

**Секция 11  
ПЕРЕРАБОТКА УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ И ПОЛУЧЕНИЕ  
НЕФТЕПРОДУКТОВ ДЛЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ  
АРКТИКИ**

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО  
СЫРЬЯ И ПОЛУЧЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ ДЛЯ УСЛОВИЙ АРКТИКИ**

**В.И. Ерофеев, академик РАЕН, профессор,  
Заслуженный деятель науки РФ**

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
г. Томск, Россия*

В конце XX и в начале XXI века на Арктическом побережье и шельфе были открыты ряд крупных месторождений нефти и газа, что послужило поводом для споров между Россией, Норвегией, Канадой, США, Финляндией и другими странами о принадлежности и разделе различных пограничных территорий Арктики. В последние годы российскими геологами были открыты крупные месторождения нефти и газа на шельфах Баренцева, Карского, Лаптевых и Восточно-Сибирского морей Российской Арктической зоны. Разведанные запасы Арктической зоны в целом, включая шельфы и побережье Арктики, геологами оцениваются примерно в 20–25 % мировых запасов углеводородного сырья.

В настоящее время в Российской арктической зоне крупные прогнозные запасы нефти и газа содержат Тимано-Печорская, Енисейско-Лаптевская, Баренцево-Карская, Индиго-Чукотская и другие нефтегазовые территории. Например, открытое Штокмановское месторождение содержит более 4 000 млрд. м<sup>3</sup> газа. Также в акватории Карского моря были разведаны и открыты крупнейшие газоконденсатные месторождения. Важно отметить, что по прогнозам ведущих мировых экспертов к 2020-2030 годам потребление нефти и газа вырастет на 20-30 % по сравнению с настоящим уровнем потребления этих энергоресурсов. Также резко возрастет потребность в этих видах углеводородного сырья для предприятий нефтегазохимической промышленности.

Разработка арктического шельфа потребует интенсивного развития инноваций во всех сферах хозяйственной деятельности: разработка новых технологий добычи и разработки нефтяных и газовых месторождений в суровых климатических условиях Арктики, необходимо разрабатывать специальные сорта и марки получения металлических трубопроводов, конструкций, аппаратов, полимеров и пластмасс, выдерживающих без потери эксплуатационных свойств и характеристик температуру до – 55–65 °С, а также высоколиквидные низкозастывающие моторные топлива (высокооктановые бензины, керосины, дизельные топлива) и масла для автомобильной, авиационной и морской техники, не замерзающие при – 60 – 65 °С и ниже. В настоящее время наряду с нефтью все больший вклад в общий сырьевой баланс многих нефтегазодобывающих стран мира вносят различные виды легкого углеводородного сырья: природный и попутные нефтяные газы, газовые конденсаты, газогидраты, что требует огромных затрат для их добычи и глубокой химической переработки в различные ценные продукты.

В связи с этим, на современном этапе нефтегазохимия играет существенную роль в разработке новых технологий по переработке углеводородных фракций, различных видов легкого углеводородного сырья: природного и попутных

нефтяных газов  $C_1$ - $C_4$ , создании новых более эффективных катализаторов и процессов их переработки в низшие олефины, арены, моторные топлива и другие ценные продукты [1-14]. Важное значение играют новые процессы синтеза этилена, пропилена, изобутена, альфа-олефинов, аренов, спиртов, эфиров и других продуктов [15-20]. В настоящее время основным методом их синтеза является термический пиролиз прямогонных бензинов, легких углеводородных фракций  $C_2$ - $C_4$ , ШФЛУ и другие виды органического и углеводородного сырья. Также низшие олефины  $C_2$ - $C_4$  частично получают при каталитическом крекинге и при дегидрировании парафинов. Также необходимо отметить, что при разработке новых нефтехимических процессов важно создание и разработка активных и долговечных катализаторов, обладающих высокой активностью и селективностью в образовании целевых продуктов. Наиболее перспективные технологии в газохимии связаны с вовлечением в переработку газовых конденсатов, попутного и природного газа на новых модифицированных наноструктурированных цеолитных системах, позволяющие превращать метан в этилен, арены, высокооктановые компоненты моторных топлив [15-21].

Таким образом, в заключение необходимо отметить, что для переработки легкого углеводородного сырья важнейшими признаны технологии, связанные в переработкой природных и попутных нефтяных газов в синтез-газ, конверсия синтез-газа в метанол и в дальнейшем в низшие олефины, арены, высокооктановые бензины и другие ценные продукты.

### Литература

1. Арутюнов В.С., Лapidус А.Л. Газохимия как ключевое направление развития энергохимических технологий XXI века. // Рос. хим. ж. – 2003. – Т. 47. – № 2. – С. 23 – 32.
2. Барбашин Я.Е., Рябов Ю.В., Восмериков А.В., Величкина Л.М., Коробицына Л.Л., Ерофеев В.И. Дезактивация цеолитных катализаторов в процессах превращения метанола, гексана и бензиновой фракции газового конденсата. // Нефтепереработка и нефтехимия. – 1998. – № 8. – С. 17 – 21.
3. Брагинский О.Б., Шлихтер Э.Б. Мировая нефтепереработка: экологическое измерение. – М.: Академия, 2003. – 262 с.
4. Восмериков А.В., Ерофеев В.И. Исследование каталитической активности Ga – содержащих цеолитов в процессе ароматизации низших алканов. // Журнал прикладной химии. – 1994. – Т. 67. – Вып. 7. – С. 1152 – 1156.
5. Ерофеев В.И. Проблемы и перспективы развития нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности России. // В сб.: Проблемы геологии и освоения недр. Труды XVII Межд. симпозиума им. акад. М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 150-летию со дня рождения акад. В.А. Обручева и 130-летию акад. М.А. Усова, основателей Сибирской горно-геологической школы. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. 2013. С. 44 – 47.
6. Ерофеев В.И. Современные процессы нефте – и газопереработки. // В сб.: Проблемы геологии и освоения недр. Труды XVIII Межд. симпозиума им. акад. М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 115-летию со дня рождения акад. Академии наук СССР, профессора К.И. Сатпаева, 120-летию со дня рождения члена-корреспондента Академии наук СССР, профессора Ф.Н.

## СЕКЦИЯ 11. ПЕРЕРАБОТКА УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ И ПОЛУЧЕНИЕ НЕФТЕПРОДУКТОВ ДЛЯ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ АРКТИКИ

---

- Шахова. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. 2014. С. 147 – 151.
7. Ерофеев В.И., Восмериков А.В., Коробицына Л.Л., Соловьев А.И. Превращение нефтяных газов на модифицированных цеолитных катализаторах // Нефтехимия. – 1990. – Т. 30. – № 4. – С. 496 – 500.
  8. Erofeev V.I., Adyaeva L.V., Ryabov Yu.V. Pyrolysis of straight-run Naphtha on ZSM-5 Zeolites modified with alkaline-earth metal cations // Russian Journal of Applied Chemistry. – 2001. – V. 74. – N 2. – P. 235 – 237.
  9. Erofeev V.I., Adyaeva L.V., Kukhareno O.A. Effect of high-temperature treatment of Pentasils on their acid catalytic properties in conversion of straight-run Naphthas // Russian Journal of Applied Chemistry. – 2001. – V. 74. – N 11. – P. 1846 – 1849.
  10. Erofeev V.I., Adyaeva L.V. Transformations of straight-run Naphthas on Indium-modified pentasils // Russian Journal of Applied Chemistry. – 2003. – V. 76. – N 7. – P. 1083 – 1088.
  11. Erofeev V.I., Adyaeva L.V., Ryabova N.V. Effect of high-temperature steam treatment of high-silica Zeolites of the ZSM-5 type on their acidity and selectivity of Formation of lower olefins from straight-run Naphthas // Russian Journal of Applied Chemistry. – 2003. – V. 76. – N 1. – P. 95 – 98.
  12. Erofeev V.I., Medvedev A.S., Koval L.M., Khomyakov I.S., Erofeev M.V., Tarasenko V.F. Effect of UV Activation on acid and catalytic properties of zeolite-containing Catalysts in conversion of gas-condensate straight-run Gasolines to high-octane Gasolines//Russian Journal of Applied Chemistry. – 2011. – V. 84. – N 10 – P. 1760 – 1766.
  13. Erofeev V.I., Trofimova A.S., Koval L.M., Ryabov Yu.V. Acidity and catalytic properties of Cu-ZSM-5 in conversion of lower alkanes // Russian Journal of Applied Chemistry. – 2000. – V. 73. – N 12. – P. 2057 – 2061.
  14. Korobitsyna L.L., Velichkina L.M., Antonova N.V., Vosmerikov A.V., Erofeev V.I. Physicochemical and catalytic properties of iron-containing Zeolites // Russian Journal of Physical Chemistry. – 1997. – V. 71. – N 1. – P. 54 – 57.
  15. Мановян А.К. Технология переработки природных энергоносителей. – М.: Химия, КолосС, 2004. – 456 с.
  16. Медведев Ю.В., Иванов В.Г., Середа Н.И., Польшгалов Ю.И., Ерофеев В.И., Коровин С.Д., Ерофеев М.В., Соснин Э.А., Суслов А.И., Тарасенко В.Ф., Истомин В.А. Воздействие мощного ультрафиолетового излучения на поток природного газа в проточном фотореакторе // Наука и техника в газовой промышленности. – 2004. – № 3-4. – С. 83 – 87.
  17. Ryabov Yu.V., Erofeev V.I. Carbonization of high-silica Zeolites during the conversion of methanol to hydrocarbons // Russian Chemical Bulletin. – 1986. – V. 35. – N 9. – P. 1785 – 1789.
  18. Tretyakov V.F., Lermontov A.S., Makarfi Yu.I., Yakimova M.S., Frantsuzova N.A., Koval L.M., Erofeev V.I. Synthesis of Motor Fuels from Bioethanol // Chemistry and Technology of Fuels and Oils. – 2008. – V.44. – N 6. – P. 409 – 414.
  19. Trofimova A.S., Koval L.M., Erofeev V.I. Synthesis of Lower Olefins from C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> Alkanes on ZSM-5 Zeolites Modified with Alkali Metals.// Rus. J. of Physical Chemistry. – 2000. – V. 74. – Suppl. 3. – pp. S537–S540.
  20. Трофимова А.С., Ерофеев В.И., Коваль Л.М. Получение низших олефинов из алканов C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> на цеолитах ZSM-5, модифицированных литием.// Журнал физической химии. – 2002. – Т. 76. – № 6. – С. 1034 – 1037.

21. Erofeev V.I., Khomyakhov I.S., Egorova L.A. Production of high-octane Gasoline from straight-run Gasoline on ZSM-5 modified Zeolites // Theoretical Foundations of Chemical Engineering. –2014. – V. 48. – N 1. – P. 71 – 76.

**ПОЛУЧЕНИЕ НИЗКОЗАСТЫВАЮЩИХ МАСЕЛ НА ОСНОВЕ ОЛИГОМЕРОВ  
ДЕЦЕНА НА МИКРО- И МИКРО-МЕЗОПОРИСТЫХ ЦЕОЛИТАХ Y  
В.Р. Бикбаева<sup>1</sup>, С.В. Бубеннов<sup>2</sup>, Н.Г. Григорьева<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Уфимский государственный нефтяной технический университет, г. Уфа, Россия*  
<sup>2</sup>*Институт нефтехимии и катализа Российской академии наук, г. Уфа, Россия*

Среди синтетических масел наиболее востребованными являются поли- $\alpha$ -олефиновые масла, которые обладают наилучшим сочетанием физико-химических свойств [1]. Важным свойством поли- $\alpha$ -олефинов (ПАО) является низкая температура застывания (-70-80°C), что особенно актуально при работе в условиях Крайнего Севера. В настоящее время смазочные масла производят на нефтяной и синтетической основе. Основные преимущества синтетических масел перед нефтяными - их высокая термоокислительная стабильность, улучшенная смазочная способность, меньшая испаряемость при работе в двигателях, более пологая вязкостно-температурная кривая.

Промышленное производство ПАО включает стадии олигомеризации  $\alpha$ -олефинов C<sub>8</sub>-C<sub>14</sub>, гидрирование полученных олигомеров и их разделение на фракции [1]. Традиционными кислотными катализаторами процессов катионной олигомеризации являются комплексы хлорида алюминия или фторида бора. Применение указанных катализаторов приводит к многостадийности процессов, образованию отходов и побочных продуктов, высокой коррозионной опасности и токсичности, и в итоге - к увеличению затрат на производство.

Поэтому во всем мире ведется поиск и разработка новых, эффективных способов олигомеризации олефинов, позволяющих решить существующие технологические и экологические проблемы.

Целью настоящей работы является разработка эффективного гетерогенно-каталитического способа олигомеризации децена-1 в присутствии цеолитных катализаторов с микропористой и комбинированной микро-мезопористой структурой.

В работе в качестве микропористого катализатора исследовали цеолит H-Y, микро-мезопористый - гранулированный без связующих веществ цеолит H-Y-МММ, в пористой структуре которого сочетается микропористая структура самого цеолита Y и мезопоры (а также макропоры), сформировавшиеся между сростками кристаллов цеолита [2]. Фазовый состав цеолитов охарактеризован с помощью рентгенофазового анализа; пористая структура - методами низкотемпературной адсорбции-десорбции азота и ртутной порометрии, кислотные свойства - инфракрасной спектроскопии с использованием низкотемпературной адсорбции молекулы-зонда CO. Олигомеризацию децена-1 осуществляли в непрерывно вращающихся термостатированных автоклавах в присутствии 10-30 % мас. катализатора, при 150-250°C в течение 3-5 ч. Продукты реакции олигомеризации децена-1 анализировали методом газожидкостной и высокоэффективной жидкостной хроматографии. Идентификацию продуктов осуществляли методами хромато-масс-спектрометрии, ИК-, <sup>1</sup>H- и <sup>13</sup>C- ЯМР-спектроскопии.