

Код МРНТИ 52.47.31

*А.А. Мельдешов¹, А.К. Абишева², М.М. Матаев¹
¹НАО «КазНацЖенПУ» (г. Алматы, Казахстан),
²НАО «КазНУ им. аль-Фараби» (г. Алматы, Казахстан)

ПЕРСПЕКТИВЫ ЭФФЕКТИВНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА И ЛЕГКИХ УГЛЕВОДОРОДОВ

Аннотация. Изучено превращение н-бутана на активированном Кынграком бентоните, содержащем нанесенный рутений. Совместное присутствие водяного пара с н-бутаном в реакционной зоне уменьшает коксообразование на поверхности катализатора и способствует увеличению выхода изооктана. В данной статье приведены исследования изомеризации н-бутана на рутениевых катализаторах, нанесенных на Кынгракский бентонит, где преобладающим минералом является монтмориллонит. Совместное присутствие водяного пара с н-бутаном в реакционной зоне снижает коксообразование на поверхности катализатора и способствует увеличению выхода изооктана. Изомеризация н-бутана и н-пентана в соответствующий изобутан и изопентан является значимой реакцией в получении алкилбензинов и оксигенатов.

Ключевые слова: изомеризация, катализатор, коксообразование, кокс, смолистые вещества, поверхность катализатора, гравиметрия, изомеризация, монтмориллонит.

Отандық бентониттегі алкандар изомеризациясы

Андатпа. Қ-бутанның құрамында рутений бар белсендірілген Қыңғырақ бентонитіне айналуы зерттелді. Реакция аймағында су буының қ-бутанмен бірге болуы катализатор бетіндегі кокстың түзілуін азайтады және изооктан шығымдылығының артуына ықпал етеді. Бұл мақалада монтмориллонит басым минерал болып табылатын Қыңғырақ бентонитіне қолданылатын рутений катализаторларындағы қ-бутанның изомерленуі туралы зерттеулер келтірілген. Реакция аймағында су буының қ-бутанмен бірге болуы катализатор бетіндегі кокстың түзілуін азайтады және изооктан шығымдылығының артуына ықпал етеді. Қ-бутан мен н-пентанның сәйкес изобутан мен изопентанға изомерленуі алкилбензиндер мен оксигенаттарды өндіруде маңызды реакциялар болып табылады.

Түйінді сөздер: изомерлену, катализатор, кокс түзілу, кокс, шайырлы заттар, катализатор беті, гравиметрия, изомерлену, монтмориллонит.

Isomerization of alkanes on domestic bentonite

Abstract. The transformation of n-butane on activated Kyngrak bentonite containing deposited ruthenium has been studied. The combined presence of water vapor with n-butane in the reaction zone reduces coke formation on the surface of the catalyst and increases the yield of iso-octane. This article presents studies of the isomerization of n-butane on ruthenium catalysts deposited on Kyngrak bentonite, where montmorillonite is the predominant mineral. The combined presence of water vapor with n-butane in the reaction zone reduces coke formation on the surface of the catalyst and increases the yield of iso-octane. The isomerization of n-butane and n-pentane into the corresponding isobutane and isopentane are significant reactions in the production of alkylbenzenes and oxygenates.

Key words: isomerization, catalyst, coke formation, coke, resinous substances, catalyst surface, gravimetry, isomerization, montmorillonite.

Введение

Научная новизна данной работы заключается в выявлении и установлении закономерностей взаимодействия легких углеводородов C_4-C_6 состава с каталитической системой, содержащие металлы VIII группы, нанесенных на Кынгракский бентонит со столбчатой структурой. В данной работе впервые:

- на основе адсорбционных и электрокинетических характеристик нанесенной системы рекомендуется возможность прогнозирования их взаимосвязи с каталитическими свойствами;

- установлены влияния размера частиц металла и соотношения кислотных центров поверхности на характер протекания изомеризации, дегидро-гидрогенизации, крекинга и алкилирования C_4-C_6 углеводородов в образовании высокооктановых компонентов моторных топлив;

- выявлено, что присутствие в реагируемой системе водорода водяного пара способствует изменению окислительно-восстановленных форм металла, формированию новых фаз и возникновению нестационарности поверхности при нефтехимическом превращении, кажущаяся стационарным с макроскопической точки зрения;

- установлены влияния дисперсности активного металла на изомеризацию, крекинг и алкилирование легких углеводородов.

Практическая значимость данной работы заключается в создании современных безотходных технологий переработки природных, попутных газов нефти и нефтепереработки, поиском рациональных путей их использования для получения высокооктановых компонентов моторных топлив – алкилбензинов. Для этих процессов разработа-

ны нанесенные катализаторы на основе металлов рутения, родия с использованием в качестве носителя модифицированных алюмосиликатов со слоисто-столбчатой структурой. В этом отношении, полученные экспериментальные данные данной работы позволяют целенаправленно подходить к нефтехимическому превращению углеводородов в присутствии каталитических систем.

Специфика добычи попутного нефтяного газа (ПНГ) состоит в том, что он является побочным продуктом нефтедобычи. По геологическим характеристикам различают газ газовых шапок и газ, растворенный в нефти. ПНГ представляет собой смесь газо- и парообразных углеводородных и неуглеводородных компонентов, выделяющихся из нефтяных скважин и из пластовой нефти при ее разгазировании. Изомеризация н-бутана и н-пентана в соответствующий изобутан и изопентан являются промышленно важными реакциями в процессе получения алкилбензинов и оксигенатов [1].

Основными компонентами попутных нефтяных газов являются углеводороды от метана до гексана, включая изомеры C_4-C_6 . Неуглеводородные компоненты попутных нефтяных газов могут быть представлены азотом, углекислым газом, гелием, аргоном, а также сероводородом, количество которого достигает иногда нескольких процентов, в ряде случаев встречается водород [2].

Одним из важных направлений нефтехимической отрасли является повышение глубины переработки нефти, развитие эффективной технологии нефтехимического синтеза и получение высокооктановых компонентов моторных топлив. Каталитические реакции лежат в основе современных производств химической промышленности.

В настоящее время попутные нефтяные газы и отходящие газы нефтепереработки рационально не используются, большая часть их сжигается в факелах, нанося ощутимый вред окружающей среде. Кроме того, возрастающая потребность в моторном топливе и в углеводородном сырье при необходимости строжайшей экономики энергии и природных энергоносителей и борьбы с экологическими нарушениями, ставит задачи целенаправленного использования сопутствующих газов нефти. Одним из путей решения проблемы является получение алкилбензинов и алкилоксигенатов из легких углеводородов в присутствии катализаторов. В связи с этим, получения высокооктановых компонентов моторных топлив в присутствии имеющихся каталитических систем и их совершенствования приобретают актуальность в превращении легких алканов C_4 - C_6 состава [3].

Изомеризация указанных алканов обычно протекает при 300-500 °С в присутствии катализаторов. Катализаторами изомеризации нового поколения являются сверхкислотные системы типа SO_4^{2-}/ZrO_2 и гетерополикислоты. Важно отметить, что скелетная изомеризация алканов, которая не катализируется концентрированной серной кислотой, протекает в присутствии сверхкислот SO_4^{2-}/ZrO_2 , SO_4^{2-}/TiO_2 или SO_4^{2-}/Fe_2O_3 при комнатной температуре [4].

Однако сверхкислоты отличаются повышенным коксообразованием при каталитических превращениях углеводородов, что приводит к быстрой потере активности катализаторов. В этой связи, разработка активных и стабильных катализаторов изомеризаций, обладающих сверхкислотными свойствами, является актуальной.

Методы исследования, результаты

Отличительной особенностью монтмориллонита по сравнению с другими слоистыми минералами является ярко выраженная способность набухать в воде. Молекулы воды располагаются в межпакетном пространстве и раздвигают пакеты. При этом величина межпакетного расстояния вдоль оси «с» кристаллической решетки может изменяться в весьма широких пределах в зависимости от содержания молекул воды в межслоевом пространстве [3]. В этой связи, для модифицирования и активации, согласно [4], Кынгракский бентонит подвергался обработке IMH_3PO_4 при температуре ~ 363 К в течение 6 ч. Получен-

ная масса отделялась от жидкой фазы, паста формовалась в червяки диаметром 3 мм, которые сушились в течение 8 ч. при 413 К и в дальнейшем 4 ч при 573 К. Полученные цилиндрики диаметром ~ 3 мм и длиной ~ 5 мм пропитывались водным раствором гидроксихлорида рутения $Ru(OH)Cl_3 \cdot 4H_2O$ в пересчете на рутений ~0,5 масс.%. При пропитке раствором гидроксохлорида рутения в систему добавлялся формалин для восстановления соединений рутения при температуре 275-278 К из расчета 5-6 мл его на 1 г металла.

Таким образом, приготовленная нанесенная система сушилась при 413 К. До восстановления катализатора проводилось водородом (100 см³/мин) непосредственно в реакторе, представляющим собой кварцевую трубку, длиной 500 мм и диаметром 20 мм при 573 К в течение 4 ч. Эксперименты проводились на модернизированной установке, предложенной Шполянским и Лихачевым [5].

Установка предусматривает подачу в реактор как газообразных, так и жидких веществ. Выходящая из реактора парогазовая смесь охлаждалась водяными холодильниками. Конденсат накапливался в приемнике, а газообразные продукты собирались в цилиндрическом газометре над насыщенным раствором поваренной соли. Газообразные и жидкие продукты анализировались методом ГЖХ на хроматографе Chrom-5. Инфракрасные спектры поглощения снимались на спектрометре Perkin-Elmer 4A в институте катализа СО РАН (г. Новосибирск). Образцы (2 мг) запрессовались в CsI (800 мг).

Масса кокса и смолистых веществ на поверхности катализатора определялись гравиметрией. Результаты превращения n-бутана на естественных образцах и на нанесенных системах, содержащих рутений, сведены в табл. 1.

Естественный Кынгракский бентонит без кислотной обработки не проявляет каталитическую активность. При использовании нанесенного рутения на образец №2, конверсия n-бутана возрастает в два раза и выход изооктана в три раза, по сравнению с бентонитом без содержания рутения.

В следующей серии опытов изучали влияние температуры и объемной скорости подачи n-бутана на 0,5%Ru/образец 2. Результаты полученных данных сведены в табл. 2.

Из данных табл. 2 следует, что для образования продуктов олигомеризации – изооктана нежелательно повышение тем-

Таблица 1

Результаты превращения n-бутана

Кесте 1

Қ-бутанның түрлену нәтижелері

Table 1

Results of n-butane conversion

$$T = 473 \text{ K}, V_{n\text{-бутан}} = 600 \text{ ч}^{-1}$$

Образец	Конверсия n-бутана, %	Выход, масс.%			
		$i C_4H_{10}$	$i C_4H_8$	$i C_8H_{18}$	Кокс и другие
Естественный	2,0	-	-	-	2,0
Образец №1	7,0	2,0	2,0	1,0	1,0
Образец №2	9,0	3,0	3,0	2,0	1,0
0,5%Ru/образец №2	18,0	5,0	4,0	6,0	3,0

Таблица 2

Результаты превращения *n*-бутана при различных температурах и объемной скорости подачи процесса на 0,5%Ru/образец 2

Кесте 2

0,5%Ru/үлгідегі 2 процестің көлемдік шығыны мен әртүрлі температураларда қ-бутанды түрлендіру нәтижелері

Table 2

Results of the conversion of *n*-butane at various temperatures and volumetric flow rates of the process at 0.5%Ru/sample 2

V, ч ⁻¹	T, К	Конверсия <i>n</i> -бутана, %	Выход, масс. %			
			<i>i</i> C ₄ H ₁₀	<i>i</i> C ₄ H ₈	<i>i</i> C ₈ H ₁₈	Кокс и другие
600	373	5,0	1,0	1,0	3,0	-
	423	10,0	2,0	2,0	6,0	1,0
	473	18,0	5,0	4,0	6,0	3,0
	523	24,0	10,0	5,0	5,0	4,0
	573	28,0	10,0	5,0	5,0	8,0
900	373	6,0	1,0	1,0	3,0	1,0
	423	14,0	3,0	4,0	7,0	2,0
	473	26,0	8,0	5,0	8,0	5,0
	523	30,0	10,0	6,0	8,0	6,0
	573	32,0	12,0	5,0	6,0	7,0
1200	373	7,0	1,0	1,0	3,0	2,0
	423	20,0	5,0	3,0	8,0	3,0
	473	28,0	10,0	4,0	9,0	4,0
	523	30,0	14,0	5,0	8,0	5,0
	573	32,0	14,0	5,0	7,0	6,0

пературы выше 473 К и, наоборот, понижение температуры благоприятствует его образованию. С повышением температуры наблюдается увеличение выхода олефинов и коксоподобной смолистой массы на поверхности катализатора. Видимо, образующиеся олефины подвергаются реакциям уплотнения, покрывая поверхность катализатора смолоподобными соединениями. Эти данные свидетельствуют о неоднородности поверхности и наличию на нем активных различных центров, которые проявляют полифункциональные свойства.

По данным, приведенным в [6], изомеризация нормальных парафинов в изопарафин происходит не непосредственно, а через стадию дегидрирования в олефины. Последние изомеризуются в изоолефины, которые в свою очередь гидрируются в соответствующие изопарафины. Стадии гидрирования-дегидрирования осуществляются на активных центрах металла, а изомеризация на кислотных центрах. В литературе имеется достаточное количество публикаций, посвященных исследованию механизма изомеризаций.

По данным [7-9], реакция протекает с участием кислотных протонных центров поверхности. Кроме того, известно, что кислотные протоны в твердом теле обладают высокой диффузионной подвижностью и при определенных условиях этот процесс оказывает существенное влияние на скорость каталитической реакции [10]. Здесь же отмечено, максимальная эффективность работы кислотных катализаторов проявляется, когда активные протоны мигрируют на поверхности и в объеме катализатора с коэффициентами диффузии, больших коэффициентов поверхностной диффузии реагирующих молекул в адсорбционном слое.

Если вероятность перехода протона в соседнее равновесное положение связана с высотой барьера, разделяющего два минимума потенциальной кривой водородной связи и определяется характеристической для каждой системы температурой, то размеры области, в которых может диффундировать протон, очевидно, должны быть связаны с наличием в системе молекул-посредников, облегчающих переход протона за счет положительных энергетических эффектов сольватации, как это следует из [10].

В [10] также отмечается, что естественной гидратирующей частицей протонов является молекула воды. В большинстве работ отмечается тормозящее действие воды, которая блокирует активные центры поверхности, а также противоположное ускоряющее действие воды. Поэтому можно полагать, что вода влияет двойственным образом в зависимости от ее состояния на гетерогенной поверхности.

Учитывая вышеизложенное, в следующей серии опытов изучали превращение *n*-бутана при совместном присутствии его с водяным паром.

Результаты, приведенные в табл. 3, указывают о положительном влиянии молекул воды до определенной концентрации.

Следует отметить, что наличие водяного пара в изучаемой системе определенным образом подавляет коксообразование и накопление смолистых веществ. По сравнению с отсутствием водяного пара при 523 К и объемной скорости его подачи 30 ч⁻¹, выход изооктана увеличивается в 2 раза. С увеличением объемной скорости подачи водяного пара конверсия *n*-бутана проходит через максимум.

Таблица 3
Превращение n-бутана в присутствии водяного пара на 0,5%Ru/образец 2

0,5%Ru/үлгі 2 Қ-бутанның түрлену нәтижелері

Кесте 3

Table 3

Conversion of n-butane in the presence of steam to 0.5% Ru/sample 2

$V_{n\text{-бутан}} = 900 \text{ ч}^{-1}$

$V_{H_2O}, \text{ч}^{-1}$	Т, К	Конверсия n-бутана, %	Выход, масс. %			
			$i \text{ C}_4\text{H}_{10}$	$i \text{ C}_4\text{H}_8$	$i \text{ C}_8\text{H}_{18}$	Кокс и другие
-	473	26	8,0	5,0	8,0	5,0
10		27	7,0	4,0	10,0	4,0
20		28	7,0	5,0	12,0	4,0
30		30,0	7,0	6,0	13,0	3,0
50		24,0	6,0	5,0	10,0	3,0
100		20,0	6,0	5,0	7,0	2,0
-	523	30	10,0	6,0	8,0	6,0
10		33	11,0	7,0	10,0	5,0
20		34	11,0	7,0	12,0	4,0
30		36	11,0	7,0	14,0	4,0
50		32	9,0	6,0	12,0	5,0
100		25	8,0	5,0	9,0	3,0
-	573	30	12,0	5,0	6,0	7,0
10		34	13,0	6,0	8,0	7,0
20		35	14,0	7,0	8,0	6,0
30		38	15,0	8,0	10,0	5,0
50		32	13,0	6,0	8,0	5,0
100		28	12,0	5,0	8,0	3,0

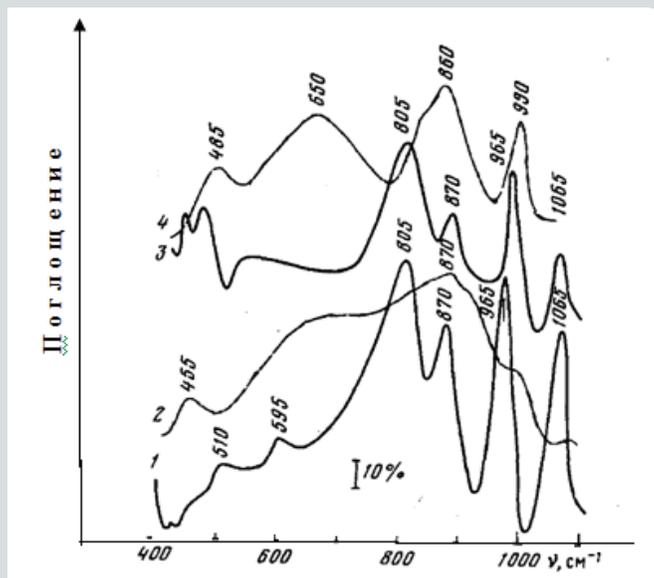
Важно отметить, что наличие молекул воды способствует превращению n-бутана в изооктан в одном цикле. Видимо на поверхности катализатора создается условие взаимодействия олефина с изомеризованным n-бутаном. Образование водорода в газообразных продуктах свидетельствует о протекании реакции дегидрирования. Полученные экспериментальные данные табл. 3 также служат в пользу данного заключения.

Подавление процесса коксоотложения при превращениях легких углеводородов изучаемой работы хорошо согласуется данными в [10].

Для получения определенной информации о вероятных поверхностных соединениях или группировках снимали ИК-спектры нанесенного образца №2, содержащий рутений, а также контактов после процесса превращения n-бутана в присутствии водяного пара ($V_{H_2O} = 30 \text{ ч}^{-1}$) (рис. 1).

Из ИК-спектра (рис. 1) следует, что на поверхности 0,5%Ru/образец 2 наблюдаемые полосы поглощения, идентифицируемые нами, присущи для гетерополиоксидов (кривая 1, рис. 1). Действительно, полосы поглощения, обнаруживаемые в области 700-100 см^{-1} , хорошо совпадают со спектром гетерополиоксидов [10].

Частые полосы поглощения для естественного образца Кынгракского бентонита не наблюдаются (кривая 2, рис.1). Сравнение кривых 3 и 4 рис.1 также наводит на мысль о том, что повышение выхода изооктана в присут-



Обозначение: 1 – образец 2; 2 – естественный бентонит (монтмориллонит); 3 – 0,5%Ru/образец 2 в присутствии водяного пара; 4 – 0,5%Ru/образец 2 в отсутствие водяного пара.

Рис. 1. ИК спектры Кынгракского бентонита.
Сурет 1. Қыңырақ бентонитінің ИК спектрлері.
Figure 1. IR spectra of Kyngrak bentonite.

ствии водяного пара объясняется появлением на поверхности кислотных центров, являющихся активными местами протекания данного превращения.

Таким образом, полученные данные расширяют круг данных в области разработки катализаторов изомеризации, а также процесса синтеза изооктана.

Вывод и заключение

- установлены влияния размера частиц металла и соотношения кислотных центров поверхности на характер протекания изомеризации, дегидро-гидрогенизации, крекинга и алкилирования C_7-C_8 углеводородов в образовании высокооктановых компонентов моторных топлив;

- выявлено, что присутствие в реагируемой системе водорода водяного пара способствует изменению окислительно-восстановленных форм металла, формированию новых фаз и возникновению нестационарности поверхности при нефтехимическом превращении, кажущаяся стационарным с макроскопической точки зрения;

- установлены влияния дисперсности активного металла на изомеризацию, крекинг и алкилирование легких углеводородов.

Полученные данные расширяют круг данных в области разработки катализаторов изомеризации, а также процесса синтеза изооктана.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Чоркендорф И., Наймантсведрайт Х. Современный катализ и химическая кинетика: научное издание: Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2015, С. 504 (на русском языке)
2. Кравцов А.В., Ивашкина Е.Н., Юрьев Е.М. Теоретические основы каталитических процессов переработки нефти и газа: учебное пособие Национального исследовательского Томского политехнического университета: Томск: издательство Томского политехнического университета, 2015, С. 144 (на русском языке)
3. Гонсиор Н. Ионные жидкости. Современный метод синтеза, полимеризации, характеристики и применение: Дюссельдорф, 2015. С.152 (на английском языке)
4. Маликов И.В. Исследование каталитической активности иммобилизованных ионных жидкостей в реакции изомеризации *n*-гексана. / И.В. Маликов, И.С. Завалинская, Ю.П. Ясьян. // Технологии нефти и газа. 2015. №1. С. 140 (на русском языке)
5. Маликов И.В. Исследование превращений углеводородов C_5-C_6 в реакции изомеризации в присутствии катализаторов на основе иммобилизованной ионной жидкости. / И.В. Маликов, И.С. Завалинская, Ю.П. Ясьян. // Фундаментальные исследования. 2015. №2. Ч. 5. С. 935-939 (на русском языке)
6. Маликов И.В. Изомеризация легкой бензиновой фракции на иммобилизованной ионной жидкости / И.В. Маликов, И.С. Завалинская, Ю.П. Ясьян. // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. 2015. №4. С. 2528 (на русском языке)
7. Маликов И.В. Каталитические свойства нанесенных ионных жидкостей на основе хлорида алюминия в изомеризации *n*-гексана. / И. В. Маликов, И. С. Завалинская, Ю.П. Ясьян. / Нефтепереработка и нефтехимия. 2015. №6. С. 19-23 (на русском языке)
8. Парвулеску В.И. Катализ в ионных жидкостях / В.И. Парвулеску, Ч. Хардакре. // Chemical Reviews. 2017. ACS Publications. С. 2615-2665 (на английском языке)
9. Хуанг М.Ю. Изомеризация эндо-тетрагидродициклопентадиена на хлоралюминатных ионных жидких катализаторах на глинистом носителе / М.Ю. Хуанг, Дж.С. Ву, Ф.С. Шиеу, Дж.Дж. Лин. // Журнал молекулярного катализа А: Химия №5. 2016. С. 69-75 (на английском языке)
10. Форстьер А. Олигомеризация моноолефинов гомогенными катализаторами. /А. Форстьер, О. Оливье-Бурбигу, Л. Соссин. // Нефтегазовая наука и технология. Перед. ИФП. Т. 64 (2019). №6. С. 649-667 (на английском языке)

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Чоркендорф И., Наймантсведрайт Х. Қазіргі катализ және химиялық кинетика: ғылыми басылым: Долгопрудный: «Интеллигенция» баспасы, 2015, Б. 504 (орыс тілінде)
2. Кравцов А.В., Ивашкина Е.Н., Юрьев Е.М. Мұнай мен газды өңдеудегі каталитикалық процестердің теориялық негіздері: оқу құралы Ұлттық зерттеу Томск политехникалық университеті: Томск: Томск политехникалық университетінің баспасы, 2015, Б. 144 (орыс тілінде)
3. Гонсиор Н. Иондық сұйықтықтар. Синтездің заманауи әдісі, полимерленуі, сипаттамасы және өтініш: Дюссельдорф, 2015, Б. 152 (ағылшын тілінде)
4. Маликов И.В. *n*-гексанның изомерлену реакциясындағы иммобилизацияланған иондық сұйықтықтардың каталитикалық белсенділігін зерттеу. / И.В. Маликов, И.С. Завалинская, Ю.П. Ясьян. // Мұнай және газ технологиялары. 2015. №1. Б. 140 (орыс тілінде)
5. Маликов И.В. Иммобилизацияланған иондық сұйықтық негізіндегі катализаторлардың қатысуымен C_5-C_6 көмірсутектерінің изомерлену реакцияларындағы түрленуін зерттеу. /

И.В. Маликов, И.С. Завалинская, Ю.П. Ясян. // Иргелі зерттеулер. 2015. №2. Бөл. 5. Б. 935-939 (орыс тілінде)

6. Маликов И.В. Жеңіл бензин фракциясының иммобилизацияланған иондық сұйықтыққа изомерленуі. / И.В. Маликов, И.С. Завалинская, Ю.П. Ясян. // Мұнай өнімдерінің әлемі. Мұнай компанияларының бюллетені. 2015. №4. Б. 2528 (орыс тілінде)
7. Маликов И.В. N-гексанның изомерленуіндегі алюминий хлориді негізіндегі тірек ионды сұйықтықтардың каталитикалық қасиеттері. / И.В. Маликов, И.С. Завалинская, Ю.П. Ясян. / Мұнай өңдеу және мұнай химиясы. 2015. №6. Б. 19-23 (орыс тілінде)
8. Парвулеску В.И. Иондық сұйықтықтардағы катализ. / В.И. Парвулеску, Ч. Хардакре. // Химиялық шоулар. ACS жарияланымдары. 2017. Б. 2615-2665 (ағылшын тілінде)
9. Хуанг М.Ю. Эндо-тетрагидродициклопентадиеннің сазды қолдайтын хлоралюминат иондық сұйық катализаторлар арқылы изомерленуі. // М.Ю. Хуанг, Дж.С. Ву, Ф.С. Шиеу, Дж.Дж. Лин. // Молекулалық катализ журналы А: Химия №5. 2016. Б. 69-75 (ағылшын тілінде)
10. Форстьер А. Біртекті катализаторлар арқылы моноолефиндердің олигомерленуі. / А. Форстьер, О. Оливье-Бурбигу, Л. Соссин. // Oil & Gas Science and Technology – Rev. IFP. 2019. T. 64. №6. Б. 649-667 (ағылшын тілінде)

REFERENCES

1. Chorkendorf I., Naimantsvedrait Kh. *Sovremenniy kataliz i khimicheskaya kinetika: nauchnoe izdanie: Dolgoprudny: Izdatel'skii Dom «Intellekt», 2015, S. 504* [Chorkendorf I., Naimantsvedrait H. *Modern catalysis and chemical kinetics: scientific publication: Dolgoprudny: Publishing House «Intelligence», 2015, P. 504*] (in Russian)
2. Kravtsov A.V., Ivashkina E.N., Yur'ev E.M. *Teoreticheskie osnovy kataliticheskikh protsessov pererabotki nefiti i gaza: uchebnoe posobie Natsional'nogo issledovatel'skogo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta: Tomsk: izdatel'stvo Tomskogo politekhnicheskogo universiteta, 2015, S. 144* [Kravtsov A.V., Ivashkina E.N., Yuryev E.M. *Theoretical foundations of catalytic processes in oil and gas processing: textbook National Research Tomsk Polytechnic University: Tomsk: Tomsk Polytechnic University Publishing House, 2015. P. 144*] (in Russian)
3. Gonsior N. *Ionic Liquids. Modern Method of Synthesis, Polymerization, Characterization and Application: Dusseldorf, 2015, P.152* (in English)
4. Malikov I.V. *Issledovanie kataliticheskoi aktivnosti immobilizovannykh ionnykh zhidkosti v reaktsii izomerizatsii n-geksana. / I.V. Malikov, I.S. Zavalinskaya, Yu.P. Yas'yan. // Tekhnologii nefiti i gaza. 2015. №1. S. 140* [Malikov I.V. *Study of the catalytic activity of immobilized ionic liquids in the isomerization reaction of n-hexane. / I.V. Malikov, I.S. Zavalinskaya, Yu.P. Yasyan. // Oil and Gas Technologies. 2015. №1. P. 140*] (in Russian)
5. Malikov I.V. *Issledovanie prevrashchenii uglevodorodov S5-S6 v reaktsii izomerizatsii v prisutstvii katalizatorov na osnove immobilizovannoi ionnoi zhidkosti. / I.V. Malikov, I.S. Zavalinskaya, Yu.P. Yas'yan. // Fundamental'nye issledovaniya. 2015. №2. Ch. 5. S. 935-939* [Malikov I.V. *Study of the transformations of C5-C6 hydrocarbons in isomerization reactions in the presence of catalysts based on immobilized ionic liquid. / I.V. Malikov, I.S. Zavalinskaya, Yu.P. Yasyan. // Fundamental Research. 2015. №2. Part 5. P. 935-939*] (in Russian)
6. Malikov I.V. *Izomerizatsiya legkoi benzinovoi fraktsii na immobilizovannoi ionnoi zhidkosti / I.V. Malikov, I.S. Zavalinskaya, Yu.P. Yas'yan. // Mir nefteproduktov. Vestnik neftyanykh kompanii. 2015. №4. S. 2528* [Malikov I.V. *Isomerization of light gasoline fraction on an immobilized ionic liquid. / I.V. Malikov, I.S. Zavalinskaya, Yu.P. Yasyan. // World of petroleum products. Bulletin of oil companies. 2015. №4. P. 2528*] (in Russian)
7. Malikov I.V. *Kataliticheskie svoystva nanesennykh ionnykh zhidkosti na osnove khlorida alyuminiya v izomerizatsii n-geksana. / I. V. Malikov, I. S. Zavalinskaya, Yu.P. Yas'yan. / Neftepererabotka i neftekhimiya. 2015. №6. S. 19-23* [Malikov I.V. *Catalytic properties of supported ionic liquids based on aluminum chloride in the isomerization of n-hexane. / I.V. Malikov, I.S. Zavalinskaya, Yu.P. Yasyan. / Oil refining and petrochemistry. 2015. №6. P. 19-23*] (in Russian)
8. Parvulescu V. I. *Catalysis in ionic liquids. / V.I. Parvulescu, Ch. Hardacre. // Chemical Reviews, ACS Publications. 2017. P. 2615-2665* (in English)
9. Huang M.Y. *Isomerization of endo-tetrahydrodicyclopentadiene over clay-supported chloroaluminate ionic liquid catalysts. / M.Y. Huang, J.C. Wu, F.S. Shieu, J. J. Lin. // Journal of Molecular Catalysis A: Chemical №5. 2016. P. 69-75* (in English)
10. Forestiere A. *Oligomerization of Monoolefins by Homogeneous Catalysts. / A. Forstiere, H. Olivier-Bourbigou, L. Saussine. // Oil & Gas Science and Technology – Rev. IFP. 2019. Vol. 64. №6. P. 649-667* (in English)

Сведения об авторах:

Мельдешов А.А., докт. хим. наук., доцент кафедры «Химия» КазНацЖенПУ (г. Алматы, Казахстан), a.meldeshov@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0001-9223-1409>

Абишева А.К., канд. хим. наук, доцент кафедры «Общая и неорганическая химия» КазНУ им. аль-Фараби (г. Алматы, Казахстан), abisheva.ak@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0007-0981-1167>

Матаев М.М., докт. хим. наук, профессор кафедры «Химия» Института естествознания КазНацЖенПУ (г. Алматы, Казахстан), mataev.muhametkali@qyzpu.edu.kz; <https://orcid.org/0000-0002-9057-5443>

Авторлар туралы мәліметтер:

Мельдешов А.А., химия ғылымдарының докторы, доцент, «Химия» кафедрасы, Қазақ Ұлттық Қыздар Педагогикалық Университеті (Алматы қ., Қазақстан)

Абишева А.К., химия ғылымдарының кандидаты, доцент, «Жалпы және бейорганикалық химия» кафедрасы, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ (Алматы қ., Қазақстан)

Матаев М.М., химия ғылымдарының докторы, профессор, Жаратылыстану Институты КазНацЖенПУ, Қазақ Ұлттық Қыздар Педагогикалық Университеті (Алматы қ., Қазақстан)

Information about the authors:

Meldeshov A.A., Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor, Department of Chemistry, KazNational Women's Pedagogical University (Almaty, Kazakhstan)

Abisheva A.K., Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of General and Inorganic Chemistry, KazNU named after al-Farabi (Almaty, Kazakhstan)

Mataev M.M., Doctor of Chemical Sciences, Professor of the Department of Chemistry of the Institute of Natural Sciences of the KazNational Women's Pedagogical University (Almaty, Kazakhstan)

ВЫСТАВКА ВЕЗДЕХОДНОЙ ТЕХНИКИ

29 НОЯБРЯ - 1 ДЕКАБРЯ
МОСКВА, ЦВК ЭКСПОЦЕНТР



0+

РЕКЛАМА