

Қазақстан Республикасының Білім және Ғылым министрлігі  
Министерство образования и науки Республики Казахстан

Казахский национальный университет имени аль-Фараби  
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті

Химия және химиялық технология факультеті  
Факультет химии и химической технологии

Новосібір мемлекеттік техникалық университеті  
Новосибирский государственный технический университет

## **«ФУНКЦИОНАЛДЫҚ МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯСЫ»**

атты 6-шы Халықаралық Ресей-Қазақстандық  
ғылыми-практикалық конференция

**МАТЕРИАЛДАРЫ**

*15-16 маусым 2020 жыл*

### **МАТЕРИАЛЫ**

6-ой Международной Российско-Казахстанской  
научно-практической конференции

## **«ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ»**

*15-16 июня 2020 года*

### **MATERIALS**

of the 6<sup>th</sup> International Russian-Kazakh  
scientific and practical conference

## **«CHEMICAL TECHNOLOGY OF FUNCTIONAL MATERIALS»**

*June 15-16, 2020*

Қазақстан Республикасының Білім және Ғылым министрлігі  
Министерство образования и науки Республики Казахстан

Қазақский национальный университет имени аль-Фараби  
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті

Химия және химиялық технология факультеті  
Факультет химии и химической технологии

Новосібір мемлекеттік техникалық университеті  
Новосибирский государственный технический университет

**«ФУНКЦИОНАЛДЫҚ МАТЕРИАЛДАРДЫҢ  
ХИМИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯСЫ»  
атты 6-шы Халықаралық Ресей-Қазақстандық  
ғылыми-практикалық конференция  
МАТЕРИАЛДАРЫ**

*15-16 маусым 2020 жыл*

**МАТЕРИАЛЫ  
6-ой Международной Российско-Казахстанской  
научно-практической конференции  
«ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ  
ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ»**

*15-16 июня 2020 года*

**MATERIALS  
of the 6<sup>th</sup> International Russian-Kazakh  
scientific and practical conference  
«CHEMICAL TECHNOLOGY  
OF FUNCTIONAL MATERIALS»**

*June 15-16, 2020*

Алматы  
«Қазақ университеті»  
2020

## ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

### **Председатели:**

**Буркитбаев М.М.** – Первый проректор КазНУ им. аль-Фараби, д.х.н., профессор.

**Вострецов А.Г.** – проректор по научной работе Новосибирского государственного технического университета, д.т.н., профессор.

### **Заместители председателя:**

Тасибеков Х.С. – к.х.н., асс.профессор, декан факультета химии и химической технологии КазНУ им. Аль-Фараби, Алматы, Казахстан

Уваров Н.Ф. – д.х.н., профессор, НГТУ, г. Новосибирск, Россия

Апарнев А.И. – к.х.н., доцент, зав. каф. ХХТ, НГТУ, Новосибирск, Россия

Аубакиров Е.А. – д.х.н., проф., зав. каф. физической химии, катализа и нефтехимии КазНУ им. аль-Фараби, Казахстан

**Ответственный секретарь:** к.х.н., доцент **Смагулова Н.Т.**

E-mail: [mrkik\\_htfmt@mail.ru](mailto:mrkik_htfmt@mail.ru); сот.т.: 8(702)541-97-65

*Спонсор организации и проведения конференции –  
к.х.н., профессор КазНУ им. аль-Фараби  
Сасыкова Л.Р. (грант «Лучший преподаватель вуза 2019 года»)*

**Материалы** 6-ой международной Российско-Казахстанской научно-практической конференции «Химические технологии функциональных материалов», 15-16 июня 2020 года. – Алматы: Қазақ университеті, 2020. – 215 с.

**ISBN 978-601-04-4624-3**

Синельникова Ю.Е., Уваров Н.Ф. Синтез нанокристаллического оксида магния термоллизом цитрата магния.....	160
Туктин Б.Т., Темирова А.М., Омарова А.А. Превращение низкомолекулярных углеводородов в ароматические углеводороды на модифицированных цеолитсодержащих катализаторах .....	163
Тимакова Е. В., Афонина Л.И. Ик спектроскопическое исследование солей висмута(III) с винной кислотой .....	165
Токсанбай А., Кубашева Ж., Оспанова А.К. Получение антибактериальных нанокompозитов на основе глинистых материалов .....	169
Улихин А.С., Уваров Н.Ф., Герасимов К.Б Проводимость бис(трифторметан)сульфонамида лития (LITFSI).....	169
Zh. Kh.Tashmukhambetova, L.R. Sassykova, Y.A. Aubakirov, A.Kh.Dangaliyeva, M.A.Kanatbayeva, A.E. Rustem. Новые катализаторы для технологии окисления толуола в жидкой фазе .....	173
Жаснакунов Ж. К., Сатывалдиев А. С. Получение стабилизированных нанокompозитов серебра и олова методом электроискрового диспергирования ...	178
Васильева Т. А., Бохонов Б.Б., Уваров Н. Ф. Исследование характеристик анодного оксидного слоя, полученного на поверхности олова .....	183
Zhang X., Maki-Arvela P., Palonen H., Murzin D.Y., Aubakirov Y.A., Tungatarova S.A., Baizhumanova T.S. Catalytic reforming of methane into synthesis-gas .....	185
Жаров В.А, Жуков Б.Д. Влияние перекиси водорода на состав железосодержащих растворов .....	189
Зима Т.М., Козлова А.В., Симоненко Е.В., Уваров Н.Ф. Гидротермальная обработка одномерных слоистых наноструктур полититаната натрия и образование литий титановой шпинели.....	193
Ордабаева А.Т., Мейрамов М.Г., Газалиев А.М., Мулдахметов З.М., Животова Т.С. Бинарные композитные катализаторы для процесса гидрогенизации угля шубаркольского месторождения .....	194
О.В. Никитёнок, А.Г. Баннов Исследование синтеза и модификации оксидов графита .....	197
Смагулова Н.Т., Каирбеков Ж.К., Малолетнев А.С. Гидрооблагораживание каменноугольной смолы с применением процесса озонлиза .....	199
Василина Г.К., Умбеткалива К.М., Талиева М.Х., Қалдыбаева А.К., Абдрасилова А.К., Хайыргельдинова А.Р., Василина Т.К. Характеристика и активность бифункциональных катализаторов на основе мезопористого алюмосиликата в процессе превращения n-гексадекана .....	202
Бакирова Б.С., Смагулова И.А., Рсалдина Д.Е. Каталитическая активность биметаллического катализатора Pd(II)(PVP)-Cu(II)(PVP) в окислении ОКТЕНА-1 .....	207
Т.С. Әбілдин, А.Ғ. Оңласын, Р.Қ. Нұрмұханбетов, А.М. Болат, Қ.Т. Еңсебаева Құрылысы әртүрлі алифатты және ароматты мононитрилдерді қаңқалы катализаторларда гидрлеу .....	210
Y.A. Aubakirov*, L.R. Sassykova, N. A. Buzayev, Zh. A. Suindikov, F. Zh. Akhmetova. Technology for producing Low-sulfur coke from oil residues .....	213

углеводородного состава фракции с т. кип. до 180°С с увеличением выхода ароматических углеводородов и снижением сернистых и непредельных соединений. Внедрение гидрогенизационных процессов переработки КУС и технологий обработки смолы озоном в коксохимии позволит увеличить степень полезного использования нативного углеводородного сырья и повысить качество получаемых дистиллятов и индивидуальных химических веществ.

### Список литературы

1. Литвиненко М.С., Носалевич И.М. Химические продукты коксования для производства полимерных материалов. – Харьков: Гос. науч.-тех. изд-во лит-ры по чер. и цвет. металлургии, 1962. – 278 с.
2. Макаров Г.Н., Харлампович Г.Д. Химическая технология твердых горючих ископаемых. – М.: Химия, 1986. – 312 с.
3. Семенова С.А., Гаврилюк О.М., Патраков Ю.Ф. Анализ компонентного состава групповых фракций каменноугольной коксохимической смолы // Вестник КузГТУ. 2010. №5. С.135.

### ХАРАКТЕРИСТИКА И АКТИВНОСТЬ БИФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ МЕЗОПОРИСТОГО АЛЮМОСИЛИКАТА В ПРОЦЕССЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ Н-ГЕКСАДЕКАНА

<sup>1,2</sup>Василина Г.К., <sup>1,2</sup>Умбеткалива К.М., <sup>1,2</sup>Талиева М.Х., <sup>1,2</sup>Қалдыбаева А.К.,  
<sup>1</sup>Абдрасилова А.К., <sup>2</sup>Хайыргельдинова А.Р., <sup>3</sup>Василина Т.К.

<sup>1</sup>Казахский национальный университет им. аль-Фараби

<sup>2</sup>НИИ Новых химических технологии и материалов

<sup>3</sup>Казахский Национальный Аграрный Университет

V\_gulzira@mail.ru

Гидроизомеризация и гидрокрекинг длинноцепных алканов, играют одну из ключевых ролей в нефтехимической промышленности, в которой тяжелые дистилляты и нефтяные остатки преобразовываются в более ценные продукты, такие, как бензин, топливо для реактивных двигателей, другие средние дистилляты и смазочные масла [1]. Разветвление цепи алканов в ходе процесса гидроизомеризации является одним из способов повышения октанового числа бензина и улучшения эксплуатационных качеств дизельного топлива при низких температурах [2,3]. Это особенно актуально для Казахстана с резко-континентальным климатом и низкими температурами воздуха зимой, достигающими иногда и до отметки -50°С. Такие показатели, как температура застывания, температура замерзания, вязкость и индекс вязкости значительно улучшаются при введении боковых цепей вдоль линейных углеводородных цепей [2, 3]. Для этих целей используют бифункциональные катализаторы, которые позволяют объединять гидрирующие-дегидрирующие функции металлических центров и изомеризирующие функции кислотных центров, отвечающих за перегруппировку карбениевого иона [2-5, 6]. В настоящее время в нефтеперерабатывающей промышленности нашей Республики используются в основном зарубежные Pt-содержащие катализаторы на основе синтетических цеолитов. Существенным недостатком катализаторов этого типа являются диффузионные ограничения транспорта крупных молекул в их пористой системе, приводящие к снижению селективности процесса по полиразветвленным изоалканам [2, 6, 7]. Решение этой проблемы может быть найдено путем создания катализаторов на основе мезоструктурированных алюмосиликатов, позволяющих превратить высшие нормальные

алканы, входящих в состав исходных дизельных фракций, в изомерные углеводороды разветвленного строения. В области разработки катализаторов изодепарафинизации актуальной тенденцией является проведение исследований, направленных на создание каталитических систем с уменьшенным содержанием дорогостоящих компонентов (замена платины на палладий, использование переходных металлов) [3, 5, 8-11]. Кроме этого платина, палладий придают к катализаторам дегидрирующие свойства, но они не обладают устойчивостью по отношению к отравляющему действию контактных ядов, присутствующих в дизельной фракции. Для решения этого вопроса, предлагается использовать катализаторы, промотированные металлами, такими как Ni и Mo. Это связано с тем, что катализаторы на их основе, обладают высокой гидрирующей активностью даже при значительном содержании серы в сырье.

Целью настоящей работы является сравнительный анализ бифункциональных катализаторов на основе мезопористого алюмосиликата, промотированных никелем и молибденом в процессе гидроизомеризации н-гексадекана.

Для синтеза мезоструктурированных алюмосиликатов с высоким содержанием алюминия был использован метод сополиконденсации тетраэтилортосиликата и вторичного буюксида алюминия [10, 12]. В качестве структурообразующего темплата был использован гексадециламин. Полученный образец стал кислотным компонентом носителя бифункционального катализатора, в качестве связующего агента использовался бентонит Таганского месторождения. Бифункциональные моно-металлические катализаторы 5% Ni/Al-HMS-H-bentonite и 1% Mo/Al-HMS-H-bentonite, были приготовлены с использованием метода влажной пропитки.

Характеристику пористых структур синтезированных образцов и значения площади поверхности БЭТ определялись с помощью стандартного метода адсорбции/десорбции азота с использованием сорбтометра Quanta ChromeAutosorb-6.

Упорядоченность пористой структуры синтезированных материалов анализировалась при использовании метода рентгеновского малоуглового рассеяния. Рентгенограммы были сняты на дифрактометре Rigaku D/MAX 2200 с источником радиации Cu K.

Для изучения активности синтезированных катализаторов в качестве модельного соединения использовали н-гексадекан, поскольку он входит в состав дизельной фракции.

Процесс каталитической конверсии н-гексадекана проводили в лабораторной установке с катализатором с неподвижным слоем под водородом в интервале температур 280-340 ° C; скорости подачи составляли 1 ч<sup>-1</sup>, соотношение водород / сырье составляло 1000 нм<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>, давление водорода в реакторе составляло 3 МПа. Анализ жидких продуктов проводился на хроматографе «Кристалл 5000» с линейным программированием температуры от 35 ° C до 250 ° C.

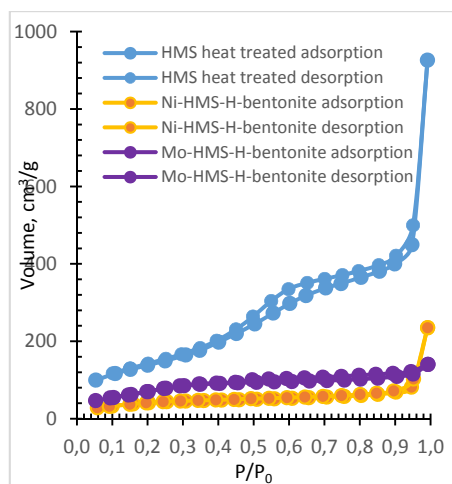


Рисунок 1 . Изотермы адсорбции-десорбции азота

## Al-HMS и промотированных Ni и Mo катализаторов

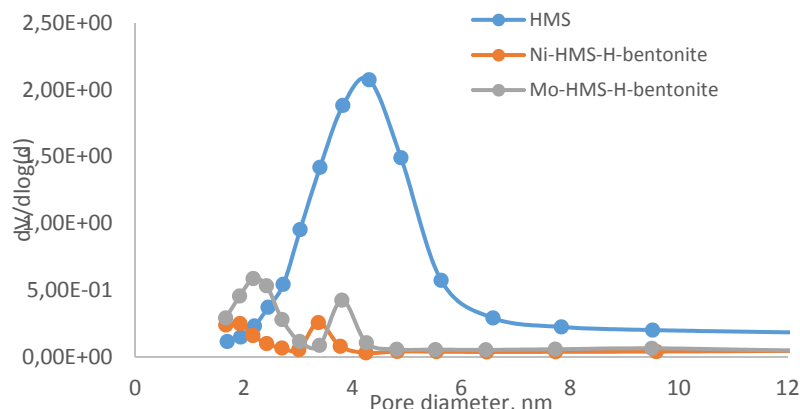


Рисунок 2. Распределение пор по размерам Al-HMS, Ni/HMS-H-bentonite и Mo/HMS-H-bentonite

Таблица 1. Физические свойства образцов

Samples	SSA, м <sup>2</sup> /г	Объем пор, см <sup>3</sup> /г	Средний диаметр пор, нм
HMS	511.0	1.469	3.82
Ni/ Al-HMS-H-bentonite	151.7	0.3565	1.67
Mo/ Al-HMS -H-bentonite	283.6	0.2166	2.17

Изотермы адсорбции/десорбции азота на всех исследованных образцах (рис. 1) относятся к типу IV по классификации Брунауэра, Эммета и Теллера, наличие в нем петли гистерезиса, а также узкое распределение пор по размерам указывают их упорядоченная структура пор в мезопористом диапазоне [11]. Как следует из данных, приведенных на рис. 1, изотерма адсорбции/десорбции азота для образца Al-HMS характеризуется более широкой петлей гистерезиса по сравнению с образцами Ni/Al-HMS-H-бентонит и Mo/Al-HMS-H-бентонит, которые вероятно, из-за наличия более крупных пор в Al-HMS. Раскрытие образцов катализаторов на основе мезопористого алюмосиликата никелем и молибденом приводит к значительным изменениям структурных характеристик катализатора (рис. 2). На кривой распределения пор по размерам по эффективным диаметрам наблюдаются три максимума, один из которых соответствует мезопористому алюмосиликату, второй - бентониту и третий - промотирующей добавке. Площадь поверхности, средний диаметр пор и объем пор снизились с 511 м<sup>2</sup>/г до 151,7 м<sup>2</sup>/г, с 3,82 нм до 2,17 нм и с 1,47 см<sup>3</sup>/г до 0,21 см<sup>3</sup>/г, соответственно, в результате пропитки Ni и Mo (Таблица 1). Эти результаты показали, что большая часть Ni и Mo была проникнута в мезопоры и осаждена на поверхности пор этого катализатора. Этому также способствовало смещение распределения пор по размерам в сторону более мелких пор в результате пропитки Ni и Mo (Рис 2). Эти результаты показали, что некоторая доля никеля была нанесена на внешнюю поверхность Al-HMS для Ni/Al-HMS-H-bentonite и Mo/Al-HMS-H-bentonite.

Для подтверждения мезопористости и упорядоченности пористой структуры синтезированных материалов был использован метод рентгеновского рассеяния. На рисунке 3 представлена рентгенограмма малоуглового рассеяния мезопористого образца Al-HMS, согласно которому присутствие выраженного пика в области значений углов  $2\theta$  2,1° свидетельствует о наличии мезопористой структуры. Для образцов Al-HMS и Mo/HMS-H-bentonite пик интенсивности находится в области 2,1°, а для Ni/HMS-H-bentonite – 2,3°, что при длине волны используемого излучения соответствует межплоскостным расстояниям 4,2, и 3,9 нм, соответственно.

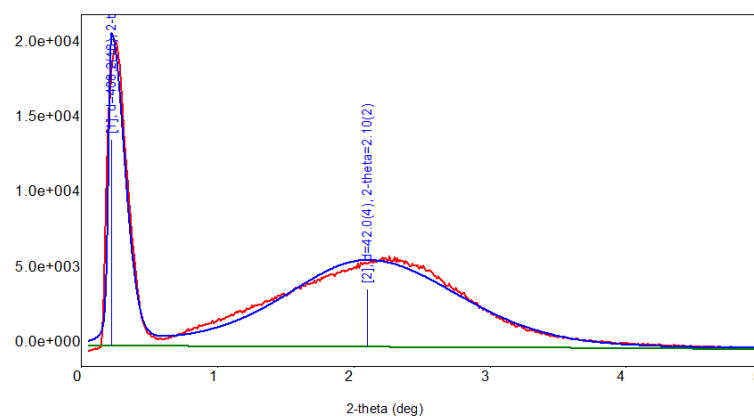


Рисунок 3. Рентгенограмма малоуглового рассеяния мезопористого алюмосиликата Al-HMS

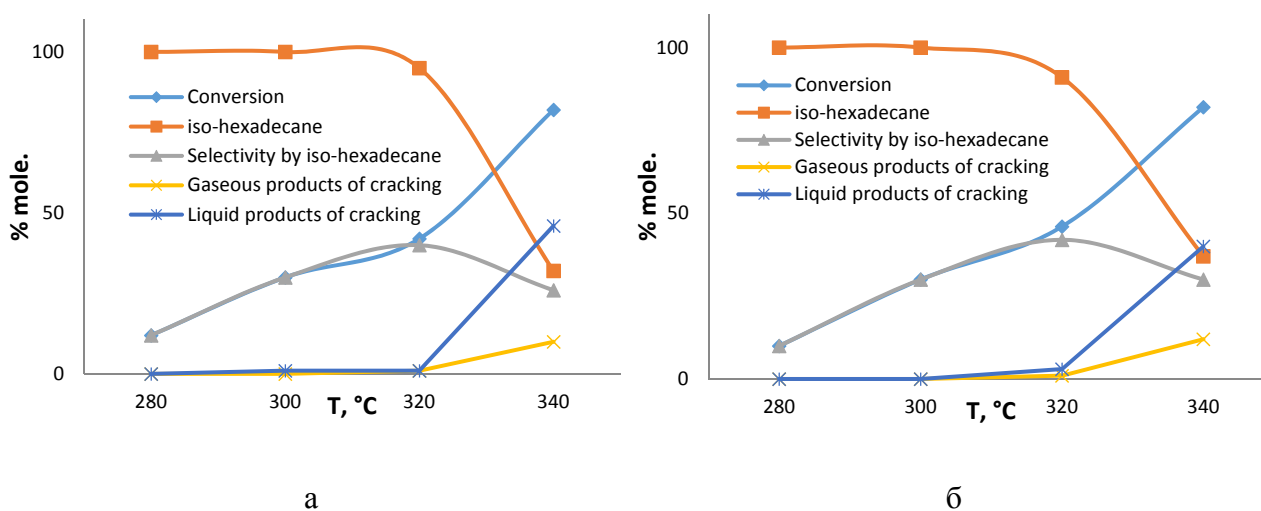


Рисунок 4. Каталитическая активность Ni/ Al-HMS-H-bentonite (а) и Mo/Al-HMS-H-bentonite (б) в процессе превращения н-гексадекана

Каталитическая конверсия н-гексадекана на катализаторах Ni/Al-HMS-H-bentonite (а) и Mo/ Al-HMS-H-bentonite (b) представлена на рисунке 4. Из полученных экспериментальных данных видно, что в условиях низкотемпературного алюмосиликатного катализа (320 °С) основным направлением превращения гексадекана является процесс изомеризации. Следует также отметить, что изомерные структуры гексадекана получают за счет процесса изомеризации, без участия крекинга. При повышении температуры от 320 °С до 340 °С наряду с реакциями изомеризации, протекают также реакции крекинга. Наибольший выход целевых продуктов (изо-С<sub>16</sub>H<sub>34</sub>) при гидроизомеризации н-гексадекана наблюдается на образце катализатора Mo/ Al-HMS-H бентонит при температуре 320 °С и составляет 42 масс. % при селективности 91 %. Немного низкая активность образца Ni/Al-HMS-H-bentonite в исследуемом процессе вероятно обусловлена низкой кислотностью, необходимой для проведения гидроизомеризации н-гексадекана [13, 14].

Таким образом, был синтезирован упорядоченный мезопористый алюмосиликат методом сополиконденсации. Наличие мезопористой и упорядоченной структуры в алюмосиликате и катализаторах на его основе подтверждено данными низкотемпературной адсорбции/десорбции азота и дифракции рентгеновских лучей. Каталитическая активность



Ni/Al-HMS-H-bentonite и Mo/Al-HMS-H-bentonite была исследована в процессе превращения n-гексадекана. Показано, что наибольшей активностью и селективностью в процессе гидроизомеризации n-гексадекана при оптимальных условиях (320 °C, 1 ч<sup>-1</sup>) обладает образец промотированный молибденом катализатор на основе Al-HMS. Выход изопарафинов на этом образце составляет 42 масс.% при селективности 91 %

### Литература

- [1] V. M. Benitez, J. C. Yori, J. M. Grau, C. L. Pieck, and C. R. Vera, Hydroisomerization and Cracking of n-Octane and n-Hexadecane over Zirconia Catalysts, *Energy & Fuels* 20 (2006) 422-426.
- [2] M. Zhang, Y. Chen, L. Wang, Q. Zhang, C.-W. Tsang, and C. Liang, Shape Selectivity in Hydroisomerization of Hexadecane over Pt Supported on 10-Ring Zeolites: ZSM-22, ZSM-23, ZSM-35, and ZSM-48, *Ind. Eng. Chem. Res.* 55 (2016) 6069-6078.
- [3] Liu Y., Hanaoka T., Murata K., Sakanishi K. Hydroisomerization and hydrocracking of long chain n-alkane and Fischer-Tropsch wax over bifunctional Pt-promoted Al-HMS catalysts, *Recent Progress in Mesoporous Materials*. Elsevier (2007) 781-785.
- [4] M. Shamzhy, M. Opanasenko, P. Concepcion and A. Martinez, *New trends in tailoring active sites in zeolite-based catalysts*, The Royal Society of Chemistry, 2019.
- [5] M. Abdi-Khanghah, M. Adelizadeh, Z. Naserzadeh, Z. Zhang, N-decane hydro-conversion over bi- and tri-metallic Al-HMS catalyst in a mini-reactor, *Chinese Journal of Chemical Engineering* 26 (2018) 1330-1339.
- [6] A. Soualah, J.L. Lemberton, L. Pinard, M. Chater, P. Magnoux, K. Moljord, Hydroisomerization of long-chain n-alkanes on bifunctional Pt/zeolite catalysts: Effect of the zeolite structure on the product selectivity and on the reaction mechanism, *Applied Catalysis A: General* 336 (2008) 23-28.
- [7] R. Henry, M. Tayakout-Fayolle, P. Afanasiev, C. Lorentz, G. Lapisardi, G. Pirngruber, Vacuum gas oil hydrocracking performance of bifunctional Mo/Y Zeolite catalysts in a semi-batch reactor, *Catal. Today* 220-222 (2014) 159-167.
- [8] G. Muthukumar, S. Garg, K. Soni, M. Kumar, J.K. Gupta, L.D. Sharma, K.S. Rama Rao, G. Muralidhar, Synthesis and characterization of acidic properties of Al-SBA-15 materials with varying Si/Al ratios, *Microporous and Mesoporous Materials* 114 (2008) 103-109.
- [9] A.V. Vutolkina, A.P. Glotova, A.V. Zanina, D.F. Makhmutova, A.L. Maximov, S.V. Egazar'yantsa, E.A. Karakhanova, Mesoporous Al-HMS and Al-MCM-41 supported Ni-Mo sulfide catalysts for HYD and HDS via in situ hydrogen generation through a WGS, *Catalysis Today* 329 (2019) 156-166.
- [10] T. Chiranjeevi, G. Muthukumar, J.K. Gupta, G. Muralidhar, Synthesis and characterization of acidic properties of Al-HMS materials of varying Si/Al ratios, *Thermochimica Acta* 443 (2006) 87-92.
- [11] R. Huirache-Acuna, B. Pawelec, C.V. Loricera, E.M. Rivera-Munoz, R. Nava, B. Torres, J.L.G. Fierro, Comparison of the morphology and HDS activity of ternary Ni(Co)-Mo-W catalysts supported on Al-HMS and Al-SBA-16 substrates, *Appl. Catal. A* 125 (2012) 473-485.
- [12] G. Vassilina, R. Moisa, T. Abildin, A. Khayr Geldinova, K. Umbetkaliyeva, *Synthesis of Mesoporous Aluminosilicates*, 2016 International Conference on Computational Modeling, Simulation and Mathematics. – Bangkok, Thailand (2016) 308-311.
- [13] G. Cordoba, R. Arroyo, J.L.G. Fierro, M. Viniegra, *J. Solid State Chem.* 123 (1996) 93-99.
- [14] B. Mile, D. Stirling, M.A. Zammit, A. Lovell, M.J. Webb, *J. Catal.* 114 (1998) 217-227.

*Настоящая работа выполняется в рамках проекта АР08052032 «Разработка технологии получения новых катализаторов на основе мезопористых алюмосиликатов для производства дизельного топлива с улучшенными низкотемпературными свойствами».*