола и ксилола очень низкий и составляет 0,2-3,8%, 1,0-2,5% и 0,6% соответственно. Выходы толуола и этилбензола значительно выше, но уменьшаются с ростом объемной скорости подачи сырья в интервале $100 - 300 \text{ ч}^{-1}$ от 44,1 до 6,0% и от 6,7 до 13,9% соответственно. Выход ксилола колеблется в пределах 2,2- 4,2%. С ростом объемной скорости от 100 до 300 ч^{-1} существенно увеличивается суммарное количество образующихся нафталина и фенантрена от 55,9 до 86,8%.

Таблица 6 - Влияние объемной скорости подачи сырья на процесс превращения попутного нефтяного газа на катализаторе КПМ-20

Продукты	Исходный газ	Скорость подачи сырья, ч^{-1}		
		100	200	300
состав газовой фазы, %				
Метан	5,2	98,6	69,7	37,3
Этан	5,2	1,4	30,2	47,5
Этилен	-	-	0,1	12,6
Пропан	19,0	-	-	1,3
Пропилен	4,9	-	-	1,3
Изобутан	22,0	-	-	-
Бутан	35,4	-	-	-
C_4 -олефины	8,3	-	-	-
содержание серосодержащих соединений, $\text{мг}/\text{м}^3$				
Карбонилсульфид	0,069		0,011	0,012
Метилмеркаптан	0,437		отс	отс
состав жидкой фазы, %				
Бензол		-	0,2	3,8
Толуол		44,1	31,5	6,0
Этилбензол		-	1,0	2,5
Ксилолы		-	-	0,6
C_8 -углев.		-	-	0,3
Нафталин, фенантрен		55,9	67,3	86,8
конверсия, %				
Конверсия C_3		100	100	94,9

С ростом объемной скорости уменьшается крекинг углеводородов. В этих условиях содержание карбонилсульфида уменьшается от 0,069 исходном сырье до 0,11-0,012 $\text{мг}/\text{м}^3$, метилмеркаптан в образующихся продуктах не обнаружен.

Согласно данным электронной микроскопии, температурно- программированной десорбции аммиака, рентгенофазового анализа на поверхности катализаторов КПМ существуют активные

центры, в состав которых входят металлы-компоненты активной фазы и льюисовские и бренstedовские кислотные центры. Частицы активной фазы на поверхности катализаторов КПМ являются высокодисперсными. Металлы активной фазы находятся преимущественно в окисленном состоянии, образуя на поверхности кластеры-ассоциаты, дисперсность, структура и состояние которых определяется природой компонентов катализатора.

Выводы. Разработаны новые модифицированные эффективные катализаторы и технологии переработки серосодержащего попутного нефтяного газа в ароматические углеводороды. Катализаторы позволяют одновременно проводить глубокую сероочистку и получать ароматические углеводороды. В продуктах переработки попутного нефтяного газа на катализаторах КПМ серосодержащие соединения отсутствуют.

Источник финансирования исследований: Работа выполнена в рамках проекта «Новая технология получения олефиновых и ароматических углеводородов из серосодержащих попутного и сжиженного нефтяного газов» Комитета науки МОН РК.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ширязданов Р.Р., Рахимов М.Н., Мансуров И.С. Основные проблемы, особенности и перспективы переработки нефтезаводских газов // Нефтехимия. - 2010. - № 1. - С. 32-35.
- [2] Ахметов А.Ф., Каратун О.Н. Модифицированные пентасилсодержащие катализаторы для ароматизации углеводородных газов // Химия и технология топлив и масел. - 2001. - № 5. - С. 35-36.
- [3] Дергачев А.А., Лapidус А.Л. Каталитическая ароматизация низших алканов // Российский химический журнал. - 2008. - Т. LII, № 4. - С. 15-21.
- [4] Дедов А.Г., Моисеев И.И., Локтев А.С., Кузнецов Н.Т., Кецко В.А., Пархоменко К.В., Карташев И.Ю. Каталитический синтез базовых нефтехимических продуктов на основе алканов C₁-C₄ // Химия и технология топлив и масел. - 2005. - № 2. - С. 35-40.
- [5] Choudhary, T. V. ; Kinage, A. ; Banerjee, S. ; Choudhary, V. R. (2006) Propane conversion to aromatics on highly active H-GaAlMFI: Effect of thermal pretreatment //Energy & Fuels. – 2006.- №3. -P 919-922.
- [6] Choudhary T.V., Kinage A., Choudhary V.R. Influence of space velocity on product selectivity and distribution of aromatics in propane aromatization over H-GaAlMFI zeolite // J. Mol. Catal. A: Chemical. – 2006. – V. 246. – P. 79-84.
- [7] Solymosi F., Szechenyi A. Aromatization of isobutane and isobutene over Mo₂C/ZSM-5 catalyst //Applied Catalysis A: General. – 2004. – V. 278. – P. 111-121.
- [8] Lubango L.M., Scurrell M.S. Aromatization of light alkanes in BTK on Zn-ZSM-5 catalysts. Improvement of selectivity for BTK due to the second transition metal ion Applied Catalysis A: General. – 2020. – V. 235. – P. 265-272.
- [9] Швец В. Ф., Сапунов В. Н., Козловский Р. А., Староверов Д. В., Гартман Т. Н., Советин Ф. С., Боровкова Е. А., Локтев А. С., Левченко Д. А., Тюменова С. И., Дедов А. Г. Ароматизация пропан-бутановой фракции на катализаторе ZnCrHZSM-5: кинетическое моделирование процесса // Нефтехимия. -2015.-№6.С. 487-494
- [10] Мустафаева Г.Р., Салимова Н.А., Расулов С.Р. Технология переработки газов каталитического крекинга //Нефтепереработка и нефтехимия. -2012. -№5. -С.36-38.
- [11] Расулов С.Р., Мустафаева Г.Р., Махмудова Л.А. Перспективные катализаторы ароматизации пропана // Нефтепереработка и нефтехимия. - 2012. -№ 2. - С. 36-41.
- [12] Туктин Б., Закумбаева Г.Д., Смагулов Р., Токтабаева Н.Ф. Каталитическое превращение сжиженного нефтяного газа в ароматические углеводороды // Нефтепереработка и нефтехимия. - 2008. - № 6. - С. 35-37.
- [13] Ющенко В.В., Захаров А.Н., Романовский Б.В. О применении метода температурно-программированной десорбции к исследованию кислотных свойств высококремнеземистых цеолитов // Кинетика и катализ. - 1986. - Т. 27, № 2. - С. 474-478.
- [14] Восмерикова Л.Н., Седой В.С., Восмериков А.В. Ароматизация низших алканов в присутствии наночастиц циркония, нанесенных на цеолитную матрицу //Нефтепереработка и нефтехимия. - 2007. - № 4. - С. 20-23.
- [15] Дедов А.Г., Моисеев И.И., Локтев А.С., Кузнецов Н.Т., Кецко В.А., Пархоменко К.В., Карташев И.Ю. Каталитический синтез базовых нефтехимических продуктов на основе алканов C₁-C₄ // Химия и технология топлив и масел. - 2005. - № 2. - С. 35-40.
- [16] Мамонов Н.А., Фадеева Е.В., Григорьев Д.А., Михайлов М.Н., Кустов Л.М., Алхимов С.А. Металл-цеолитные катализаторы дегидроароматизации метана // Успехи химии. - 2013. - Т. 82. - С. 567-585.
- [17] Госсен Л. П., Величина Л. М. Экологические проблемы использования нефтегазовых запасов и получения высококачественных нефтепродуктов // Нефтехимия. - 2012. - Т. 52. № 2. - С.154-158.]
- [18] Jiang H., Wang L.S., Cui W., Xu Y.D. Study on the induction period of methane aromatization over Mo/HZSM-5: partial reduction of Mo species and formation of carbonaceous deposit // Catal. Lett. – 1999. –V. 57. – P. 95–102.
- [19] Weckhuysen B.V., Dingjun Wang Rosynek M.P., Jack H. Lunsford J.H. Catalytic Conversion of Methane into Aromatic Hydrocarbons over Iron Oxide Loaded ZSM-5 Zeolites // Angew. Chem. Int. Ed. Engl. - 1997. - V. 36, № 2. - P. 55-62.
- [20] Шетиан Лю, Линшенг Ванг, Рюнтиро Ониси, Масару Ишикава. Дегидроароматизация метана в бензол и нафталин на бифункциональном катализаторе Mo/HZSM-5 в присутствии добавок CO/CO₂ // Кинетика и катализ. - 2000. - Т. 41, № 1. - С.148-160.

REFERENCES

- [1] Shiryaizdanov R.R., Rakhimov M.N., Mansurov I.S. *Petrochemistry*. **2010**, 1, 32-35. (in Russ).
- [2] Akhmetov A.F., Karatun O.N. *Chemistry and Technology of Fuels and Oils*. **2001**, 5, 35-36. (in Russ).
- [3] Dergachev A.A., Lapidus A.L. *Russian Chemical Journal*. **2008**, 4, 15-21. (in Russ).
- [4] Dedov A.G., Moiseev I.I., Loktev A.S., Kuznetsov N.T., Ketsko V.A., Parkhomenko K.V., Kartashev I.Yu. *Chemistry and technology of fuels and oils*. -**2005**, 2, 35-40. (in Russ).
- [5] Choudhary T. V., Kinage A.; Banerjee, S.; Choudhary, V.R. (2006) *Energy & Fuels*. - **2006**.- №3. -P 919-922. (in Eng).
- [6] Choudhary T.V., Kinage A., Choudhary V.R. *J. Mol. Catal. A: Chemical*. - **2006**. - V. 246. - P. 79-84. (in Eng).
- [7] Solymosi F., Szechenyi A. *Applied Catalysis A: General*. – **2004**, 278, 111-121. (in Eng).
- [8] Lubango L.M., Scurrill M.S. *Applied Catalysis A: General*. **2020**, V. 235, 265-272. (in Eng).
- [9]. Shvets V.F., Sapunov V.N., Kozlovsky R.A., Staroverov D.V., Hartman T.N., Soviin F.S., Borovkova E.A., Loktev A.S., Levchenko D. A., Tyumenova S.I., Dedov A.G. *Petrochemistr*. **2015**, 6, 487-494(in Russ).
- [10] Mustafaeva G.R., Salimova N.A., Rasulov S.R. *Oil refining and petrochemistry*. -**2012**, 5, 36-38. (in Russ).
- [11] Rasulov S.R., Mustafayeva G.R., Mahmudova L.A. *Oil refining and petrochemistry*. - **2012**.-№2. - P. 36-41. (in Russ).
- [12] Tuktin B., Zakumbaeva G.D., Smagulov R., Toktabayeva N.F. *Oil refining and petrochemistry*. **2008**, 6, 35-37. (in Russ).
- [13] Yushchenko V.V., Zakharov A.N., Romanovsky B.V. *Kinetics and catalysis*. **1986**, 27, 2, 474-478. (in Russ).
- [14] Vosmerikova L.N., Sedoy V.S., Vosmerikov A.V. *Oil refining and petrochemistry*. – **2007**, 4, 20-23(in Russ)..
- [15] Dedov AG, Moiseev II, Loktev AS, Kuznetsov NT, Ketsko VA, Parkhomenko KV, Kartashev I.Yu. *Chemistry and technology of fuels and oils*. **2005**, 2, 35-40(in Russ).
- [16] Mamonov N.A., Fadeeva E.V., Grigoriev D.A., Mikhailov M.N., Kustov L.M., Alkhimov S.A. *Uspekhi Khimii*. **2013**, 82, 567-585. (in Russ).
- [17] Gossen L.P., Velichkina L.M. *Petrochemistry*. **2012**, 52, 2, 154-158. (in Russ).
- [18] Jiang H., Wang L.S., Cui W., Xu Y.D. *Lett*. **1999**, 57, 95-102. (in Eng).
- [19] Weckhuysen B.V., Dingjun Wang , Rosynek M. P., Lunsford J.H. *Angew. Chem. Int. Ed. Engl*. **1997**, 36, 2, 55-62. (in Eng).
- [20] Shetian Liu, Linsheng Wang, Rüntyro Onisi, Masaru Ishikawa .. *Kinetics and catalysis*. **2000**, 41, 1, 148-160 (in Eng).

Б.Т. Туктин, Л.Б. Шаповалова, А.Ж. Қубашева, Р.И. Егизбаева

"Д.В. Сокольский атындағы Жанармай, катализ және электрохимия институты" А.Қ., Алматы, Қазақстан

**МОДИФИЦИРЛЕНГЕН ЦЕОЛИТҚҰРАМДЫ КППМ КАТАЛИЗАТОРЛАРЫНДА
ІЛЕСПЕ МҰНАЙ ГАЗЫН ӨНДЕУ**

Түйін. Жұмыста ауыспалы валентті металдармен модифицирленген жаңа цеолитқұрамды катализаторларда құрамында күкірті бар ілеспе мұнай газын өңдеу процесі кезіндегі сынақ нәтижелері көрсетілді. Катализатордың активті фазасының компоненттері табиғатының және процесінің жүру жағдайының ілеспе мұнай газдың конверсиясы мен түзілген заттардың құрамына әсері зерттелді. Синтезделген катализаторларда ілеспе мұнай газдарын өңдеу кезінде газ тәрізді және сұйық өнімдер түзіледі. Сұйық фазада ароматты қосылыстар (бензол, толуол, этилбензол, ксилол, нафталин, фенантрен) ал газ фазада C_1-C_4 көмірсутектері анықталды.

КППМ катализаторларында ілеспе мұнай газдарын өндегенде температураның 450-ден 750°C-қа арттырғанда конверсияның 100%-ға артуы байқалды. Бұл жағдайда толуолдың шығымы бензол мен ксилолға қарағанда жоғары. Катализатта нафталин мен фенантреннің мөлшері басым. КППМ катализаторында ілеспе мұнай газдың конверсиясы кезінде күкіртті қосылыстардың мөлшері бастапқы газбен салыстырғанда әлдеқайда төмендеді. Жоғары температурада (500°C-тан жоғары) құрамында күкірт қосылыстары бар ілеспе мұнай газдарды өндеуде алынған өнімдерде метилмеркаптан мен карбонилсульфид анықталмады

Дайындалған КППМ тобы катализаторларында ілеспе мұнай газдарын өндегенде бір уақытта күкірттен терең тазалау мен ароматты көмірсутектерді алу реакциялары жүреді.

Тірек сөздер: ілеспе мұнай газ, ароматты көмірсутектер, катализатор, цеолит, құрамында күкірті бар қосылыстар

МАЗМУНЫ

<i>Мамырбекова А., Мамитова А., Тукибаева А., Мамырбекова А.</i> ДМСO-Cu(NO ₃) ₂ ·3H ₂ O жүйесінің физика-химиялық қасиеттерін зерттеу.....	5
<i>Темирғалиева А.Н., Лесбаев Б.Т., Байсейітов Д.А., Мансуров З.А.</i> Наноөлшемді TiO ₂ қасиеттері және оны сонохимиялық әдіспен синтездеу.....	9
<i>Елеманова Ж.Р., Дауылбай А.Д., Асылхан Н.Ф., Қудасова Д.Е.</i> Дәруменмен байытылған кэмпиттердің құрамын зерттеу	14
<i>Баешов А.Б., Адайбекова А.А., Гаипов Т. Е., Сарсенбаев Н.Б., Журинов М.Ж.</i> Импульсті токпен поляризацияланған титан электродында родий иондарының катодты тотықсыздануына ультрадыбыс өрісінің әсері.....	20
<i>Баймукашева Г.К., Нажетова А.А., Алтай Қ.А., Насиров Р.Н.</i> Трифенилметанға натриймен әсер еткенде карбанионның түзілу механизмі.....	28
<i>Ерғожин Е.Е., Мухитдинова Б.А., Хакимболатова Х.К., Никитина А.И., Даулетқұлова Н.Т.</i> Өртүрлі хинондар және ЭДЭ-10П негізіндегі аниониттің Pb ²⁺ иондарының сорбисы.....	32
<i>Закарина Н.А., Волкова Л.Д., Шадин Н.А., Ким О.К.</i> ВГ крекингінде үлкейтілген реакторда алюминиймен пилларленген самм НУ- цеолитті катализаторын сынақтан өткізу.....	36
<i>Шлыгина И.А., Бродский А.Р., Хусаин Б.Х., Чанышева И.С., Яскевич В.И., Жұрынов М.</i> Силоксан аэрогелдер қалыптасу процесінің реагенттер мен өнімдердің кванттық химиялық модельдеуі. III. Алкоксисилан олигомерлерінің көлемі мен нақты салмағын есептеу.....	42
<i>Исаева А.Б., Айдарова С.Б., Шарипова А.А., Муталиева Б.Ж., Григорьев Д.О.</i> Полиуретан/полимочевина қабықшасымен және Dsoit ядросымен қапталған микро- және нанокапсулалар. II Dsoit микор- және нанокапсулалардан бөлініп шығу кинетикасын зерттеу.....	52
<i>Нұрмақанов Е.Е., Итқұлова Ш.С.</i> Со-құрамды көпкомпонентті катализаторда жүретін метанның булы көмірқышқылды риформингі технологиясының моделденуі.....	58
<i>Қазанқарова М.К., Наурызбаев М.К., Ермагамбет Б.Т., Ефремов С.А., Брайда В.</i> Микроағзалармен иммобилизденген шунгит сорбенттерін қолдану арқылы мұнаймен ластанған топырақтың биоремедиациясын зерттеу.....	65
<i>Сасыкова Л.Р., Жәкірова Н.Қ., Жұмақанова А.С.</i> Қазақстанда білікті химик мамандарды дайындау: тарихы мен болашағы	73
<i>Мамырбекова А., Мамитова А.Д., Шырынбекова Б.Ж., Мамырбекова А.</i> Құрамында диметилсульфоксиді бар электролит ерітінділерінен ұсақ дисперсті мыс ұнтақтарын алу.....	79
<i>Мофа Н.Н., Қалиева Ә.М., Садықов Б.С., Осеров Т.Б., Шабанова Т.А., Мансуров З.А.</i> Құрамында күміс нанобөлшектері бар композитті материалдар.....	87
<i>Жәкірова Н.Қ., Сасыкова Л.Р., Қадірбеков Қ.А., Жұмақанова А.С.</i> Гетерополиқышқылдар негізіндегі крекинг катализаторларын синтездеу және зерттеу.....	95
<i>Рахадиллов Б.К., Скаков М.К., Сағдолдина Ж.Б.</i> Электролиттік плазмалық беттік беріктендіруден кейін 20 гл болаттың құрылымдық өзгерістері.....	103
<i>Қасенов Б.Қ., Қасенова Ш.Б., Сағынтаева Ж.И., Тұртұбаева М.О., Қуанышбеков Е.Е., Исабаева М.А.</i> Жаңа NdM ^{II} ₂ ZnMnO ₆ (M ^{II} – Sr, Ba) Цинкат-манганиттерінің термодинамикалық және электрфизикалық қасиеттерін зерттеу.....	110
<i>Туктин Б.Т., Жандаров Е.К., Зултухар А.М., Кубашева А.Ж., Тенизбаева А.С., Яскевич В. И.</i> КГО-9 және КГО-16 модифицирленген алюмокобальтмолибден катализаторларында мұнайдың бензин және дизель фракцияларын гидроөңдеуді зерттеу.....	119
<i>Туктин Б.Т., Шаповалова Л.Б., Кубашева А.Ж., Егизбаева Р.И.</i> Модифицирленген цеолитқұрамды кпм катализаторларында ілеспе мұнай газын өңдеу.....	127

СОДЕРЖАНИЕ

Мамырбекова А., Мамитова А., Тукибаева А., Мамырбекова А. Исследование физико-химических свойств системы ДМСО- $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	5
Темиргалиева А.Н., Лесбаев Б.Т., Байсейитов Д. А., Мансуров З.А. Свойства и синтез наноразмерного TiO_2 сонохимическим методом.....	9
Елеманова Ж.Р., Дауылбай А.Д., Асылхан Н.Ф., Қудасова Д.Е. Исследование состава конфет, обогащенных витаминами.....	14
Баешов А.Б., Адайбекова А.А., Гаипов Т.Е., Сарсенбаев Н.Б., Журинов М.Ж. Влияние ультразвукового поля на катодное восстановление ионов родия на титановом электроде при поляризации импульсным током.....	20
Баймукашева Г.К., Нажетова А.А., Алтай К.А., Насиров Р.Н. Механизм образования карбаниона из трифенилметана при восстановлении натрием.....	28
Ергожин Е.Е., Мухитдинова Б.А., Хакимболатова Х.К., Никитина А.И., Даулеткулова Н.Т. Сорбция ионов Pb^{2+} редокс-полимерами на основе анионита ЭДЭ-10П и различных хинонов.....	32
Закарин Н.А., Волкова Л.Д., Шадин Н.А., Ким О.К. Испытание HУ-цеолитного катализатора на пилларированном алюминии СаММ в крекинге ВГ в укрупнённом реакторе.....	36
Шлыгина И.А., Бродский А.Р., Чанышева И.С., Яскевич В.И., Хусайн Б.Х., Журинов М.Ж. Квантово- химическое моделирование реагентов и продуктов в процессе формирования силоксановых аэрогелей. III. Расчет объема и удельного веса олигомеров алкоксигидроксисилоксанов.....	42
Исаева А.Б., Айдарова С.Б., Шарипова А.А., Муталиева Б.Ж., Григорьев Д.О. Микро- и нанокапсулы с оболочкой из полиуретана/полимочевины и ядром из Dsoit. II. Изучение кинетики высвобождения Dsoit из микро- и нанокапсул.....	52
Нурмаканов Е.Е., Иткулова Ш.С. Моделирование технологии пароуглекислотного риформинга метана на Со-содержащем многокомпонентном катализаторе.....	58
Казанкапова М.К., Наурызбаев М.К., Ермагамбет Б.Т., Ефремов С.А., Брайда В. Исследование биоремедиации нефтезагрязненных почв с использованием шунгитовых сорбентов, иммобилизованными микроорганизмами.....	65
Сасыкова Л.Р., Жакирова Н.К., Жумаканова А.С. Подготовка квалифицированных кадров химиков в Казахстане: история и перспективы.....	73
Мамырбекова А., Мамитова А.Д., Шырынбекова Б.Ж., Мамырбекова А. Получение мелкодисперсных медных порошков из диметилсульфоксидно-водных растворов электролитов.....	79
Мофа Н.Н., Калиева А.М., Садыков Б.С., Осеров Т.Б., Шабанова Т.А., Мансуров З.А. Композиционные материалы с наночастицами серебра.....	87
Жакирова Н.К., Сасыкова Л.Р., Кадирбеков К.А., Жумаканова А.С. Синтез и исследование катализаторов крекинга на основе гетерополикислот.....	95
Рахадиллов Б.К., Скаков М.К., Сағдолдина Ж.Б. Структурное превращение стали 20Гл после электролитно-плазменной поверхностной закалки.....	103
Касенов Б.К., Касенова Ш.Б., Сагинтаева Ж.И., Туртубаева М.О., Куанышбеков Е.Е., Исабаева М.А. Термодинамические и электрофизические свойства оксидов цинкато-манганитов $\text{NdM}^{\text{II}}_2\text{ZnMnO}_6$ ($\text{M}^{\text{II}} - \text{Sr, Ba}$).....	110
Туктин Б.Т., Жандаров Е.К., Зултухар А.М., Кубашева А.Ж., Тенизбаева А.С., Яскевич В.И. Исследование гидропереработки бензиновых и дизельных фракций нефти на модифицированных алюмокобальтмолибденовых катализаторах КГО-9 и КГО-16.....	119
Туктин Б.Т., Шаповалова Л.Б., Кубашева А.Ж., Егизбаева Р.И. Переработка попутного нефтяного газа на модифицированных цеолитсодержащих катализаторах КРМ.....	127

CONTENTS

<i>Mamyrbekova A., Mamitova A., Tukibayeva A., Mamyrbekova A.</i> Research of physicochemical properties of the DMSO-Cu(NO ₃) ₂ ·3H ₂ O system.....	5
<i>Temirgaliyeva A.N., Lesbayev B.T., Baiseitov D.A., Mansurov Z.A.</i> Properties of nanosized TiO ₂ by synthesized sonochemical method.....	9
<i>Yelemanova Zh.R., Dauylbai A.D., Asilkhan N.G., Kudasova D.E.</i> Investigation of the composition of sweets enriched with vitamins.....	14
<i>Bayesov A.B., Adaibekova A.A., Gaipov T.E., Sarsenbaev N.B., Zhurinov M.Zh.</i> Influence of ultrasound field on cathode recovery rhodium ions on the titanium electrode at polarization by pulse current.....	20
<i>Baymukasheva G.K., Nazhetova A.A., Altai K.A., Nasirov R.N.</i> Formation mechanism of carbanion from triphenylmethane during deoxidization with sodium.....	28
<i>Ergozhin E.E., Mukhitdinova B.A., Khakimbolatova Kh.K., Nikitina A.I., Dauletkulova N.T.</i> Sorption of Pb ²⁺ ions by redox-polymers on the basis of anionite EDE-10P and various quinones.....	32
<i>Zakarina N. A., Volkova L.D., Shadin N.A., Kim O.K.</i> Test of HY-zeolite catalyst based on Al-pillared CaMM in VG cracking in big size reactor	36
<i>Shlygina I.A., Brodskiy A.R., Khusain B.H., Chanysheva I.S., Yaskevich V.I., Zhurinov M.Z.</i> Quantum chemical modeling of reagents and products in the process of siloxane airtel formation. III. Molecular volumes of alcoxyhydroxysiloxane oligomers and their specific weights.....	42
<i>Issayeva A., Aidarova S., Sharipova A., Mutaliev B., Grigoriev D.</i> Micro- and nanocapules with shell of polyurethane / polyurea and core from Dcoit. II. Study of the kinetics of release of Dcoit from micro- and nanocapules.....	52
<i>Nurmakanov Y.Y., Itkulova S.S.</i> Modeling of technology of steam-dry reforming of methane OVER Co-containing multicomponent catalyst	58
<i>Kazankapova M.K., Nauryzbayev M.K., Ermagambet B.T., Efremov S.A., Braida W.</i> Research of bioreemedation of oil-contaminated soils using microorganisms immobilized on schungite sorbents.....	65
<i>Sassykova L.R., Zhakirova N.K., Zhumakanova A.S.</i> Preparation of qualified personnel of chemists in Kazakhstan: history and prospects	73
<i>Mamyrbekova A., Mamitova A.D., Shirinbekova B.Zh., Mamyrbekova A.</i> Production of finely divided copper powder from water-containing dimethylsulphoxide electrolytes	79
<i>Mofa N.N., Kaliyeva A.M., Sadykov B.S., Oserov T.B., Shabanova T.A., Mansurov Z.A.</i> Composite materials with silver nanoparticles.....	87
<i>Zhakirova N.K., Sassykova L.R., Kadirbekov K.A., Zhumakanova A.S.</i> Synthesis and research of catalysts of cracking on the basis of heteropolyacids	95
<i>Rakhadilov B.K., Skakov M.K., Sagdoldina Zh.B.</i> Structural transformation in steel 20g1 after electrolyte-plasma surface Hardening	103
<i>Kasenov B.K., Kasenova Sh.B., Sagintaeva Zh.I., Turtubaeva M.O., Kuanyshbekov E.E., Issabaeva M.A.</i> Thermodynamic and electrophysical properties of new zincato-manganites NdM ^{II} ₂ ZnMnO ₆ (M ^{II} -Sr, Ba).....	110
<i>Tuktin B.T., Zhandarov E.K., Zulpuhar A.M., Kubasheva A.Zh., Tenizbayeva A.S., Yaskevich V.I.</i> Investigation of hydrotreating of gasoline and diesel oil fractions over modified alumo-cobalt-molybdenic catalysts KGO-9 and KGO-16....	119
<i>Tuktin B.T., Shapovalova L.B., Kubasheva A.Zh., Egizbaeva R.I.</i> Processing of associated petroleum gas on modified zeolitecontaining KPM-catalysts.....	127

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/>

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

Редакторы: *М. С. Ахметова, Т. А. Апендиев*
Верстка на компьютере *А.М. Кульгинбаевой*

Подписано в печать 03.10.2017.

Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
8,6 п.л. Тираж 300. Заказ 5.

Национальная академия наук РК
050010, Алматы, ул. Шевченко, 28, т. 272-13-18, 272-13-19