

УДК 544.478.1, 544.478.1, 547.91, 547.21

## ПРЕВРАЩЕНИЕ *n*-ПАРАФИНОВ C<sub>19</sub>–C<sub>38</sub> В КОМПОНЕНТЫ КЕРОСИНОВЫХ И ДИЗЕЛЬНЫХ ТОПЛИВ НА Pt-СОДЕРЖАЩЕМ АМОРФНОМ АЛЮМОСИЛИКАТЕ

С.В. Лысенко, А.Б. Куликов\*, М.И. Онищенко\*, А.Л. Максимов, Э.В. Рахманов,  
Э.А. Караханов

(кафедра химии нефти и органического катализа Московского государственного  
университета имени М.В. Ломоносова; e-mail: evrakhmanov@rambler.ru)

Исследовано поведение Pt-содержащих катализаторов на основе мезопористого аморфного алюмосиликата в процессе гидроконверсии C<sub>19</sub>–C<sub>38</sub> *n*-парафинов в целях получения дизельных и керосиновых фракций с улучшенными низкотемпературными свойствами. Для этих систем характерны высокая эффективность и селективность в процессе получения дизельных и керосиновых фракций. Удалось достичь 91%-й конверсии сырья с 76%-м выходом жидких углеводородов (320°C, объемная скорость подачи сырья 0,5 ч<sup>-1</sup>, мольное соотношение водород:сырье = 600:1, давление 50 атм. Температура начала кристаллизации выделенной керосиновой фракции < -50°C, а предельная температура фильтруемости дизельной фракции составляет -34°C.

**Ключевые слова:** гидрокрекинг, гидроизомеризация, альтернативное сырье, алюмосиликаты, арктические дизельные топлива, авиационный керосин.

Возрастающий интерес к освоению арктических территорий вызывает все большую потребность в низкозастывающих моторных топливах. Традиционно зимнее дизельное топливо и авиакеросин получают из нефтяного сырья [1]. Однако качество нефтяного сырья постоянно ухудшается, а его добыча отягощена проблемами извлечения. Кроме того, тяжелый состав добываемой в настоящее время нефти обуславливает необходимость привлечения новых способов ее переработки [2, 3].

В этой связи актуальной становится задача вовлечения в переработку альтернативных источников сырья. Такими источниками могут быть целлюлоза [4], непищевые растительные масла [5–7], животные жиры [8], а также продукты конверсии синтез-газа [9, 10]. Во всех случаях их переработка позволяет получать различные углеводороды (УВ), чаще всего – длинноцепочечные алканы, которые затем можно использовать для получения компонентов моторных топлив. Однако их применение несколько ограничено ввиду того, что как при гидродеоксигенации растительных масел и животных жиров, так и при превращении синтез-газа в углеводороды образуются преимущественно *n*-парафины, низкотемпературные свойства которых не позволяют использовать их как топливные компоненты в условиях холодного климата. Кроме

того, их температура кипения может превышать верхний предел топливных фракций. Таким образом, возникает необходимость дополнительной переработки таких *n*-алканов в *изо*-алканы путем их гидроконверсии, включающей процессы гидрокрекинга с образованием более легких углеводородов, и гидроизомеризации, которая способствует получению разветвленных молекул [11].

Катализаторами процессов являются бифункциональные системы, состоящие из носителя, обладающего кислотными свойствами, и металла (металлов), выполняющих гидрирующую функцию. Можно обозначить следующие стадии превращения компонентов сырья:

дегидрирование алкана на металлическом активном центре катализатора и образование соответствующего олефина;

протонирование олефина на кислотном центре катализатора с образованием иона алкилкарбения; перегруппировка алкилкарбениевого иона путем образования циклического переходного состояния;

депротонирование;

гидрирование на металлическом активном центре с образованием соответствующего парафина [12]. Варьирование кислотных свойств носителя позволяет контролировать распределение продуктов гидроконверсии. Например, на цеолитных

\*Институт нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН.

катализаторах зачастую образуются более легкие продукты бензиновой фракции [13], а выход средних дистиллятов удастся повысить за счет использования подложек катализаторов с умеренной кислотностью, каковыми являются аморфные алюмосиликаты и силикоалюмофосфаты [14]. Кроме того, в ряде работ установлено, что развитая пористая структура и большой диаметр пор носителя способствуют образованию внутри них ди- и три-разветвленных алканов, а также обеспечивают легкую диффузию длинноцепочечных исходных молекул *n*-алканов и продуктов конверсии. Использование авторами большинства публикаций благородных металлов в качестве гидрирующих компонентов обусловлено как их высокой удельной активностью (в сравнении, например, с никелем), так и отсутствием в составе сырья гетероатомных соединений, служащих зачастую причиной «отравления» катализатора [15]. Для исследования свойств катализаторов гидроизодепарафинизации наиболее часто в качестве модели используют либо индивидуальные длинноцепочечные алканы, либо их смеси [16–18].

В настоящей работе исследовано поведение Pt-содержащих катализаторов на основе аморфного алюмосиликата в процессе гидроконверсии модельного сырья, содержащего *n*-парафины C<sub>19</sub>–C<sub>38</sub> в целях получения дизельных и керосиновых фракций, обладающих улучшенными низкотемпературными свойствами.

## Экспериментальная часть

### Реагенты и материалы

Для синтеза катализаторов в работе использовали следующие реагенты: тетраэтилоортосиликат (Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub>, 98%-й), три-втор-бутоксид алюминия (Al(OC<sub>4</sub>H<sub>9</sub>)<sub>3</sub>, 99,9%-й), гексадециламин (C<sub>16</sub>H<sub>33</sub>NH<sub>2</sub>, 98%-й), пропанол-2 (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O, «х.ч.»), гексахлороплатинат водорода (H<sub>2</sub>PtCl<sub>6</sub>×6H<sub>2</sub>O, Pt 38,57 мас.%), бемит Pural SB-1 (78 мас.% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), вода дистиллированная.

Для каталитического эксперимента и анализа продуктов превращения использовали парафин нефтяной твердый П2 по ГОСТ 23683-89 с T<sub>пл</sub> = 54°C, водород (99,99%) и гелий (99,99%).

### Получение и физико-химический анализ катализаторов

Аморфный алюмосиликат, использованный в качестве носителя катализаторов, получали из реакционной смеси 1,0Si(OC<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>4</sub>:0,1Al(OC<sub>4</sub>H<sub>9</sub>)<sub>3</sub>:8,3C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>O:0,25C<sub>16</sub>H<sub>33</sub>NH<sub>2</sub>:100H<sub>2</sub>O. Сначала смесь выдерживали при комнатной температуре в течение 6 ч при интенсивном перемешивании,

а затем оставляли без перемешивания на 20 ч. Полученный материал отделяли от маточного раствора фильтрованием, промывали большим количеством дистиллированной воды, затем высушивали при 110°C в течение 24 ч, медленно (2 °C/мин) повышали температуру до 550°C и выдерживали в течение 6 ч.

Полученный алюмосиликат формовали в виде гранул с использованием бемита в качестве связующего компонента. При этом содержание Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в формованном образце составляло 30 мас. %.

Нанесение платины на формованный носитель проводили методом пропитки по влагоемкости с использованием водного раствора гексахлороплатината водорода (H<sub>2</sub>PtCl<sub>6</sub>), при этом пропиточный раствор содержал такое количество платины, которое при нанесении обеспечивает ее массовое содержание по отношению к массе носителя, равное 0,5 и 1,0 мас. %.

Полученные образцы были обозначены как X% Pt/Al–Si/*n*, где X – содержание Pt (мас. %), Al–Si – аморфный алюмосиликат, *n* – содержание Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в катализаторе (мас. %).

Структурные характеристики синтезированного носителя устанавливали методом рентгенофазового анализа. Рентгенограммы получали на дифрактометре «SAXSess» производства «Anton Paar», излучение CuKα, λ = 1,5418 Å.

Содержание кремния и алюминия в синтезированном аморфном алюмосиликате определяли методом атомно-абсорбционной спектрометрии на приборе «AAnalyst» производителя «PerkinElmer». Предварительно готовили сплав алюмосиликата со смесью тетрабората и фторида лития, после чего сплав растворяли в винной кислоте.

Локализацию атомов алюминия в структуре алюмосиликата определяли по данным спектроскопии ЯМР твердого тела на ядрах <sup>27</sup>Al на приборе «Varian Unity Inova AS 500». Образец помещали в ZrO<sub>2</sub> ротор и вращали в датчике со скоростью 15 кГц. Химический сдвиг отсчитывали относительно раствора AlCl<sub>3</sub>.

Кислотные свойства носителя катализаторов определяли методом термопрограммированной десорбции аммиака (ТПД–NH<sub>3</sub>) на приборе «УСГА-101». Образец помещали в кварцевый реактор, где его обрабатывали в токе гелия при 500°C в течение 1 ч. Насыщение аммиаком в смеси с азотом проводили при 60°C в течение 15 мин. Удаление физически адсорбированного аммиака проводили при 100°C в токе гелия в течение 1 ч со скоростью продувки гелия 30 мл/мин, затем образец охлаждали. Для получения кривой ТПД–NH<sub>3</sub> образец нагревали в токе гелия (30 см<sup>3</sup>/мин) до 800°C со



колонке с фазой SE-30 (30 м × 0,25 мм). Для идентификации продуктов использовали базу данных прибора.

Выходы (в мас.%) УВ-газов ( $C_1$ – $C_4$ ), бензиновой ( $T_{н.к.} -174^\circ\text{C}$ ), дизельной (174–343 $^\circ\text{C}$ ) и остаточной (>343 $^\circ\text{C}$ ) фракций определяли как массовую долю соответствующей фракции в катализате.

Проведение испытаний в целях определения низкотемпературных характеристик выделенных керосиновых и дизельных фракций выполняли в соответствии с [20].

### Результаты и обсуждение

Рентгенофазовый анализ полученного алюмосиликата показал отсутствие рефлексов в области  $2\theta = 10$ – $50^\circ$ , что указывает на рентгеноаморфный характер материала, образующего стенки алюмосиликатных пор, и свидетельствует об отсутствии ближнего порядка в структуре. Однако по наличию интенсивного рефлекса в малоугловой области при  $2\theta = 2,4^\circ$  можно отметить, что для синтезированного материала характерно наличие дальнего порядка системы упорядоченных мезопор [21].

Атомно-адсорбционный анализ алюмосиликата Al–Si показал, что атомное соотношение Si/Al в материале близко к мольному соотношению прекурсоров кремния и алюминия в реакционной смеси и равно 10, что указывает на количественное осаждение компонентов алюмосиликата. Метод ЯМР на ядрах  $^{27}\text{Al}$  подтвердил координирование атомов алюминия в структуре носителя, т.е. их присутствие в октаэдрическом и тетраэдрическом окружении, о чем свидетельствуют характеристические сигналы на спектре в области 1 и 53 м.д. соответственно (рис. 2).

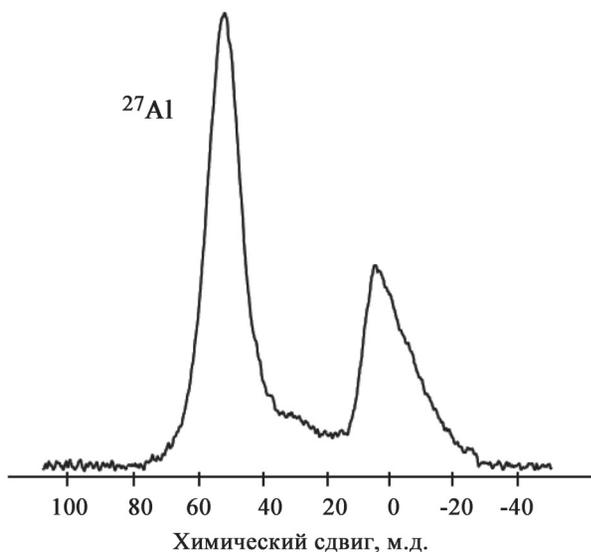


Рис. 2.  $^{27}\text{Al}$  ЯМР-спектр алюмосиликата Al–Si

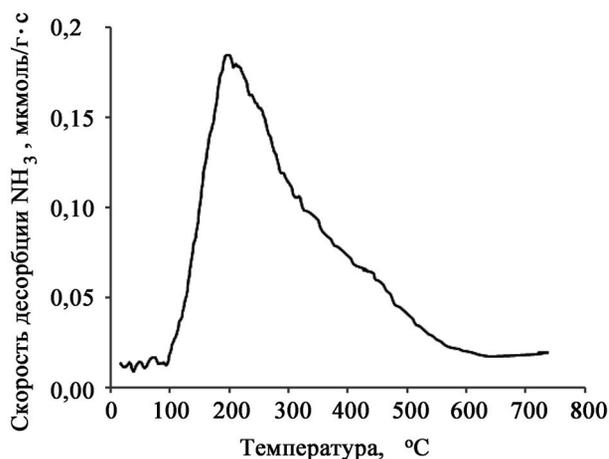


Рис. 3. Спектр ТПД  $\text{NH}_3$  алюмосиликата Al–Si

Наличие кислотных свойств у синтезированного алюмосиликата подтверждено данными метода ТПД– $\text{NH}_3$ : на кривой температурной зависимости скорости десорбции аммиака наблюдается четкий максимум при 195 $^\circ\text{C}$  (рис. 3), который соответствует наличию слабых кислотных центров, необходимых для формирования оптимального катализатора гидроизодепарафинизации [14].

Метод низкотемпературной адсорбции азота позволил установить текстурные характеристики материалов (табл. 1). Полученный аморфный алюмосиликат обладает достаточно развитой поверхностью, которая составляет 820 м<sup>2</sup>/г. Пористая структура носителя характеризуется наличием мезопор, средний диаметр которых составляет 4,0 нм. Формовка носителя с бемитом привела к уменьшению удельной поверхности и объема пор образца Al–Si/30 (табл. 1). Однако формованный носитель характеризовался не моно-, а бимодальным распределением пор по размерам, что обусловлено собственной пористостью образующегося из бемита оксида алюминия. Введение гидрирующего компонента катализатора (платины) существенным образом не сказалось на текстурных характеристиках образцов 0,5%Pt/Al–Si/30 и 1,0%Pt/Al–Si/30.

Немаловажным аспектом получения бифункциональных катализаторов гидроконверсии является формирование в процессе их восстановления высокодисперсных частиц металла. На основании анализа микрофотографий ПЭМ катализаторов 0,5%Pt/Al–Si/30 (рис. 4, а) и 1,0%Pt/Al–Si/30 (рис. 4, б), восстановленных в токе водорода, было установлено, что частицы платины оказываются равномерно распределенными на поверхности формованного носителя. Построенные на основании статистически обработанных микрофотогра-

Т а б л и ц а 1

**Текстурные характеристики синтезированных алюмосиликата и Pt-содержащих катализаторов на его основе**

Образец	$S_{\text{ВЕТ}}$ , м <sup>2</sup> /г	$V_{\text{пор}}$ , см <sup>3</sup> /г	$D_{\text{мезо}}$ , нм
Al-Si	820	1,2	4,0
Al-Si/30	615	0,90	4,0; 8,5
0,5%Pt/Al-Si/30	610	0,87	4,0; 8,5
1,0%Pt/Al-Si/30	607	0,86	4,0; 8,4

О б о з н а ч е н и я.  $S_{\text{ВЕТ}}$  – удельная поверхность, м<sup>2</sup>/г;  $V_{\text{пор}}$  – объем пор, см<sup>3</sup>/г;  $D_{\text{мезо}}$  – средний диаметр пор, нм.

фий ПЭМ гистограммы распределения частиц Pt по размерам указывают на формирование наночастиц размером от 2 до 9 нм. При этом в случае катализатора 0,5%Pt/Al-Si/30 максимум распределения соответствует 4 нм (рис. 4, а), а в случае образца 1,0%Pt/Al-Si/30 – 5 нм (рис. 4, б). Образование большего количества укрупненных частиц может быть обусловлено количеством введенной в состав образца Pt: при большем ее содержании создаются условия для

агломерации атомов платины при восстановлении. Результаты анализа группового состава сырья приведены на рис. 5. Преимущественно присутствуют алканы нормального строения, доля которых составляет 87%, доля *изо*-алканов не превышает 12%, оставшаяся часть – алкены. Максимум распределения приходится на C<sub>26</sub>-алканы. Фракционный состав сырья, определенный методом имитированной дистилляции, приведен в табл. 2.

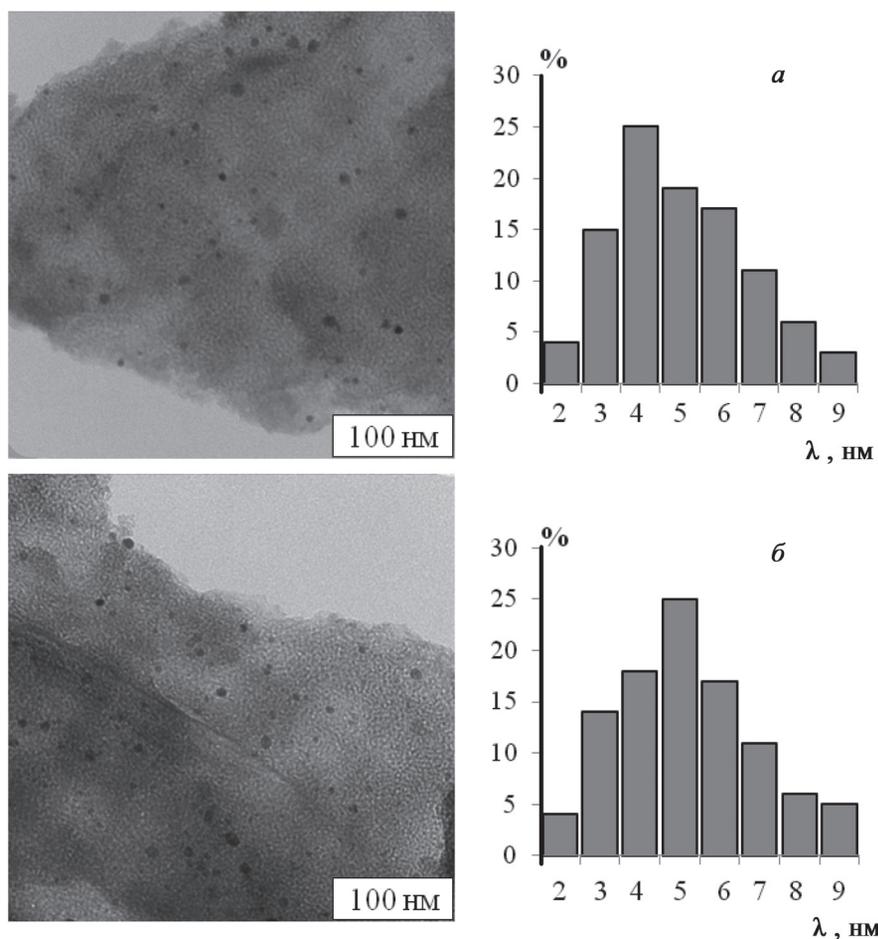


Рис. 4. Микрофотографии ПЭМ и распределение частиц Pt по размерам восстановленных образцов 0,5%Pt/Al-Si/30 (а) и 1,0%Pt/Al-Si/30 (б)

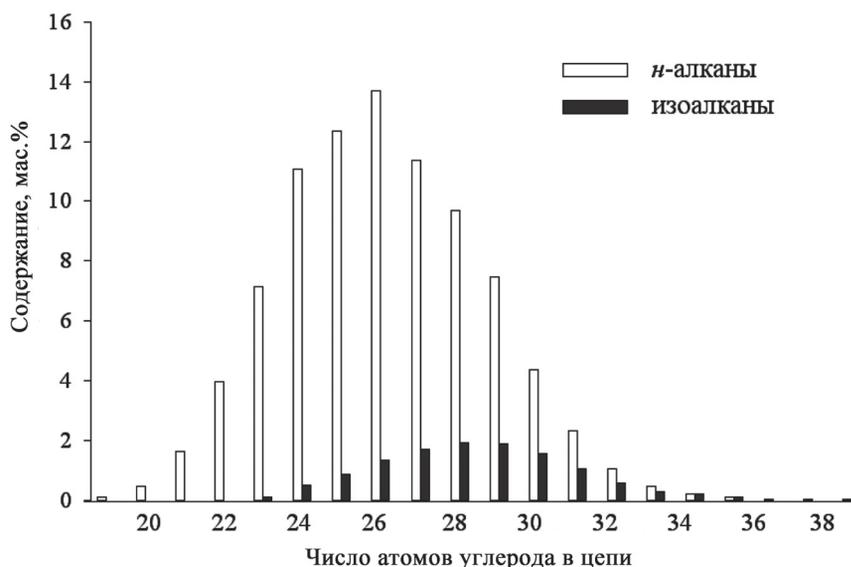
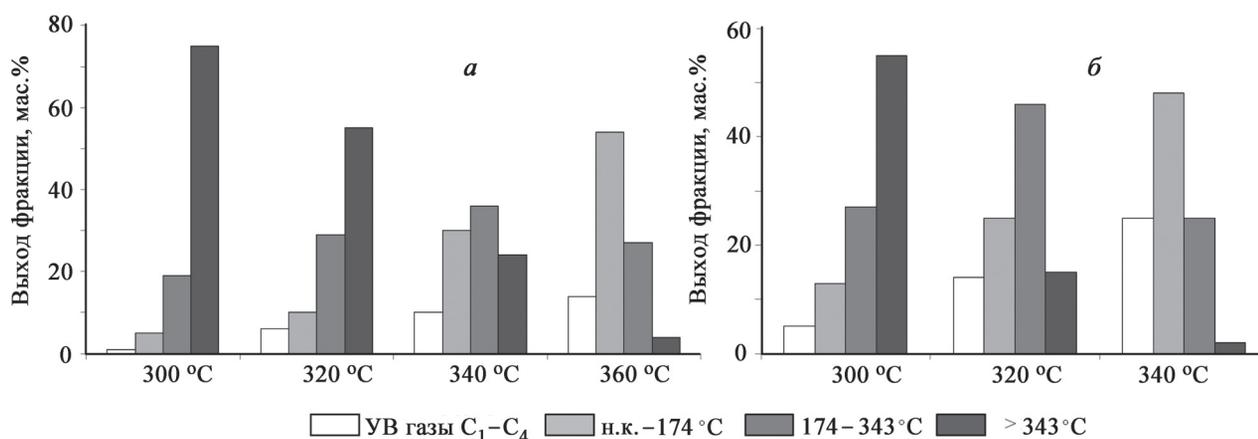


Рис. 5. Групповой состав сырья для гидроконверсии

Рис. 6. Температурная зависимость выхода углеводородных фракций – продуктов конверсии  $C_{19}-C_{38}$  алканов на катализаторе 0,5%Pt/Al-Si/30 при объемной скорости подачи сырья  $1,0 \text{ ч}^{-1}$  (а) и  $0,5 \text{ ч}^{-1}$  (б)

Т а б л и ц а 2

## Фракционный состав сырья

Температурный интервал кипения фракции, °С	Объемная доля, %
$T_{н.к.}-340$	2,27
340–360	2,46
360–380	8,48
380–400	15,81
400–420	25,45
420–440	22,55
440–460	13,94
460–480	5,54
480–500	2,21
$500-T_{к.к.}$	1,29

С шагом  $20^\circ\text{C}$  в температурном интервале  $300-360^\circ\text{C}$  изучена каталитическая активность образца 0,5%Pt/Al-Si/30 в конверсии исходного сырья при объемной скорости подачи сырья  $1 \text{ ч}^{-1}$  (рис. 6, а). При  $300^\circ\text{C}$  конверсия алканов не превышает 25%, при этом образование газообразных продуктов крекинга практически не наблюдается. Увеличение температуры приводит к росту конверсии (в изученном интервале при  $360^\circ\text{C}$  она достигает 95%), но при этом сопровождается ростом содержания газообразных алканов – продуктов крекинга. Максимальный выход дизельной фракции (36%) наблюдается при  $340^\circ\text{C}$ , соотношение выходов дизельной и бензиновой фракций соответствует 1,2:1,0 (рис. 6, а). Однако при данной температуре в катализате содержится 25% вакуумной фракции, что связано с недостаточной продолжительностью контакта при указанной объемной скорости. Действительно, при снижении скорости подачи сырья

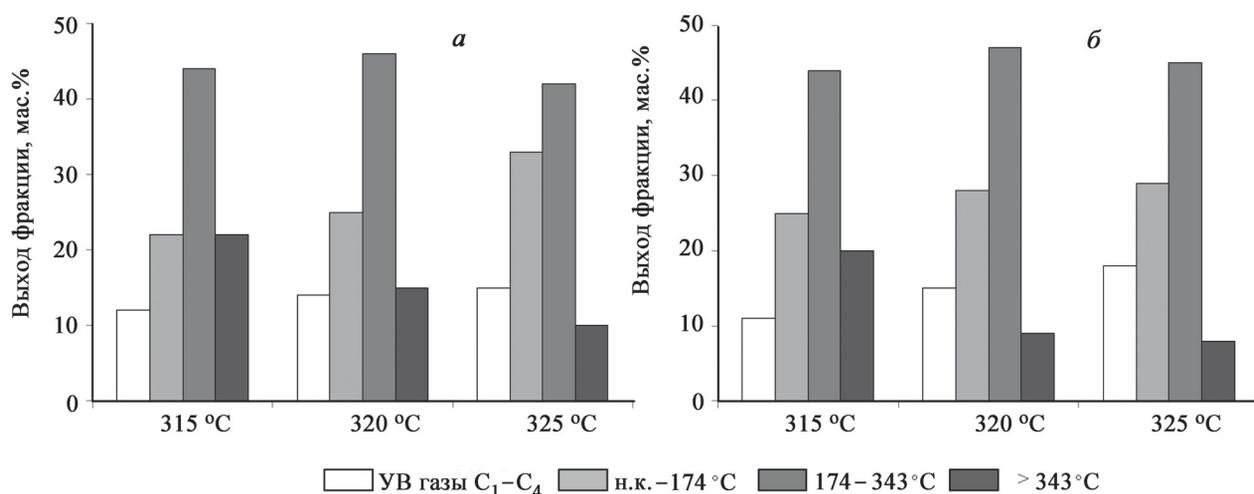


Рис. 7. Температурная зависимость выхода углеводородных фракций – продуктов конверсии C<sub>19</sub>–C<sub>38</sub> алканов на катализаторах 0,5%Pt/Al-Si/30 (а) и 1,0%Pt/Al-Si/30 (б) при объемной скорости подачи сырья 0,5 ч<sup>-1</sup>

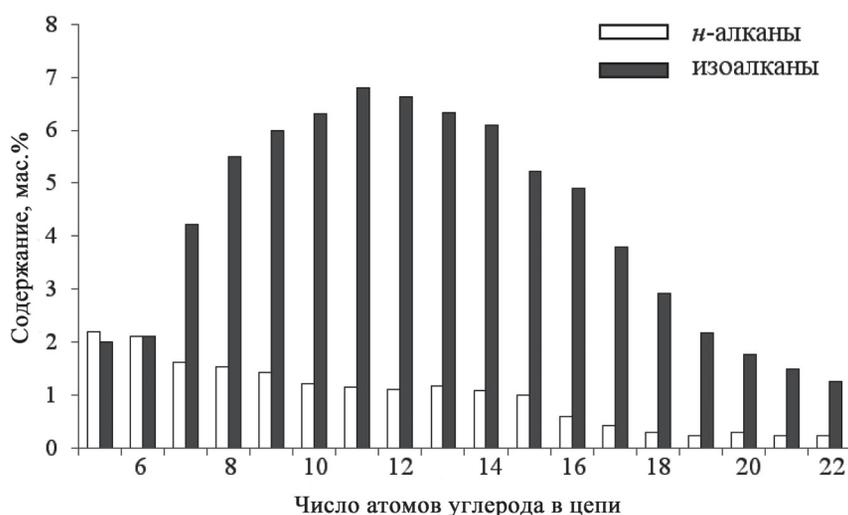


Рис. 8. Групповой состав жидких продуктов конверсии парафинов C<sub>19</sub>–C<sub>38</sub> на катализаторе 1,0% Pt/Al-Si/30 (T = 320 °C; 0,5 ч<sup>-1</sup>)

до 0,5 ч<sup>-1</sup> (рис. 6, б) происходит увеличение степени превращения исходного сырья и изменение состава продуктов. Снижение объемной скорости при 320 °C позволило достичь 46%-го содержания дизельной фракции (174–343 °C) в катализаторе. Несмотря на то что при температуре 300 °C соотношение выходов дизельной и бензиновой фракций соответствует 2:1, конверсия исходных парафинов составляет лишь 45%. Повышение температуры на 20 °C приводит к увеличению конверсии исходного сырья до 85% (рис. 6, б). Соотношение дизельной и бензиновой фракций при этом снижается (1,7:1,0), однако выход фракции с температурой кипения 174–343 °C максимален. Температура 320 °C оказалась оптимальной для получения дизельной фракции (рис. 7, а), как

было установлено из экспериментов, проведенных при 315 и 325 °C.

Увеличение содержания платины с 0,5 до 1,0% в составе катализатора (рис. 7, б) позволило несколько увеличить показатели конверсии: так на катализаторе 0,5%Pt/Al-Si/30 при оптимальной температуре 320 °C содержание остаточной фракции (>343 °C) составляло 15%, а в случае использования катализатора 1,0%Pt/Al-Si/30 – 9%. В то же время выход целевой фракции с температурой кипения 174–343 °C увеличился до 48% (рис. 7, б).

Распределение *n*- и *изо*-алканов в жидких продуктах конверсии, полученных на катализаторе 1,0%Pt/Al-Si/30 в условиях его оптимальной работы, наглядно иллюстрирует рис. 8. В составе продукта присутствуют парафины C<sub>5</sub>–C<sub>22</sub>, причем

Т а б л и ц а 3

**Фракционный состав и низкотемпературные свойства керосиновой фракции**

Характеристика	Значение
Фракционный состав, °С	
$T_{нк}$	137
10 об.%	152
50 об.%	171
98 об.%	280
Температура начала кристаллизации, °С	< -50

доля *изо*-парафинов практически в пять раз превосходит долю парафинов нормального строения. Катализат был подвергнут ректификации в целях выделения дизельной фракции с предельной температурой фильтруемости  $-34^{\circ}\text{C}$ , что связано с высоким (более 85%) содержанием алканов *изо*-строения. Добавки такой фракции к дизельному топливу расширяют возможность применения последнего в условиях холодного климата.

Значительное содержание *изо*-алканов в катализате позволило предположить, что керосиновая фракция также будет обладать улучшенными низкотемпературными свойствами. Ее выход при ректификации составил 49%. Результаты анализа выделенной керосиновой фракции представ-

лены в табл. 3. Фракционный состав керосиновой фракции соответствует топливу РТ по [22].

Таким образом, на основе аморфного алюмосиликата получены катализаторы гидроконверсии парафинов  $\text{C}_{19}$ – $\text{C}_{38}$ , содержащие 0,5 и 1,0 мас.% платины. Катализаторы характеризуются развитой удельной поверхностью (более  $600 \text{ м}^2/\text{г}$ ) и наличием пор диаметром 4,0 и 8,5 нм. Установлено, что полученные системы проявляют высокую эффективность и селективность при получении дизельных и керосиновых фракций алканов, причем большей активностью обладает катализатор 1,0%Pt/Al–Si/30. В условиях оптимального режима его работы ( $320^{\circ}\text{C}$ , объемная скорость подачи сырья  $0,5 \text{ ч}^{-1}$ , мольное соотношение водород:сырье = 600:1, давление 50 атм) удается достичь 91%-й конверсии сырья, 76%-го выхода жидких углеводородов с температурой кипения не более  $343^{\circ}\text{C}$ . Выделенные керосиновая и дизельная фракции характеризуются улучшенными низкотемпературными свойствами. Так, температура начала кристаллизации керосиновой фракции  $< -50^{\circ}\text{C}$ , а предельная температура фильтруемости дизельной фракции равна  $-34^{\circ}\text{C}$ .

В работе использовано оборудование Центра коллективного пользования «Новые нефтехимические процессы, полимерные композиты и адгезивы».

Работа выполнена в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 гг.» при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (уникальный идентификатор прикладных научных исследований (проект) RFMEFI60714X0074).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Klerk A. de // Green Chem. 2008. Vol. 10. P. 1249.
- Кадиев Х.М., Хаджиев С.Н., Кадиева М.Х. // Нефтехимия. 2013. Т. 53. № 5. С. 337.
- Хаджиев С.Н., Кадиев Х.М., Кадиева М.Х. // Нефтехимия. 2014. Т. 54 № 5. С. 327.
- Цодиков М.В., Чудакова М.В., Чистяков А.В., Максимов Ю.В. // Нефтехимия. 2013. Т. 53. № 6. С. 314.
- Яковлев В.А., Хромова С.А., Бухтияров В.И. // Усп. хим. 2011. Т. 80 № 10. С. 955.
- Цодиков М.В., Чистяков А.В., Губанов М.А., Мурзин В.Ю., Букина З.М., Колесниченко Н.В., Хаджиев С.Н. // Нефтехимия. 2013. Т. 53. № 1. С. 50.
- Mikulec J., Svengroš J., Joríková L., Banič M., Kleinová A. // J. Clean. Prod. 2010. Т. 18. P. 917.
- Baladincz P., Hancsók J. // Chem. Eng. J. 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2015.04.003>.
- Крылова А.Ю., Лядов А.С., Куликова М.В., Хаджиев С.Н. // Нефтехимия. 2012. 52. № 2. С. 92.
- Хаджиев С. Н., Сагитов С. А., Лядов А. С., Куликова М. В., Крылова А.Ю. // Нефтехимия. 2014. Т. 54. № 2. С. 88.
- Bouchy C., Hastoy G., Guillon E., Martens J. A. // Oil and Gas Sci. Tech. 2009. Vol. 64. N 1. P. 91.
- Park K.C., Ihm S.K. // Appl. Catal. A: General. 2001. Vol. 203. P. 201.
- Deldari H. // Appl. Catal. A: General. 2005. Vol. 293. P. 1.
- Pölczmán Gy., Valyon J., Szegeri Á., Mihályi R.M., Hancsók J. // Top. Catal. 2011. Vol. 54. P. 1079.
- Liu Y., Murata K., Okabe K., Inaba M., Takahara I., Hanaoka T. // Top. Catal. 2009. Vol. 52. P. 597.
- Караханов Э.А., Кардашев С.В., Максимов А.Л., Баранова С.В., Куликов А.Б., Остроумова В.А., Широкопояс С.И., Лысенко С.В. // Нефтехимия. 2012. Т. 52. № 4. С. 256.
- Campelo J.M., Lafont F., Marinas J.M. // Appl. Catal. A. 1998. Vol. 170. P. 139.
- Leckel D., Liwanga-Ehumbu M. // Energ. Fuel. 2006. Vol. 20. P. 2330.
- ASTM D2887 – 14 «Standard Test Method for Boiling Range Distribution of Petroleum Fractions by Gas Chromatography».

20. ГОСТ 5066-91 «Топлива моторные. Методы определения температуры помутнения, начала кристаллизации и кристаллизации».
21. *Meynen V., Cool P., Vansant E.F.* // *Microporous Mesoporous Materials*. 2009. Vol. 125. P. 170.
22. ГОСТ 10227-2013 «Топливо для реактивных двигателей. Технические условия».

Поступила в редакцию 01.09.15

## THE CONVERSION OF N-PARAFFIN C<sub>19</sub>–C<sub>38</sub> IN THE KEROSENE AND DIESEL FUELS COMPONENTS ON PT-CONTAINING AMORPHOUS ALUMINOSILICATE

S.V. Lysenko, A.B. Kulikov, M.I. Onishchenko, A.L. Maximov, E.V. Rakhmanov, E.A. Karakhanov

*(Division of Petroleum and Organic Catalysis, Lomonosov Moscow State University)*

The behavior of Pt-containing catalysts based on mesoporous amorphous aluminosilicate in hydroconversion of C<sub>19</sub>–C<sub>38</sub> of n-paraffins with the aim to receive diesel and kerosene fractions with improved cold flow properties was investigated. It was established that received systems were characterized by high efficiency and selectivity in diesel and kerosene fractions production. It was managed to reach 91% conversion of the feed with 76% liquid hydrocarbons yield at 320°C, feed space velocity of 0,5 h<sup>-1</sup>, the molar ratio of hydrogen/feed equal 600/1 and 50 atm pressure. Obtained fractions were characterized by chilling point lower minus 50°C for kerosene, and minus 34°C cold filter plugging point for diesel.

**Key words:** hydrocracking, hydroisomerization, alternative feedstock, aluminosilicates, arctic diesel fuels, jet kerosene.

**Сведения об авторах:** Лысенко Сергей Васильевич – профессор кафедры химии нефти и органического катализа МГУ имени М.В. Ломоносова, докт. хим. наук; Куликов Альберт Борисович – вед. науч. сотр. лаборатории углеводородов Института нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН, канд. хим. наук ([akulikov@ips.ac.ru](mailto:akulikov@ips.ac.ru)); Онищенко Мария Игоревна – науч. сотр. лаборатории углеводородов Института нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН, канд. хим. наук ([onishchenko@ips.ac.ru](mailto:onishchenko@ips.ac.ru)); Максимов Антон Львович – зам. зав. кафедрой химии нефти и органического катализа МГУ имени М.В. Ломоносова, докт. хим. наук; Рахманов Эдуард Васильевич – доцент кафедры химии нефти и органического катализа МГУ имени М.В. Ломоносова, канд. хим. наук ([evrakhmanov@rambler.ru](mailto:evrakhmanov@rambler.ru)); Караханов Эдуард Аветисович – профессор, зав. кафедрой химии нефти и органического катализа МГУ имени М.В. Ломоносова, докт. хим. наук.